Memorias del Congreso Internacional de Investigación Academia Journals Morelia 2020

Elibro Online con ISSN
1946-5351, Volumen 12, No. 1, 2020

Morelia, Michoacán, México
13 al 15 de mayo, 2020

www.AcademiaJournals.com

ACADEMIA JOURNALS

OPUS PRO SCIENTIA ET STUDIUM

© Academia Journals 2020

ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS Y ÓPTICAS DE MATERIALES PLÁSTICOS UTILIZADOS EN LA FABRICACIÓN DE PARRILLAS EXTERIORES PARA AUTOMÓVILES

Ing. Nuria Vendrell Barraza[1], Dr. Manuel Gutierrez Nava[2]

***Resumen*— Las actuales exigencias de la industria automotriz y sus consumidores obligan a las empresas a desarrollar e innovar nuevos materiales, actualmente se manejan 3 opciones de polímeros recomendados para su uso en la inyección de parrillas exteriores plásticas automotrices moldeadas en color, que para cumplir los requerimientos tienen que ser sometidos a procesos adicionales de evaluación y desempeño; sin embargo, estos materiales están limitados en algunas propiedades de desempeño y apariencia que resultan esenciales para el mercado. El presente trabajo presenta un estudio comparativo entre los tres materiales comúnmente utilizados para la fabricación de parillas exteriores (TPO, ASA, PC) y tres materiales propuestos (ABS+PC, TPO+25% de fibra de vidrio, PP + 20% fibra de vidrio). La comparación entre los materiales fue hecha con base en la determinación de sus propiedades mecánicas de tensión y resistencia al impacto, así como del brillo.**

***Palabras clave*— Polímeros, Automotriz, Propiedades Mecánicas, inyección de plásticos.**

Introducción

En la actualidad el diseño de componentes exteriores de automóviles ha tomado relevancia para la industria automotriz, tanto por la importancia de una apariencia que resulte atractiva para los clientes, como por la necesidad de cumplir las regulaciones de seguridad, que cada vez son más exigentes por parte del sector. Dos de los componentes que conforman el exterior de un vehículo son las fascias tanto frontales como traseras, que cubren principalmente las siguientes funciones: dar una apariencia atractiva al vehículo, contribuir con el coeficiente de arrastre / succión, proveer soporte a otros componentes y dar protección al resto de los componentes del vehículo (A. Abdelnour & D.Baer, 2011).

Las fascias están conformadas a su vez de un gran número de subcomponentes; en el caso de la fascia frontal esta contiene a la parrilla exterior, (A. Abdelnour & D.Baer, 2011) la cual es considerada como el componente que da característica a la marca, contribuyendo también con la apariencia e identidad del fabricante y permite al vehículo cumplir con los requerimientos de flujo de aire al compartimento del motor.

Las parrillas exteriores son producidas mediante el proceso de inyección de plásticos, requiriéndose la selección correcta del material, la cual estará definida por varios factores como la complejidad del diseño, si se trata de una pieza moldeada en color, pintada o cromada y su costo de producción (Candido, et al., 2010).

En este trabajo se reporta un estudio comparativo entre materiales plásticos: tres materiales que son ya utilizados en la fabricación de parillas exteriores (TPO, ASA y PC), los cuales cumplen con ciertas especificaciones técnicas y de desempeño, y tres nuevos materiales (ABS+PC, TPO@25% de fibra de vidrio y PP@20% fibra de vidrio). Las propiedades de tensión, impacto multiaxial y brillo para cada material fueron evaluadas y comparadas entre sí.

Descripción del Método

Marco teórico

Actualmente se tienen tres materiales termoplásticos aprobados para su utilización en la inyección de parrillas exteriores (SZETEIOVÁ, 2010): poliolefina termoplástica (TPO), acrilonitrilo estireno acrilato (ASA) y policarbonato (PC). Cada uno de estos materiales cumple ciertas especificaciones:

El TPO es utilizado para parrillas moldeadas en color, si el brillo requerido para la pieza es ≤ 20° GU (unidades de brillo), y si el diseño de la parrilla no es complejo. Este material tiene una densidad de 0.96 g/cm3.

