

Investigación y desarrollo tecnológico de materiales poliméricos

CABRERA-CÓRDOBA, Eduardo*†, VARGAS-OSUNA, Lidia Esther', ANGUIANO-LIZAOLA, Jorge y SÁNCHEZ-OCAMPO, César

Ingeniería en Manufactura de la Universidad Politécnica de Baja California, Mexicali, México

'Ingeniería Aeroespacial de la Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali, México

Recibido Octubre 12, 2017; Aceptado Diciembre 6, 2017

Resumen

En las últimas décadas, la industria del plástico se distingue entre las que han mostrado un mayor crecimiento. En el estado de Baja California y la franja fronteriza de México, se presenta el reto de elevar el nivel de absorción tecnológica por parte de las empresas. La industria maquiladora que anteriormente fabricaba componentes, requiere elevar su especialización tecnológica y la capacitación de alto nivel en la fabricación de productos de mayor integración. La industria del plástico tiene la característica de ser transversal a la industria en general, debido a su creciente número de aplicaciones. El plástico por su baja densidad y versatilidad se encuentra entre los materiales de elección para hacer más eficientes los productos. En este proyecto, se obtuvo un equipo de moldeo para prototipos para la caracterización de materiales y el software necesario para la simulación de procesos, que favorezcan la vinculación con las empresas y la formación de los alumnos en la investigación y desarrollo tecnológico en entornos reales.

Kesterita, película delgada, celda solar, sputtering, CZTS

Abstract

In the last decades, the plastic industry is distinguished between those that have shown greater growth. In the state of Baja California and the border strip of Mexico, the challenge is to raise the level of technological absorption by companies. The maquiladora industry, which previously manufactured components, requires raising its technological specialization and high-level training in the manufacture of products with greater integration. The plastic industry has the characteristic of being transversal to the industry in general, due to its increasing number of applications. Plastic for its low density and versatility is among the materials of choice to make products more efficient. In this project, a prototype's molding machine was obtained for the characterization of materials and the software necessary for the simulation of processes, favoring the link with companies and the training of students in research and technological development in real environments.

Kesterite, thin film, solar cell, sputtering, CZTS

Citación: CABRERA-CÓRDOBA, Eduardo, VARGAS-OSUNA, Lidia Esther', ANGUIANO-LIZAOLA, Jorge y SÁNCHEZ-OCAMPO, César. Investigación y desarrollo tecnológico de materiales poliméricos. Revista del Desarrollo Tecnológico 2017, 1-4: 20-26

* Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: ecabrerac@upbc.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Las aplicaciones con el uso de plásticos están creciendo debido a sus ventajas en términos de la amplia variedad de propiedades que cubren necesidades muy específicas permitiendo la innovación, con el menor impacto y menor costo de producción. Los plásticos cubren una amplia variedad de aplicaciones. Aunque, cada aplicación requiere uno o varios polímeros con propiedades específicas para realizar su función. Sin embargo, los plásticos comerciales sólo proporcionan una variedad limitada de productos. De allí, la necesidad de conocer a fondo, equipo, procesos y materiales, así como la investigación y desarrollo de nuevos materiales que cumplan especificaciones químicas y físicas requeridas.

Justificación

Los avances de los plásticos en ingeniería prometen un mayor número de productos de calidad en aplicaciones para diferentes industrias, tales como la aeroespacial, la electrónica y la automotriz.

Es necesario adquirir las capacidades de equipo para la aplicación del conocimiento en un entorno industrial, fortaleciendo al cuerpo académico a través de la vinculación y la investigación de problemas que se presentan en la industria, resultado también en un mejor posicionamiento y competitividad de la empresa, e impactando de manera positiva las áreas de innovación, recibo de materiales, aseguramiento de la calidad, proveedores, manufactura e ingeniería, etc.

Objetivos**Objetivo General**

Permitir la participación de la Universidad en los procesos de investigación y desarrollo tecnológico de las empresas. Al obtener las capacidades de equipo y software para la caracterización de materiales. Así como, el desarrollo y la simulación de proceso. Acercando a los alumnos a la investigación de problemas en entornos reales.

Objetivos específicos

- Caracterización de materias primas y desarrollo de procesos que contribuya a la mejora continua y la competitividad de la empresa.
- Promover proyectos de investigación y vinculación con las empresas, con la participación del cuerpo académico y de los alumnos.
- Fortalecimiento, actualización y pertinencia de programas académicos.

