

PROCESO DE RECICLAJE DE RESIDUOS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO Y PRODUCTO OBTENIDO DE DICHO PROCESO

CAMPO DE LA INVENCION

- 5 La presente invención se refiere a un proceso de reciclaje de residuos de poliestireno expandido mediante el empleo de solventes naturales como el limoneno y el aceite de eucalipto.

La invención tiene aplicación en la recuperación y aprovechamiento de residuos.

10

ESTADO DE LA TÉCNICA

- El poliestireno expandido (EPS) es una espuma termoplástica rígida de celda cerrada, que se produce a partir de la expansión de perlas sólidas de poliestireno (PS). La expansión se logra calentando con vapor pequeñas cantidades de gas
15 contenidas dentro de la perla de poliestireno, formando así celdas cerradas que ocupan aproximadamente 40 veces el volumen de la perla de poliestireno original [1].

- Este tipo de material es comúnmente usado para el envasado y embalado de
20 diversos productos, entre otras aplicaciones que pueden ir desde los cascos para bicicletas hasta envases especiales para el transporte de órganos destinados al trasplante. [2]. La versatilidad de este material se debe a su composición (98% de aire y 2% poliestireno) lo que le brinda características como baja densidad, aislamiento térmico, aislamiento acústico, alta resistencia a impactos, baja
25 absorción de agua, higiene además de tener una fácil y económica producción.

- El EPS es uno de los plásticos más usados tanto en la industria como en la vida cotidiana, sin embargo, su excesivo consumo y disposición final, genera importantes daños al medio ambiente, debido a su lenta tasa de degradación, el problema radica
30 en que los productos hechos de EPS tienen un corto tiempo de vida útil convirtiéndose en residuos de gran volumen, la mayor parte de estos residuos terminan acumulándose en vertederos o espacios públicos, además sus residuos generan una importante problemática social debido a que la contaminación y deslizamientos de basureros, que afectan a las comunidades aledañas.

35

La reutilización de materiales de poliestireno expandido (EPS) retirados de industrias de paquetería, construcción, transporte, entre otras ha ganado gran importancia y aceptación en la última década. Sin embargo, el reúso y aplicaciones muestran una durabilidad finita y continúa siendo un residuo difícil de manejar por su volumen. Este volumen de residuo es un problema por su bajo peso y valor en la cadena de suministro como residuo, además de disminuir la demanda de recursos naturales podría reducirse aumentando el reúso del EPS por medio de procesos que permitan obtener un material funcional.

- El “upcycling” también conocido como supra-reciclaje aprovecha materiales o componentes para dar un mayor valor que el que tenía originalmente. Una solución más duradera es la aplicación del supra-reciclaje extrayendo las propiedades de absorción térmica y acústica extraídas del proceso de transformación del EPS para la obtención de un nuevo material funcional. El mercado en general presenta barreras en el reúso de materiales por su envejecimiento o pérdida de propiedades mecánicas.

Los procesos de recuperación de residuos de EPS más usados son mediante vertido (la opción menos ecológica), reciclaje mecánico (proceso físico), incineración y reciclaje químico. En este último se realiza un reprocesamiento por medio de solventes, siendo los solventes más utilizados el benceno, tolueno, xileno, tetrahidrofurano, cloroformo, 1,3-butanodiol, 2-butanol, acetona, nitrobenceno, y N-dimetilformamida. Sin embargo, estos pueden ser perjudiciales para el medio ambiente.

En los últimos años han surgido alternativas más respetuosas con el medio ambiente como es el uso de aceites esenciales como solventes verdes [3]. Un ejemplo es el tratamiento del EPS con D-limoneno (4-isopropenil-1-metilciclohexeno), un terpeno natural y biodegradable que se encuentra en las cáscaras de los cítricos para la solubilización y reciclaje del EPS [4,5].

Existen algunos documentos de patentes que describen el empleo de estos solventes verdes para la solubilización y reciclaje del EPS.

- Un ejemplo es el documento BR102013024297A2 que describe un proceso de reciclaje de EPS empleando una solución de disolventes. La solución de disolventes está constituida preferentemente por limoneno, d-limoneno, l-limoneno, mirceno,

linalol, cimeno, p-cimeno, pinenos, terpenos de naranja, aceite de naranja, monoterpenos, derivados o compuestos similares (los cuales representan un 40-90% de la mezcla), combinados con etanol u otros alcoholes (los cuales representan un 10-60% de la mezcla).

