

CONTROL DE VARIABLES EN EL PROCESO DE INYECCIÓN DE PROBETAS PLÁSTICAS

Raúl Ruiz Hernández

Instituto Tecnológico de Reynosa

rruiz.h@live.com

José Alberto Zavala Bustos

Instituto Tecnológico de Celaya

jose.zavala@itcelaya.edu.mx

María del Carmen Reyes Núñez

Instituto Tecnológico de Reynosa

ing.carmen.reyes@hotmail.com

Víctor Manuel Villalón Ramos

Instituto Tecnológico de Reynosa

willalon@gmail.com

Resumen

El presente trabajo describe el proceso de inyección de plásticos en el cual se determinan las variables críticas, para la obtener la combinación ideal en el proceso de una pieza estándar, con la variación de los parámetros de presión de compactación, tiempo de compactación y temperatura de inyección, donde se demuestra la relación que existe entre ellas y cuál es la variable más predominante en el proceso.

Se desarrolla un diseño de experimentos factorial 2^3 para determinar teóricamente, el comportamiento de las variables de temperatura de inyección, presión de compactación y tiempo de compactación en el proceso de inyección de una probeta plástica. Este diseño experimental se lleva a cabo en el software de Minitab V17, el cual se describe como una herramienta de simulación para el proceso de inyección de plásticos que se aplica a la máquina de inyección Demag Ergotech 50-270 viva. Se realiza la inyección de polipropileno, experimentalmente con el

objetivo de encontrar la combinación ideal para el ahorro de materia prima en una pieza estándar que cumpla su calidad dimensional.

Palabra(s) Clave(s): inyección, polímeros, presión simulación, tiempo.

Abstract

This work describes the process of injection molding in which the critical variables are determined to obtain the ideal combination in the process of a standard piece with the variation of the parameters of compaction pressure, compaction time and temperature, where the relationship between them shown and what the most predominant variable in the process is

A factorial experiments design 2^3 is developed to determine theoretically, the behavior of the variables of temperature, pressure compaction and compaction time in the injection process of a plastic cylinder. This experimental design done in software Minitab V17, which is described as a simulation tool for the plastics injection process that applies to the injection machine Demag Ergotech 50-270 Viva polypropylene injection is performed experimentally in order to find the ideal combination for saving raw material in a standard part that meets its dimensional quality

Keywords: *injection, polymers, pressure, simulation, time*

1. Introducción

La inyección de plásticos, es el principal método de conformado en la producción de piezas de plástico, los polímeros se encuentran entre los materiales industriales de mayor crecimiento en la industria moderna, su amplia variedad y sus propiedades los hacen los más adaptables de todos los materiales en términos de aplicación, se pueden obtener piezas de variado peso y con geometrías complicadas. El presente trabajo describe el proceso de inyección de plásticos en el cual se determinan las variables críticas, para la obtener la combinación ideal en el proceso de una pieza estándar, con la variación de los parámetros de presión de compactación, tiempo de compactación y temperatura, donde se demuestra la

relación que existe entre ellas y cuál es la variable más predominante en el proceso.

Se desarrolla un diseño de experimentos factorial 2^3 para determinar teóricamente, el comportamiento de las variables de temperatura, presión de compactación y tiempo de compactación en el proceso de inyección de una probeta plástica.

Este diseño experimental se lleva a cabo en el software de Minitab V17, [1] el cual se describe como una herramienta de simulación para el proceso de inyección de plásticos que se aplica a la máquina de inyección Demag Ergotech 50-270 viva.

El diseño de experimentos analiza el efecto causado por 3 factores cuantitativos (presión de compactación, temperatura y el tiempo de compactación) con 2 niveles cada uno (alto y bajo), que consta de $2^3 = 2 \times 2 \times 2 = 8$ tratamientos diferentes con 3 réplicas que dan como resultado 24 corridas. Se realiza la inyección de polipropileno, experimentalmente en la máquina de inyección de plástico, Demag ergotech 50-270 Viva. Con el objetivo de encontrar la combinación ideal para el ahorro de materia prima en una pieza estándar que cumpla su calidad dimensional.

2. Métodos

El diseño de experimentos (DOE) ayuda a investigar los efectos de las variables de entrada (factores) sobre una variable de salida (respuesta) al mismo tiempo [2]. Estos experimentos consisten en una serie de corridas o pruebas, en las que se realizan cambios intencionales en las variables de entrada; en cada corrida se recolectan datos. Este modelo experimental se llevó a cabo en el software de Minitab V17[4], el cual se describe como una herramienta de simulación para el proceso de inyección de plásticos que se aplica a la máquina de inyección Demag Ergotech 50-270 viva. Minitab ofrece cuatro tipos de diseños: diseños factoriales, diseños de superficie de respuesta, diseños de mezcla y diseños de Taguchi.