El ASA es utilizado solo para parrillas moldeadas en color (Niessner & Wagner, 2013), si el brillo se encuentra en valores entre 20° y 30° GU. Este material moldeado en color es capaz de cumplir únicamente 1250 KJ/m^2 de energía radiante en una prueba de exposición a la intemperie de acuerdo con los requerimientos internos del sector automotriz para partes plásticas; sin embargo, para parrillas exteriores el requerimiento a cumplir 3500 KJ/m^2 de energía rádiate soportada en la mima prueba. Este material tiene una densidad de 1.07 g/cm3.

[1] Nuria Vendrell Barraza, ing., es Estudiante de la Maestría en Manufactura Avanzada en CIATEQ, A.C. Lerma de Villada, Estado de Mexico.nurivb2303@gmail.com (**autor corresponsal) .**

[2] El Dr. Manuel Gutierrez Nava, es Gerente de Síntesis y Formulación de Polímeros en CIATEQ, A.C. Lerma de Villada, Estado de México. manuel.gutierrez@ciateq.mx

Por su parte, el PC puede ser utilizado para parrillas moldeadas en color, este material es capaz de dar un brillo entre 80° y 90° GU (Pickett & Dallos, 2019). Este material es capaz de cumplir el requerimiento de 3500 KJ/m^2 de energía radiante en la prueba de exposición a la intemperie. Este material tiene una densidad de 1.22 g/cm3.

A pesar de contar con tres materiales poliméricos que cumplen con las especificaciones para la fabricación de parrillas externas de automóviles, ninguno de estos es capaz de cumplir con todos los requerimientos que demanda el mercado. Por ejemplo, el requerimiento de resistencia a impactos de agentes externos como rocas, arena, ralladuras, etc., o el tener y conservar un brillo mayor o igual a 80° GU, además de la necesidad de evitar procesos adicionales como pintura, cromado o graneado. Lo anterior ha obligado a buscar alternativas de materiales que ayuden a sustentar todos estos requerimientos.

Las configuraciones actuales basados en el uso de los tres materiales descritos, permiten alcanzar por una parte alto brillo, pero sacrificando la resistencia al impacto y, por otra parte, lograr una buena resistencia al impacto, pero con la necesidad de agregar un recubrimiento adicional para cubrir los requerimientos estéticos y alcanzar el brillo requerido. Por lo que cada uno de estos materiales presentan problemáticas diferentes.

El TPO presenta un brillo menor o igual a los 20° GU por lo que no cubre los requisitos de apariencia para una parrilla plástica. El acrilonitrilo estireno acrilato (ASA) a pesar de dar muy buenos resultados en las pruebas de durabilidad, su brillo oscila entre los 20° y las 30° GU, requiriendo de un tratamiento superficial adicional para resaltar el brillo en las áreas requeridas. No obstante, aún con el tratamiento superficial no se alcanza un brillo de 80° GU.

Mientras que el policarbonato (PC), es usado por su capacidad de alcanzar 80° GU de brillo sin necesidad de un proceso adicional, sin embargo, este termoplástico presenta un desgaste temprano que conlleva a problemas de garantías por insatisfacción del usuario final (Mann, 1999).

Como una alternativa a los materiales mencionados y con el objetivo de encontrar un material que permita cumplir tanto con los requerimientos de resistencia al impacto como de alto brillo, se propuso el uso y evaluación de tres materiales que actualmente son utilizados en la de fabricación de componentes de apariencia para otras partes del vehículo, específicamente paneles de puertas.

Procedimiento de investigación

A continuación, se describen los materiales que fueron seleccionados y evaluados:

Cycoloy MC1300: es una resina compuesta de ABS + PC, con un flujo adecuado para ser utilizado en moldeo por inyección y una muy buena resistencia al impacto (CYCOLOY™, 2017)

SOFTEL: es una resina compuesta de poliolefina termoplástica reforzada con fibra de vidrio al 25% para moldeo por inyección. Por lo general, se usa para aplicaciones estéticas de interiores de automóviles (LyondellBasell Industries, 2019).

Celastran: es un polipropileno con un contenido de 20% de fibra de vidrio larga. Las fibras están químicamente acopladas a la matriz de polipropileno. Los gránulos son cilíndricos y las fibras incrustadas de 10 mm de largo. Las piezas moldeadas con este material por lo regular presentan excelentes propiedades mecánicas, como alta resistencia a la tensión (Celanese, 2016)

Todos los materiales propuestos, así como los de referencia fueron evaluados en sus propiedades de tensión, impacto multiaxial y brillo.

