

Tesista: Ing. Caren Rosales

Título al que aspira: Doctora en Ciencia de Materiales, UNMDP

Tema: "Estrategias para la optimización del comportamiento mecánico de mezclas de polipropileno y polietileno reciclados"

Directora: Dra. Valeria Pettarin

Co-directora: Dra. Celina Bernal

Lugar de Trabajo: Facultad de Ingeniería, UNMDP

Fecha de Defensa: 15 de diciembre de 2020

Jurados:

Dr. Adrián Botana (UNSAM, Braskem)

Dr. Javier Signorelli (IFIR, CONICET)

Dra. Laura Fasce (CDs, INTEMA, UNMDP-CONICET)

Resumen

Los residuos plásticos son uno de los principales problemas ambientales en la actualidad, como consecuencia del acelerado crecimiento demográfico y los nuevos modelos de consumo de la sociedad. El manejo ineficiente que hoy se hace de los mismos (quema a cielo abierto, disposición en vertederos no controlados) genera graves problemas de salud y daños al ambiente. La separación de estos residuos en polímeros individuales es costosa y la clasificación completa es a veces imposible. Sin embargo, los residuos plásticos se podrían reciclar fácilmente en forma de mezclas de polímeros. En los últimos años surgió el concepto de desarrollo sostenible, el cual propone una profunda innovación en el diseño y producción de los distintos elementos que conforman el hábitat humano, sin perjudicar a las generaciones futuras. Una de sus premisas es la implementación de nuevos procedimientos de fabricación que permitan la reutilización de componentes para sustituir el uso de materias primas de origen natural. Por lo tanto, la recuperación de desechos poliméricos provee una motivación en franco aumento para mejorar las propiedades de mezclas de polímeros. Dos de los principales componentes poliméricos de los residuos urbanos son polietileno (PE) y polipropileno (PP). La combinación de ellos es particularmente importante porque es muy difícil separar estos polímeros entre sí en las operaciones de recuperación de residuos y su reciclado en forma de mezclas es al día de hoy, la única opción económica a nivel industrial. Las propiedades mecánicas de las mezclas están determinadas por su morfología, y ésta a su vez por la historia térmica de las piezas finales.

Por otro lado, el reciclado de neumáticos fuera de uso plantea un gran desafío hoy en día para las instituciones políticas, científicas y la industria. La acumulación de neumáticos fuera de uso es un fenómeno perjudicial para el medio ambiente. El reciclado de neumáticos fuera de uso es muy difícil por la estructura química del material en forma de red debida al entrecruzamiento por vulcanizado.

La hipótesis principal de la presente tesis consiste en que es posible obtener compuestos binarios o ternarios de alta performance a partir de materiales de desecho: mezclas de PP y PE, y partículas de caucho de neumáticos (GTR). Se trabajó sobre la hipótesis de que el desempeño final de las piezas conformadas depende de su morfología, generada por el

proceso de mezcla y las condiciones de procesamiento. Considerando esta problemática, este trabajo de tesis adhiere a las premisas del desarrollo sostenible y propone la posibilidad de obtener un material a base de PE y PP proveniente de residuos, y modificarlo de manera de mejorar el desempeño de estas mezclas recicladas.

En la tesis se presenta la caracterización de mezclas binarias y ternarias de PE/PP y PE/PP/GTR, con la incorporación de diferentes compatibilizantes y la manipulación de la microestructura de las mezclas binarias. Se describe el proceso de fabricación y se realiza la caracterización del comportamiento mecánico, al mismo tiempo que se lo correlaciona con la morfología desarrollada por el método de procesamiento. Finalmente, se fabrican piezas finales utilizando algunos materiales desarrollados durante la tesis, a modo de ejemplo de aplicación. Durante el desarrollo de esta tesis se lograron resultados significativos. A partir de la utilización de diferentes compatibilizantes comerciales, se pudo identificar un compatibilizante óptimo que permitió lograr una buena combinación de morfología con propiedades finales en mezclas PE/PP. Luego de la identificación del compatibilizante óptimo, se encontró la composición de la mezcla con el mejor comportamiento mecánico cuasi estático y dinámico, en cuanto a ductilidad, tenacidad, y repetitividad. Mediante el agregado de GTR se logró aumentar la tenacidad de esta mezcla, de composición muy similar a la de los residuos sólidos urbanos, a costo de la disminución de la rigidez. Por otro lado, mediante la manipulación de la microestructura durante el procesamiento de la mezcla PP/PE óptima, se consiguió un efecto sinérgico del compatibilizante con la microestructura, obteniendo materiales finales de alta tenacidad combinada con elevada rigidez y ductilidad.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos se concluye que es viable la obtención de un material elaborado con residuos reciclados que sea de bajo costo y que promueva el cuidado del medio ambiente incorporando desechos como materia prima.

Abstract

Plastic waste is one of today's main environmental problems, due to rapid population growth and new society's consumption patterns. Current inefficient waste management, such as open burning or disposal in uncontrolled landfills, generates serious health problems and environmental damage. Separation of these wastes into individual polymers is costly and complete sorting is sometimes impossible. However, plastic waste could be easily recycled as polymer blends. In recent years, the concept of sustainable development has emerged, which proposes a deep innovation in the design and production of elements of human's habitat, without harming future generations. One of its premises is the implementation of new manufacturing procedures that allow the reuse of components as replacement of raw natural materials. Consequently, the recovery of polymeric waste provides an increasing motivation to improve polymer blends' properties. Two of the main polymeric components of municipal waste are polyethylene (PE) and polypropylene (PP). Their combination is particularly important since their isolation is very difficult in common waste recovery operations, and therefore their recycling as a blend is currently the only industrial inexpensive option. Blends' mechanical properties are determined by their morphology, which is also influenced by the thermal history of final pieces.

On the other hand, the recycling of end-of-life tires poses a great challenge today for political institutions, scientific and industry. The accumulation of end-of-life tires is an environmental harmful phenomenon. Recycling of end-of-life tires is very difficult due to the network chemical structure of the material derived from crosslinking by vulcanization.

The main hypothesis of this thesis is that it is possible to obtain high-performance binary or ternary compounds from waste materials: PP and PE blends, and rubber particles from ground tire rubber (GTR). We worked based on the hypothesis that the final performance of the shaped pieces depends on their morphology, generated by the mixing process and the processing conditions. Considering this problem, this thesis work adheres to sustainable development premises and proposes the attainment of a material based on PE and PP from waste, modified to improve the recycled blends' performance.

The characterization of binary and ternary mixtures of PE/PP and PE/ PP/GTR is presented, along with the incorporation of different compatibilizers and the microstructure manipulation in binary blends. Their processing is described and their mechanical characterization is carried out, which is correlated with the morphology developed during processing. At last, final pieces are manufactured using some of the materials developed in this thesis, as examples of their application. During the development of this thesis, significant results were obtained. By studying different commercial compatibilizers, an optimal compatibilizer that allowed achieving a good combination of morphology and final properties in PE/PP blends was identified. After that, the blend composition with the best quasi-static and dynamic mechanical behavior was found, in terms of ductility, toughness, and repeatability. By adding GTR, it was possible to increase the toughness of this blend, with a composition very similar to that of urban solid waste, at the cost of reducing stiffness. On the other hand, by manipulating the microstructure during the processing of the optimal PE/PP blend, a synergistic effect of compatibilizer and microstructure was achieved, obtaining final materials of high toughness combined with high stiffness and ductility.

Based on the obtained results, it is concluded that it is feasible to obtain a material made from recycled waste at low cost, promoting environmental care by incorporating waste as raw material.