El diseño de experimentos que se utilizó, analiza el efecto causado por 3 factores cuantitativos (presión de compactación, temperatura y el tiempo de compactación) [3] con 2 niveles cada uno (alto y bajo), que consta de $2^3 = 2 \times 2 \times 2 = 8$ tratamientos diferentes con 3 réplicas que dan como resultado 24 corridas.

Se identificaron los 3 factores con sus valores experimentales correspondientes en base a los valores nominales del proceso, determinados en tabla 1; respectivamente. Los factores que se consideraron como valores experimentales fueron: temperatura, presión de compactación y tiempo de compactación, con sus respectivos valores nominales del proceso establecidos por el Laboratorio de Ingeniería Industrial del IT de Celaya, los cuales son: 225°C, 35 bar y 9 s, respectivamente. Una vez definidas las variables, se ejecutó el programa y este determinó las 24 corridas del diseño de experimentos. Realizada la simulación se procedió a dar inicio al experimento en la máquina de inyección.

Encendida la máquina, se cargó el material Polipropileno grado 12 Axlene y se establecieron como se muestra en la tabla 1 los parámetros nominales del proceso de acuerdo a las condiciones normales de operación del Laboratorio de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico de Celaya [5], sitio donde se encuentra la máquina de inyección.

Tabla 1 Valores nominales del proceso.

Factores	Valor	Estatus
Tiempo de enfriamiento	40 s	Fijo
Tiempo de ciclo	80 s	Fijo
Presión de inyección	85 bar	Fijo
Temperatura del molde	8.1 °C	Fijo
Velocidad de inyección	35 mm/s	Fijo
Tiempo de compactación	9 s	[6,12]
Presión de compactación	30 bar	[25,45]
Temperatura en la unidad de inyección	225 °C	[216,234]

Una vez realizado el experimento se determinó que el factor temperatura de la unidad de inyección se establece con el control de las resistencias de temperatura de dicha unidad, y al variar el factor de una temperatura establecido en [6] se trabaja con una temperatura de inyección baja (216 °C) y a una temperatura alta (234 °C) el tiempo de cambio es considerable [7]. Por lo que, no se respeta el orden aleatorio que indica el software y se realizan primero las corridas con temperatura baja para finalizar con las de modo alto. Después de la inyección de las 3 muestras

por corridas, se procedió al pesado de piezas en la báscula Triple Beam Balance 700 series de la marca Ohaus con capacidad de 2610 gramos.

Un total de 72 muestras se identificaron con la nomenclatura SXX/1/X, donde SXX identifica el número de corrida o tiro de inyección, 1 es la cavidad uno del molde y X representa el número de muestra (1, 2,3). En la tabla 2 se representan los pesos en gramos de algunas de las muestras [8].

Tabla 2 Peso en gramos de algunas de las corridas.

Orden Aleatorio	Muestra 1 (g)	Muestra 2 (g)	Muestra 3 (g)	Peso Promedio (g)
1	S01/1/1 6.1	S01/1/2 6.1	S01/1/3 6.1	6.1
2	S02/1/1 7.1	S02/1/2 7.1	S02/1/3 7.1	7.1
5	S05/1/1 7.91	S05/1/2 7.91	S05/1/3 7.91	7.91
6	S06/1/1 7.1	S06/1/2 7.08	S06/1/3 7.08	7.086
9	S09/1/1 6.9	S09/1/2 6.85	S09/1/3 6.88	6.876
10	S10/1/1 7.05	S10/1/2 7.05	S10/1/3 7.05	7.05

3. Resultados

Se cargaron los pesos obtenidos en la báscula Triple Beam Balance 700 series de la marca Ohaus, en el Minitab 17. La figura 1 muestra la relación existente entre las 3 variables contra el peso de la pieza, con un comportamiento lineal ascendente tanto para la presión y tiempo de compactación y descendente para la temperatura respecto al peso de la probeta.

La figura 2 muestra los resultados del comportamiento del diseño de experimentos que se utilizó, donde se analizó el efecto causado por 3 factores cuantitativos (presión de compactación, temperatura y el tiempo de compactación) con 2 niveles cada uno (alto y bajo), que consta de $2^3 = 2 \times 2 \times 2 = 8$ tratamientos. Cada uno de los vértices del cubo muestra la combinación de las tres variables y su respuesta respecto a la variable de salida (peso).

La figura 3 muestra una parte de las 72 probetas plásticas estandarizadas cumpliendo con la norma ASTM-D638-10, en cuanto a su calidad dimensional.