Marco Teórico

La prueba de flujo espiral ASTM D3123-2009 es una de las muchas pruebas que ayudan a determinar la naturaleza reológica de los plásticos. Es un método de prueba importante por su ayuda en la determinación de las propiedades físicas más críticas de un plástico. Las propiedades reológicas se centran principalmente en una viscosidad de corte de un flujo de plástico fundido. Es un comportamiento bastante dinámico que podría cambiar con el cambio de temperatura, presión y velocidad de inyección. La determinación de la longitud de flujo de plástico es una de las tareas importantes en la caracterización de plásticos y en el diseño del molde de inyección. A fin de conseguir el llenado perfecto y parámetros de inyección, como temperatura de fusión, presión de inyección, tiempo de ciclo, etc.

Dado que un molde de inyección suele ser importante y su alto costo, para producir piezas de plástico, el diseño de moldes adecuados es un área de interés actual. La predicción de la moldeabilidad a través de la simulación con el uso de software y la relación de longitud de flujo son dos herramientas básicas para alcanzar una mayor calidad y mejores rendimientos.

Resultados**Moldeo de Plásticos**

El equipo de moldeo por transferencia que se adquirió es de la marca MediumMachinery, ver figura 1:



Figura 1 Equipo de moldeo por transferencia de MediumMachinery y esquema del molde de prueba de flujo en espiral ASTM D3123

Es una pequeña prensa de moldeo por inyección con molde para evaluación de flujo en espiral de acuerdo a ASTM 3123. Permite también el diseño y desarrollo de productos, prueba de plásticos y parámetros, fabricación de prototipos e investigación. Las características del equipo se muestran a continuación:

Max Capacidad de inyección de plástico	100 grs
Alimentación	10A @ 120V
Max Temperatura	300C
Alimentación de aire	80 psi
Max Tamaño de Molde	200x250x120 mm
Max presión de cierre	10tons
Dimensiones Máximas del equipo	50x50x120 cm
Peso Max	100 kg

Tabla 1 Características del equipo de moldeo MediumMachinery

Parámetros críticos identificados en la operación de moldeo por transferencia.

1. Tipo de plástico, termoestable o termofijo
2. Presión de cierre del Molde.
3. Tiempo y Temperatura del Pre calentamiento del molde.
4. Tiempo de pre calentamiento del plástico
5. Velocidad de dosificación de la resina.
6. Temperatura del molde y offset de temperatura permitido.
7. Tiempo de Curado.
8. Tiempo de enfriamiento del molde posterior al moldeo
9. Velocidad de apertura del Molde.
10. Mantenimiento y limpieza del molde y plastificador.

Defectos de Calidad considerados rechazos en la operación de moldeo por transferencia.

1. Espesor uniforme
2. Burbujas o Ampollas (Blister)
3. Vacíos o llenado incompleto
4. Material con poros
5. Plástico quemado
6. Pandeo (Warpage)
7. Fuga excesiva de plástico (Flashing)
8. Cambio de color del plástico
9. Plástico crudo
10. Exposición de alambres

Software de simulación de inyección de plástico. Moldex3d

Compatible con plataforma de Solidworks, que permite visualizar, validar y optimizar el diseño de partes y moldes en simulaciones de 3d. Permitiendo minimizar el tiempo de diseño, innovación, costo y desarrollo de productos en moldeo por inyección.

El software evalúa la manufacturabilidad, permite visualizar condiciones de flujo de plástico y temperatura, presión, volumen, tiempo de inyección para optimizar condiciones de proceso, resolución de problemas y predecir defectos como llenado incompleto, líneas frías, orientación de las fibras y pandeo.

Además, permite el análisis de llenado a través de múltiples puertos de inyección, múltiples cavidades, balanceo de flujo, líneas de enfriamiento del molde y generar un reporte electrónico de los resultados encontrados.

El software incluye apoyos con el uso ventanas, wizards, donde por medio de preguntas programadas, el software realiza tareas complejas y la función CAE o ingeniería asistida por computadora.

