

Tesista: Juan Pablo Torres

Título al que aspira: Doctor en Ciencia de Materiales, UNMdP

Tema: “Mecánica de polímeros termoplásticos en condiciones de impacto”

Director de tesis: Dra. Patricia Frontini

Co-director: Dr. Enrique Pardo

Lugar de Trabajo: Facultad de Ingeniería, UNMdP

Fecha de Defensa: 18 de febrero de 2016

Jurados:

Dra. Adela M. Cuniberti (CONICET - IFIMAT)

Dr. Fernando Buezas (CONICET – IFISUR)

Dr. Santiago Urquiza (UNMDP- CDS)

Resumen

El objetivo final de esta tesis es el desarrollo de herramientas predictivas, aplicables al diseño de piezas poliméricas que puedan estar sujetas a situaciones de impacto. Con este fin, hemos investigado la respuesta mecánica de tres polímeros de ingeniería que son ampliamente usados en aplicaciones que demandan resistencia al impacto: Policarbonato (PC), Polipropileno (PP) y Polietileno de alta densidad (HDPE). Hemos propuesto un modelo constitutivo termomecánico que es capaz de reproducir los elementos esenciales de la deformación de los polímeros termoplásticos: respuesta inicial lineal elástica, seguida por la fluencia viscoplástica no-lineal y el endurecimiento por orientación a grandes deformaciones. Además, el modelo incorpora la dependencia de la respuesta mecánica con la velocidad de deformación, la temperatura y la presión. Para determinar los parámetros constitutivos del modelo, hemos desarrollado estrategias de calibración basadas en los resultados experimentales de ensayos mecánicos. Para la caracterización experimental del PP y el HDPE, hemos llevado cabo ensayos de tracción dinámicos a altas velocidades de deformación en conjunto con las técnicas de Correlación Digital de Imágenes y Termografía Infrarroja para la medición punto-a-punto de la deformación verdadera y la temperatura en la probeta.

Para analizar la respuesta de los materiales en impacto biaxial hemos llevado a cabo ensayos de impacto por caída de dardo *falling weight*. La capacidad predictiva del modelo fue validada comparando las predicciones numéricas de la curva fuerza--tiempo del ensayo de impacto, con los resultados experimentales. Para los tres polímeros estudiados, hemos observado buena correspondencia entre las simulaciones y el experimento. A continuación, hemos interpretado la respuesta mecánica en función de los campos de tensión--deformación desarrollados en las probetas con el fin de establecer modelos de falla que permitan predecir la rotura del material en piezas de geometrías más complejas que se vean expuestas a

situaciones de impacto multiaxial. Finalmente, hemos aplicado la técnica del análisis inverso para evaluar la factibilidad de extraer los parámetros constitutivos a partir de las curvas del ensayo de impacto por caída de dardo.

Abstract

The main objective of this thesis is the development of a predictive tool to aid in the design of plastic parts that may become subjected to impact loading situations. To this aim, we have investigated the mechanical response of three engineering polymers that are widely used in impact resistant applications: Polycarbonate (PC), Polypropylene (PP) and High Density Polyethylene (HDPE). We have proposed a thermomechanical constitutive model that captures the essential features of polymer deformation: initial elastic response, followed by non-linear viscoplastic yielding and orientation strain hardening at large strains. In addition, the model incorporates the pressure, temperature and strain rate dependence of polymer mechanical response. We have developed material model calibration strategies based on the experimental results of several mechanical tests. For the experimental determination of PP and HDPE mechanical behaviour, we have carried out dynamic tensile tests at high strain rates using Digital Image Correlation and Infrared Thermography techniques, which provide point-wise true strain and temperature measurements on the specimen surface.

We have assessed the material impact response by means of instrumented falling weight impact tests. Our constitutive model prediction capabilities were validated by contrasting experimental and numerical falling weight force-time curves. In every studied case, good agreement was observed. Next, we analysed the resulting stress-strain fields with the aim of establishing failure criteria that will allow material failure prediction in polymer parts featuring more complex geometries under multiaxial impact loading. Finally, we have applied an inverse modelling technique to assess the possibility of determining the constitutive parameters from the falling weight force-time curves.