5

El documento US2018022888A1 describe un proceso de reciclaje para residuos de EPS que utiliza un proceso de disolución y CO₂ supercrítico en un proceso de extracción. El proceso de reciclaje permite condensar el EPS al disolver el EPS en un solvente y , opcionalmente, uno o más aditivos, obteniendo así una solución de EPS. El proceso de reciclaje permite una reducción significativa del volumen de EPS, ahorrando así el coste logístico y facilitando el aumento en la cantidad, calidad y pureza del poliestireno reciclado.

El solvente es un solvente verde que incluye al menos uno de los siguientes: limoneno, dipenteno, cimeno, anisol, cinamaldehído, felandreno, linalol, pineno, terpineno y terpineol. El aditivo se selecciona de etanol, metanol, alcohol isopropílico, pentano, hexano o una mezcla de los mismos. La relación en volumen del disolvente al aditivo se encuentra en el rango de aproximadamente 85:15 a aproximadamente 80:20.

Sin embargo, se siguen empleando disolventes orgánicos que pueden resultar perjudiciales para el medio ambiente, por lo que las soluciones actuales no atajan la problemática asociada al uso de compuestos no respetuosos con el medio ambiente.

Una alternativa más económica es el uso de aceites esenciales como el anís estrellado, la manzanilla, el tomillo y el eucalipto. Aunque algunos de los componentes de los aceites esenciales contienen componentes tóxicos para algunos organismos, éstos están en un porcentaje tan bajo que no representan un riesgo para la salud humana [6]. Sin embargo, algunos aceites esenciales tienen un elevado precio y en ocasiones existe escasez de la materia prima, por lo que su uso está limitado por disponibilidad y coste.

30

Por lo tanto, existe una necesidad de nuevos procedimientos de reciclaje de poliestireno expandido con rendimientos adecuados, libres de compuestos tóxicos y que sean respetuosos con el medio ambiente.

35

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS FIGURAS

Figura 1. Disolución obtenida por el procedimiento de la presente invención.

Figura 2. Material obtenido por el procedimiento de la presente invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

La presente invención se refiere al proceso de reciclaje de residuos de poliestireno expandido (EPS) mediante el empleo de solventes naturales como el limoneno y el aceite de eucalipto, que da lugar a un producto funcional, más rígido que el convencional, además del aprovechamiento del residuo.

En el proceso de la presente invención se consigue la recuperación de desechos a partir de la disolución en una mezcla de solventes naturales (d-limoneno-aceite de eucalipto) que al entrar en contacto con el poliestireno logran romper las cadenas de interacción polímero-polímero, formando una solución homogénea, de la cual se recuperan los solventes mediante destilación para posteriormente ser reincorporados en nuevas disoluciones y se obtiene el poliestireno que, al ser solidificado, presenta una consistencia dura, transparente y resistente al calor.

En un primer aspecto, la presente invención se refiere a un proceso de reciclaje de residuos de poliestireno expandido caracterizado por las siguientes etapas:

- a) trocear y moler residuos de poliestireno expandido;
- b) adicionar una disolución de aceite de eucalipto al poliestireno expandido molido obtenido de la etapa a) en una proporción en peso de 1:11 de poliestireno expandido y aceite de eucalipto respectivamente;
- c) adicionar una solución de d-limoneno a la mezcla de la etapa b) en una proporción en peso con respecto a la solución total del 90:10 de d-limoneno y aceite de eucalipto respectivamente, y agitar;
- d) filtrar a vacío la mezcla obtenida en la etapa c).

Adicionalmente, de forma preferente, el tamaño de partícula del poliestireno expandido molido es de entre 1,5 y 4 mm.

Después de la etapa b) y c) , preferentemente, se realiza un tratamiento térmico con microondas entre 20 y 140 minutos.

La etapa b), preferentemente, se lleva a cabo a una temperatura entre 17-27°C durante 55-65 minutos.

La agitación de la etapa c), preferentemente, se realiza a 900-1100 rpm.

Adicionalmente, de forma preferente, antes y después de la etapa a) se realiza un
5 lavado con agua y etanol.