El reporte de resultados de la simulación. Shell o Modelo de superficie basado en un sólido. Incluye la siguiente información:

1. Introducción del modelo
2. Información del material
3. Condiciones del proceso
4. Resumen de resultados de parámetros
5. Resultados de la simulación

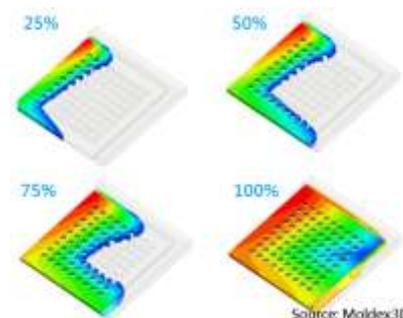


Figura 2 Resultado de simulación de llenado de paquete por transferencia de plástico

Evaluación de capacidades del equipo en la Industria. Empresa Mexicase

Se evaluaron diferentes lotes de plástico, proporcionados por la empresa MEXICASE, basándose en ASTM D 3123. Esta norma introduce las especificaciones para la longitud del flujo en espiral, la relación de viscosidad, temperatura y flujo de los plásticos. Los ensayos experimentales, se compararon para confirmar la consistencia y vigencia de los diferentes lotes. Este método es costo efectivo y una forma confiable de predecir el desempeño del material en el proceso de moldeo por inyección.

Resultados de Parámetros

Se evaluó el proceso de moldeo por logrando desarrollar los parámetros y simulación para caracterizar el proceso.

Presión Máxima de Entrada

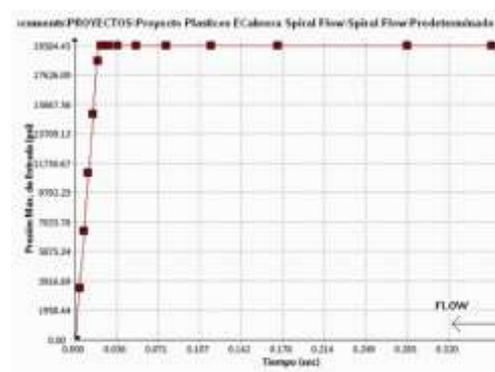


Figura 3

Flujo de Entrada

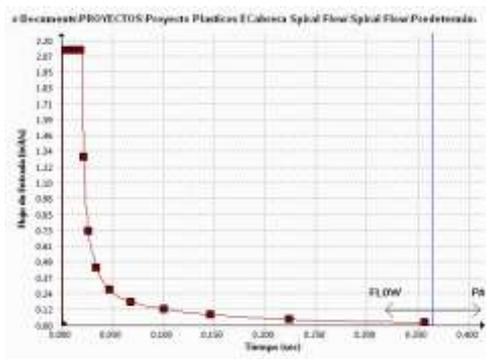


Figura 4

Presión de Cierre

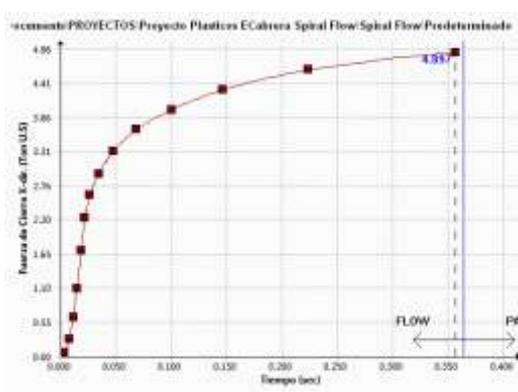


Figura 5

Resultados de la Simulación

Tiempo de llenado

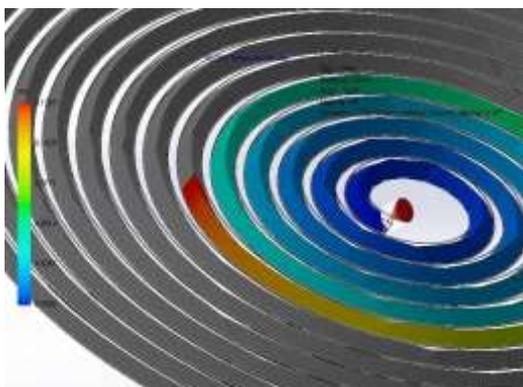


Figura 6

Temperatura de llenado

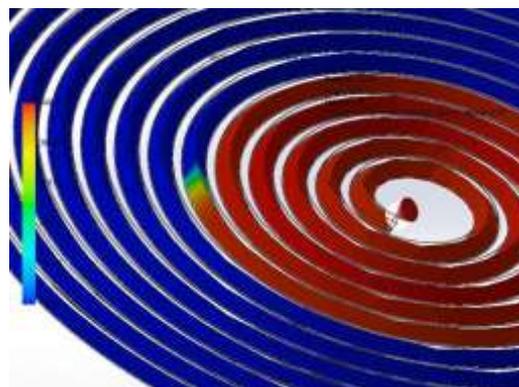


Figura 7

Información del Modelo

Tipo: Shell, Cara de simetría: No

Volumen: 0.45 (pulgadas cúbicas)