Pruebas de brillo

Para la prueba de brillo se utilizó un Brillómetro Micro-TRI-Gloss , Modelo Micro-Gloss , Marca: Quality Instruments, para geometrías: 20°, 60° y 85° GU, siguiendo la norma ASTM D523-14. Utilizando probetas de dimensiones 62 x 62 mm según lo indica la norma. En la tabla 1 se reportan los resultados de brillo obtenidos para los seis materiales estudiados a 20°, 60° y 80°, las pruebas se hicieron siguiendo el método ASTM D523-14 (método de prueba estándar para brillo especular).

	TPO	ASA	PC	ABS + PC	TPO + 25% GF	PP + 20% GF
Brillo 20	29.8	56.2	74	59.9	35.4	35
Brillo 60	62	82.9	95.4	86.6	69.9	68.6
Brillo 85	89.8	96.8	97	94.8	95.6	91.5

Tabla 1. Resultados promedio pruebas de impacto, tracción y brillo.

Los resultados de brillo muestran que de los materiales que actualmente son utilizados en el proceso de inyección de parrillas exteriores (TPO, ASA y PC), el que mejor comportamiento presentó es el PC. Mientras que de los materiales propuestos (ABS + PC, TPO + 25% GF y PP + 20% GF) el que mejor resultados dio fue el ABS + PC. particularmente a 85°, la diferencia en brillo entre estos dos materiales es solo de 2 GU (unidades de brillo). De hecho, el ABS + PC presenta valores de brillo muy similares al ASA a 20°, 60° y 85°. Mientras que en el caso del TPO + 25% GF y el PP + 20% GF los valores de brillo están muy por debajo de aquellos del PC y ASA, pero resultan ser mejores que los del TPO.

Pruebas de Impacto por caída libre

Para la prueba de impacto se utilizó una máquina de Impacto por Caída Libre (Impacto Multiaxial), marca: Zwich/Roell, peso máximo de dardo de 23 kg con una fuerza máxima de 15 kN, a velocidad 4.4 m/s, bajo la norma: ISO 294-1, utilizando probetas de dimensiones de 62 x 62 mm. Obteniendo los diagramas fuerza- recorrido para cada material.

Los resultados para la muestra del TPO mostrados en la Figura 1, indican que es un material muy frágil que se rompe con mucha facilidad, presentando una fuerza máxima a la ruptura de 2.14 kN y una deformación a fuerza máxima de 7.8 mm.

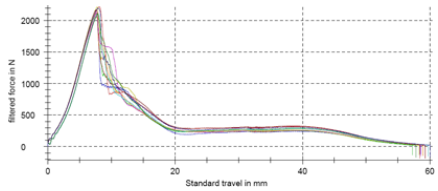

Figura 1. Gráfica fuerza – recorrido para TPO.

De acuerdo con el análisis de la muestra ASA, se observa un comportamiento que corresponde también a un material frágil que se rompe con facilidad a una fuerza máxima a la ruptura de 2.53 kN y una deformación a fuerza máxima de 7.2 mm. En la Figura 2 se muestra el comportamiento de fuerza – recorrido del material.

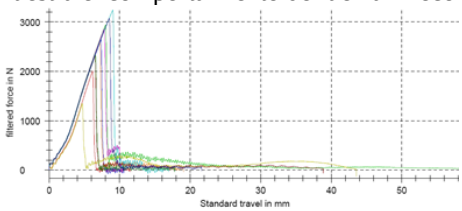

Figura 2. Gráfica fuerza – recorrido para ASA.

Mientras que el PC es el material que presenta la mejor resistencia al impacto requiriendo una fuerza máxima a la ruptura de 7.1 kN y una deformación a fuerza máxima de 17.64 mm y energías del orden de 85 J para fracturarse. En la Figura 3 se muestra el comportamiento de fuerza – recorrido del material sometido a la prueba.

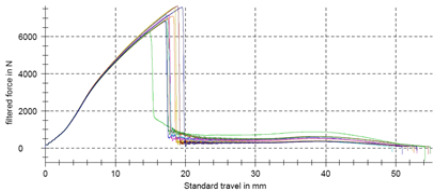

Figura 3. Gráfica fuerza – recorrido para PC.