En un segundo aspecto, la presente invención se refiere a un material aislante
obtenible por el proceso de la presente invención. Dicho material aislante es una
placa polimérica que conserva las propiedades de aislamiento térmico del EPS y
10 puede ser utilizado como aislante acústico. Además, puede ser moldeado de
distintas formas antes de su producción final.

La presente invención proporciona una alternativa viable para la reducción y
recuperación de residuos de EPS difíciles de tratar, a partir de solventes naturales
15 y asequibles, que logra obtener como resultado un material aislante que puede ser
aprovechado en la industria de los polímeros al integrarse con otros materiales
poliméricos brindando propiedades de resistencia, estabilidad dimensional,
impermeabilización y aislamiento termoacústico.

20 **EJEMPLOS**

Ejemplo 1. Proceso de reciclaje de residuos de poliestireno expandido para obtener un material aislante

Se realizó la molienda de poliestireno expandido (EPS) previamente limpiado y
25 sanitizado, con agua y etanol, disminuyendo el tamaño de partícula en comparación
con el residuo inicial. Posteriormente, porciones de 5g del EPS pretratado se
sometieron a un segundo lavado con agua y etanol.

A continuación, se trató el EPS con una solución de aceite de eucalipto en una
proporción en peso de 1:11 (EPS:Aceite de eucalipto), durante 60 minutos a
30 temperatura ambiente. Posteriormente, la mezcla tratada se sometió a activación
por microondas durante 20 minutos.

Seguidamente se adicionó una solución de d-limoneno a la mezcla obtenida
anteriormente. La proporción empleada con respecto a la solución total fue del 90:10
de d-limoneno y aceite de eucalipto respectivamente. A continuación, se procedió a

realizar un tratamiento térmico con microondas durante 140 minutos y posterior agitación de la mezcla a 1000rpm.

La mezcla obtenida de EPS solubilizado con propiedades de mezcla homogénea y viscosa se sometió a una filtración al vacío reforzando la matriz estructural del material. La figura 1 muestra la disolución obtenida.

Dicha muestra se sometió a un tratamiento térmico y de secado a 50°C para obtener el material aislante. La figura 2 muestra el material obtenido.

Adicionalmente se realizaron pruebas de comportamiento frente a sonido, calor y luz para 3 muestras del material obtenido. Las muestras presentaban diferentes espesores, siendo la de menor espesor la muestra 1 y la de mayor espesor la muestra 3. Para realizar las pruebas se utilizó un montaje propio en el que se dispuso una barrera a 37 cm del punto de generación de emisiones de ruido, energía e intensidad lumínica, donde se colocaron las muestras.

Los datos resultantes de las pruebas de sonido, calor y luz fueron los siguientes:

Tabla 1. Resultados prueba de sonido, calor y luz.

Muestra	Sonido (dB)	Temperatura (°C)	Luz (lux)
1	73 a 70	29,7 a 22,1	238x10 a 774
2	87 a 78	27 a 20	238x10 a 360
3	88 a 77	38,9 a 23,1	238x10 a 667

En conclusión, se obtuvieron valores parecidos en todas las muestras, lo que indicó que las propiedades aislantes del material obtenido son adecuadas y se mantienen inalteradas.

REFERENCIAS

[1] British Plastics Federation, (2021) “Expanded Polystyrene (EPS)”.

[2] ANAPE. (2020). “Reciclado de envases y embalajes de poliestireno expandido usados”.

[3] Gil-Jasso, N. D., Giles-Mazón, E. A., Soriano-Giles, G., Reinheimer, E. W., Varela-Guerrero, V., & Ballesteros-Rivas, M. F. (2022). “A methodology for recycling waste expanded polystyrene using flower essential oils”. Fuel, 307, 121835.

[4] Noguchi T, Miyashita M, Inagaki Y, Watanabe H. "A new recycling system for expanded polystyrene using a natural solvent". Part 1. A new recycling technique. *Packaging Technology and Science: An. International Journal* 1998;11(1):19–27.

- 5 [5] Gil-Jasso ND, Segura-González MA, Soriano-Giles G, Neri-Hipolito J, Lopez N, Mas- Hernández E, et al. "Dissolution and recovery of waste expanded polystyrene using alternative essential oils". *Fuel* 2019;239:611–6.

- [6] Baser KHC, Buchbauer G. *Handbook of Essential Oils: Science, Technology, and*
10 *Applications*. CRC Press; 2015.