Peso: 0.24 (onzas)

Dimensiones: X: 5.04 (pulgadas), Y: 4.95 (pulgadas), Z: 0.06 (pulgadas)

Información del Material

Nombre de material = Polipropileno PP

Nombre del producto = Material Genérico PP

Temperatura del material = 446.00 °F

Temperatura del molde = 122.00 °F

Temperatura de eyección = 203.00 °F

Temperatura de transición cristalina = 275.00 °F

Calor específico = 3.100000e+007

Conductividad = 1.500000e+004

Módulo de elasticidad = 1.350000e+010

Coefficiente de Poisson = 4.000000e-001

Condiciones del Proceso Flujo/Flow*

Tiempo de llenado = 0.21 sec

Temperatura Fusión Material Principal
= 446 °F

Temperatura pared molde = 122 °F

Presión máxima de inyección =
19584.45 psi

Flujo de inyección máximo = 11.838
in³/s

Punto de cambio Flow/Pack en Volumen
Llenado = 100 %

Tiempo de mantenimiento de la presión
= 1.33 sec

Tiempo Total de Empaquetado = 2.13
sec

Tiempo de llenado (1: Existe, 0: No) = 1

Tiempo de empaquetado automático (1:
Existe, 0: No) = 1

Análisis de ventilación (1: Existe, 0: No)
= 0

Presión Inicial del Aire de la Cavidad =
14.507 psi

Temperatura Inicial del Aire de la
Cavidad = 77 °F

Tiempo de ciclo: 5.13 sec

Enfriamiento/Cool*

Temperatura Colada Entrante = 446 °F

Temperatura Min. Refrigerante = 77 °F

Temperatura de Aire = 86 °F

Tiempo de Apertura Molde = 5 sec

Flujo Medio Refrigerante = 9.153 in³/s

Tipo de Control (1: Temp. de Eyección,
2: Tiempo de Refrigeración) = 1

Temperatura de Eyección = 203 °F

Tiempo de Refrigeración = 2.06 sec

Conclusiones

Se realizó una caracterización de materiales y proceso utilizando equipo de moldeo de transferencia y prototipos.

Así como, software de simulación de moldeo para una empresa de plásticos que fabrica estuches y maletas de uso rudo.

Se logró validar la vigencia y propiedades de distintos lotes de plástico, probando los parámetros, a partir del software de simulación Moldex3d, que permitió conocer parámetros óptimos que reduzcan significativamente los tiempos muertos y rechazo de material. Un ahorro de limpiadores, energía y de materia prima a la que no se le hará disposición.

Agradecimiento

Proyecto realizado gracias al apoyo de la Dirección de Superación Académica en el fortalecimiento de cuerpos académicos de la SEP-PRODEP.

Referencias

Schey, John, Introducción a los procesos de manufactura, Mc Graw Hill, 2002, México.

ISBN: 9701035739

Kalpakjian, Serope, Manufactura, ingeniería y tecnología, Pearson Educación de México. 2002,

ISBN: 9702601371

Anil Kumar y Rakesh K. Gupta, Fundamentals of polymer engineering, Marcel Dekker. CRC Press. India 2003. ISBN: 0824708679

Gabriel O. Shonaike, Suresh G. Advani, Advanced polymeric materials: structure property relationships, CRC Press. 2003. USA. ISBN: 1587160471

Bernie A. Olmsted, Martin E. Davis, Practical injection molding, Marcel Dekker. India.

ISBN: 0824705297

Jean-Pierre Pascault, Thermosetting polymers,
Marcel Dekker, CRC Press. 2002. USA.
ISBN: 0824706706

Manas Chanda, Salil K. Roy, Plastics
technology handbook, Marcel Dekker. 1998.
USA. ISBN:082470066X.