Los resultados para la muestra de (ABS+PC) mostrados en la Figura 4, indican que es un material con una buena resistencia al impacto, requiriendo una fuerza máxima a la ruptura de 4.8kN, una deformación a fuerza máxima de 14.7mm y energías en el orden de 66.95 J para lograr facturarse.

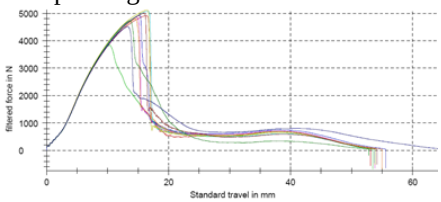

Figura 4. Gráfica fuerza – recorrido para ABS+PC.

Los resultados de esta prueba para la muestra de (TPO + 25% GF), indican que es un material frágil, que se rompe con facilidad, requiriendo una fuerza máxima de ruptura de 2.4 kN y presentando un desplazamiento de 14.8 mm requiriendo energías de 34.51 J para fracturarse. En la Figura 5 se muestra el comportamiento de fuerza – recorrido del material sometido a la prueba.

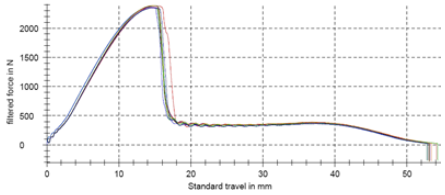

Figura 5. Gráfica fuerza – recorrido para TPO + 25% GF.

De acuerdo con el análisis de la muestra de (PP + 20% GF) se observa un comportamiento correspondiente a un material demasiado frágil en comparación con los otros materiales evaluados, que se rompe con mucha facilidad, requiriendo una fuerza máxima de ruptura de tan solo 0.872 kN presentando un desplazamiento de 5.4 mm requiriendo una energía final de 5.45 J para su ruptura. En la Figura 6 se muestra el comportamiento de fuerza – recorrido del material sometido a la prueba.

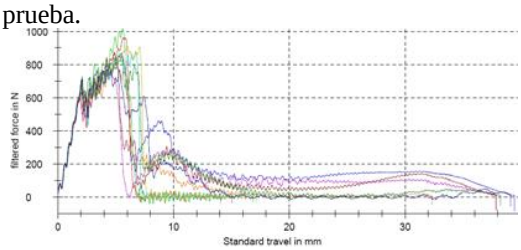

Figura 6. Gráfica fuerza – recorrido para PP + 20% GF.

Los resultados de impacto indican que, de los materiales actualmente utilizados, el que mejor comportamiento presentó es el PC. Mientras que, de los tres propuestos, el que mostro mejor comportamiento fue el compuesto de ABS + PC. La diferencia en la energía requerida para alcanzar la fractura, entre el PC y el compuesto de ABS+PC, es únicamente de 18.06J. Si bien el ABS + PC es más frágil que el PC, los resultados también muestran que es mucho más resistente que los otros dos materiales que son actualmente utilizados (TPO y ASA) y los propuestos (TPO + 25% GF y PP + 20% GF) siendo este último un material extremadamente frágil.

Pruebas de tensión

Se realizaron pruebas de tensión a los materiales, obteniendo de ellos las curvas de esfuerzo-deformación respectivas para cada uno. Para la prueba de tensión se utilizó una máquina Universal de Ensayos, marca: Zwick / Roell con una celda de carga de 300 kN de cierre, modelo: Z030. Utilizando probetas de 170 mm de largo y 10.2 x 4.2 mm de sección transversal según lo indica la norma ISO 294-1.

Los resultados de esta prueba para la muestra TPO, indican un material con un módulo elástico de 2630 MPA y un esfuerzo máximo de deformación de 37.5 MPA. En la Figura 7 se puede observar la curva esfuerzo – deformación que es propia de un material duro y tenaz.

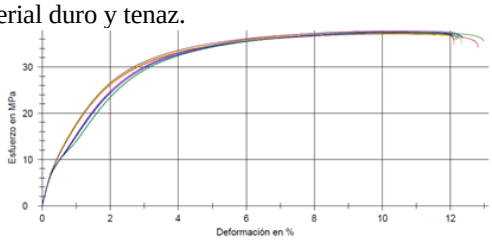

Figura 7. Gráfica esfuerzo-deformación de TPO.