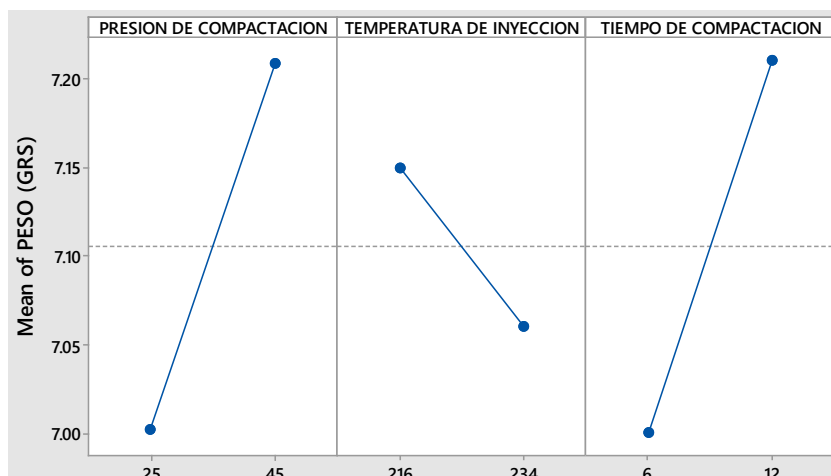


Figura 1 Principales efectos de las 3 variables contra peso de la pieza.

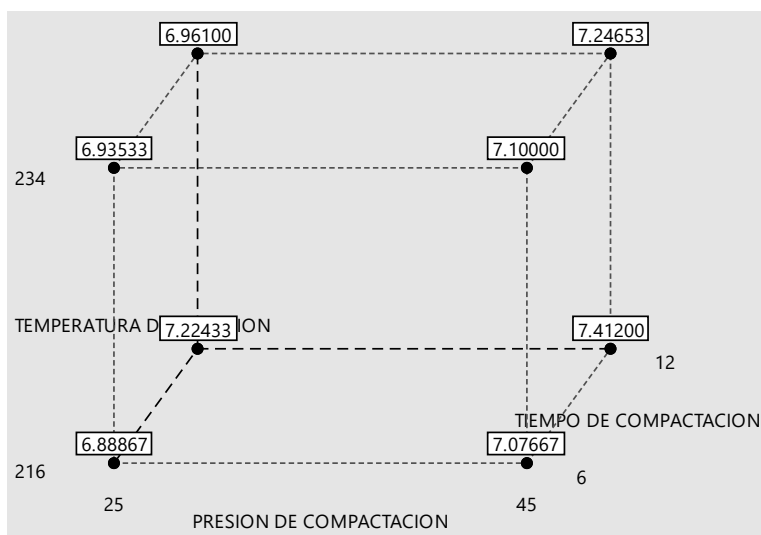


Figura 2 Combinación ideal de variables contra peso.



Figura 3 Probeta plástica ASTM-D638-10.

4. Discusión

La relación de la presión contra el peso muestra que es una de las variables predominantes en el proceso de inyección de plásticos, determinándose que a mayor presión de compactación mayor peso de la probeta plástica siendo el rango de este entre 7.1 a 7.25 g, de la misma manera se comporta el tiempo de compactación, sin embargo la temperatura es uno de los factores con menor impacto en el proceso siendo el rango que fluctúa ente 7.05 a 7.15 g, pero con el comportamiento de que a menor temperatura mayor peso, y a mayor temperatura menor peso.

La combinación de temperatura baja (216 °C), presión baja (25 bar) y tiempo bajo (6 s) es la que representa el menor consumo de materia prima con un peso de 6.888 g. Cumplen con la norma ASTM-D638-10.

5. Bibliografía y Referencias

- [1] Moraga Benavides N., Salazar Godoy C. Predicción y validación experimental de inyección y solidificación de polímeros no newtonianos en moldes. Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad de Santiago de Chile, octubre 2007.
- [2] Olamos Octavio. Aplicación del diseño de experimentos al proceso de moldeo por inyección de plásticos, Junio 2007.
- [3] Suárez Castrillón Albert, Labarga Ordóñez Julio Eduardo, Análisis y correlación de las variables que determinan la estabilidad dimensional en piezas moldeadas por inyección a través del diseño de experimentos y técnicas de simulación computacional. Universidad De León, España, 2007.
- [4] De Juanes Márquez Juan, Martínez Muneta María Luisa, Rodríguez Villagrán María, Pérez García J. M. Simulando de inyección de plásticos nuevas formas de aprender los procesos 2012.
- [5] Lesso García Julio Cesar. Aplicación del diseño de experimentos para la mejora del proceso de moldeo por inyección de plásticos de la pieza "fin instrument" en industrias Camca SA de CV, Universidad de Querétaro, noviembre 2012.

- [6] Pinto, F. M. Procesamiento y propiedades de algunas poliolefinas. Grupo de polímeros. Departamento de química, Facultad de ciencias, Universidad de los Andes Venezuela, 2003.
- [7] Ortiz Espinoza Gloria Paola, Anaya Eredias Carlos, Ortiz Suárez Gilberto, Sánchez Pérez Pedro David. Propuesta para la determinación de parámetros críticos para la mejora y control en un proceso de moldeo por inyección, Universidad De Sonora, Departamento de Ingeniería Industrial, 2013.
- [8] Ramírez Ramírez Florencio Guadalupe, Lozano Taylor José, Identificación de los parámetros de un equipo de moldeo por inyección que permita mejorar la calidad del producto, Universidad de Sonora, Posgrado en Ingeniería, Hermosillo, Sonora 2013.