De acuerdo con el análisis de la muestra ASA, se observa un módulo elástico de 2440 MPA y un esfuerzo máximo de deformación de 46.3 MPA, como se muestra en la Figura 8 la curva esfuerzo deformación corresponde a un material de tipo duro y resistente.

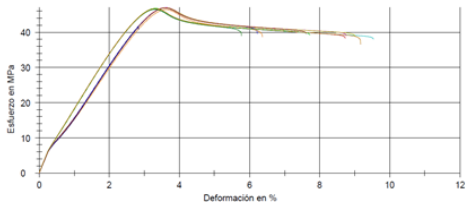

Figura 8. Gráfica esfuerzo-deformación de ASA.

El análisis del material PC, muestra un módulo elástico de 2590 MPA y un esfuerzo máximo de deformación de 62.2 MPA, cuya curva esfuerzo deformación mostrada en la Figura 9 corresponde a un material duro y resistente.

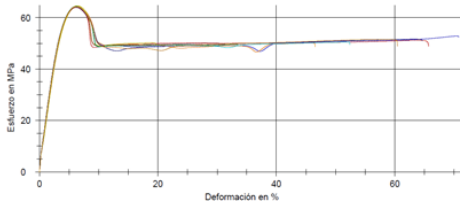

Figura 9. Gráfica esfuerzo-deformación de PC.

Los resultados de esta prueba para la muestra ABS + PC, indican que se trata de un material con un módulo elástico de 2210 MPA y un esfuerzo máximo de deformación de 48.6 MPA, la curva esfuerzo deformación mostrada en la Figura 10 corresponde a un material duro y tenaz.

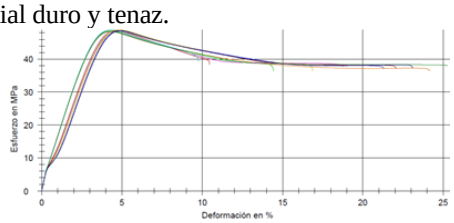

Figura 10. Gráfica esfuerzo-deformación de ABS + PC.

En la Figura 11 se muestra el comportamiento de esfuerzo – deformación del material TPO con 25% GF sometido a la prueba de tensión obteniéndose un módulo elástico de 2140 MPA y un esfuerzo máximo de deformación de 21 MPA, la curva mostrada corresponde a un material blando y tenaz.

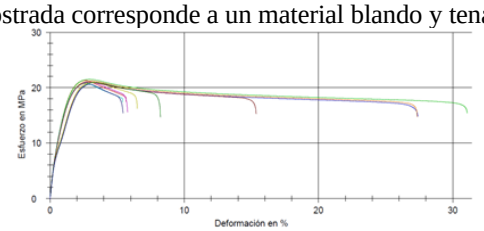

Figura 11. Gráfica esfuerzo-deformación del TPO + 25% GF.

Finalmente, el análisis del material PP + 20% GF, muestra un módulo elástico de 4500 MPA y un esfuerzo máximo de deformación de 76.7 MPA cuya curva esfuerzo – deformación mostrada en la Figura 12 es propia de un material duro y frágil.

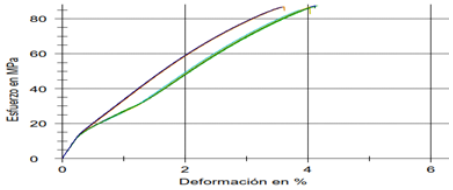

Figura 12. Gráfica esfuerzo-deformación del PP + 20% GF.

Los resultados de tensión indican que de los materiales actualmente utilizados (TPO, ASA y PC), el material más dúctil es el ASA con un módulo elástico de 2440 MPA. Mientras que el TPO resultó ser el más rígido con 2630MPA. De los tres materiales propuestos (ABS + PC, TPO + 25% GF y PP + 20% GF) el que mostró mayor ductilidad fue el TPO + 25% GF con un módulo de Young de 2140MPA mientras que el PP + 20% GF mostró mayor rigidez con un alto módulo de Young en el orden de 4500 MPA.

Comentarios Finales

Resumen de resultados

De los resultados obtenidos se observa que de los tres materiales actualmente utilizados en la inyección de parrillas (TPO, ASA y PC), el PC es el que mostros mejores resultados en la prueba de brillo, mientras que el TPO es el que arrojo los resultados más bajos de la prueba, de los tres materiales propuestos (ABS + PC , TPO + 25% GF y PP + 20% GF), el ABS + PC fue el que tuvo mejores resultados en brillo, por lo que representa una alternativa viable para cubrir esta característica, cabe destacar que el PP +20% GF es el material que muestra los resultados más bajos de los tres materiales propuestos, sin embargo tiene mejor capacidad de brillo que el TPO.

En cuanto a la resistencia al impacto, de los materiales actuales el PC fue también el que mostro mejor comportamiento, requiriendo energías del orden de los 85 J para fracturarse, seguido por el ABS + PC, de los materiales propuestos, que mostro también una muy buena resistencia al impacto, soportando energías del orden de 66 J antes de fracturarse. También se observó que el PP + 20% GF, de los materiales propuestos es un material muy frágil, soportando únicamente 5.45 J antes de fracturarse.

En cuanto a los resultados de la tensión, de los materiales actuales, el que mostro el mejor comportamiento fue el TPO , arrojando una gráfica esfuerzo-deformación propia de un material duro y tenaz , resistiendo un esfuerzo máximo a la deformación de 37.5 MPA , por otro lado de los materiales propuestos, el que arroja un comportamiento adecuado a las necesidades es el ABS+ PC, que mostro una curva esfuerzo- deformación correspondiente a un material duro y tenaz , resistiendo un esfuerzo máximo a la deformación de 48.6 MPA.

Conclusiones

Se concluye después del análisis de resultados, que el mejor material para la inyección de parrillas continúa siendo el PC, que es un material ya actualmente utilizado, con un buen balance entre capacidad de brillo, resistencia al impacto y a la tensión, una alternativa sería el ABS + PC, sin embargo, este material presenta propiedades ligeramente menores en comparación con el PC tanto en tensión brillo e impacto.

Los materiales ASA, TPO y TPO + 25% GF, si bien mostraron propiedades interesantes, están fuera de las especificaciones que demanda la calidad del producto, dando resultados de brillo bajos comparados con el PC y el ABS + PC.

El material con el comportamiento menos apropiado para la aplicación en parrillas exteriores automotrices, resulto ser el TPO + 25% GF, con propiedades mecánicas y de brillo no adecuadas.

Referencias

A. Abdelnour, S. & D.Baer, S.(2011). Vehicle fascia and grille assembly. Clarkston, MI, Patente Nº US7896409.

Candido, G., Souza, J. & Silveira, R. (2010). Technical and economic considerations in development design of bumper fascias of passenger vehicles in the automotive industry, Brasil: University of Sao Paulo.

Celanese. (2016). Celastran. http://tools.celanese.com/standard/main/quicksearch/ds/0, p. Consultada 3 de Julio 2019.

CYCOLOY™, S. (2017). RESIN MC1300. https://pc-api-public.sabic.com/uploads/26dd5ef0/5e62/e711/80fb/005056857ef3/CYCOLOY%E2%84%A2%20%20Resin_MC1300_Asia_Technical_Data_Sheet.pdf., p. Consultada 3 de Julio de 2019.

LyondellBasell Industries. (2019). https://www.lyondellbasell.com/en/polymers/p/Softell-TKG-300NU-BLK/97e181f9-8c68-407f-ac8f-b83a7923342d, p. Consultada 3 de Julio de 2019.

Mann, D. (1999). Automotive Plastics and Composites: Worldwide Markets and Trends. Kidlington, United Kingdom: Elsevier Advanced Technology.

Niessner, N. & Wagner, D. (2013). Practical guide to structures, properties and applications of styrenic polymers. Shropshire, United Kingdom: Smithers Rapra Technology.

Pickett, T. J. & Dallos, R. J. (2019). Low stress attachment for high gloss weatherable polycarbonate decorative applications. Detroit , MI, Patente nº US010279766B2.

Szeteiová, K. (2010). Automotive materials plastics in automotive markets today, institute of Production Technologies, Machine Technologies and Materials, Faculty of Material Science and Technology in Trnava, Slovak University of Technology Bratislava: s.n.