

Análisis y simulación numérico de esfuerzo circunferencial de un envase de vidrio tipo long neck

ANGUIANO-LIZAOLA, Jorge*†, SANCHEZ-OCAMPO, Cesar, CABRERA-CORDOVA, Eduardo y TONG-DELGADO, Miriam

Recibido Marzo 25, 2016; Aceptado Junio 14, 2016

Resumen

El presente trabajo se muestra un análisis y una simulación numérica por el método del elemento finito de un envase de vidrio tipo long neck sujeto a presión interna. Con la aplicación de la simulación numérica permitió analizar el esfuerzo circunferencial en cavidades internas dando valores de diseño para conocer su capacidad máxima del esfuerzo que pudiera soportar el envase cuando está presurizado con gas de CO₂. Para el desarrollo del análisis se utilizó el software de CATIA V5 R21 módulo de análisis y simulación, actualmente este software aporta un gran beneficio en el desarrollo de nuevos productos como el diseño en 3D, para la fabricación de contenedores de vidrio. Por último, se muestran diferentes datos dando resultados de la simulación numérica que son comparados con los de la expresión matemática haciendo una correlación de datos, para así saber si el margen de error es confiable.

Metodo del elemento finito, envase de vidrio, presión interna, esfuerzo circunferencial, envase

Abstract

The present paper analysis and numerical simulation is shown by the finite element method of a glass container type long neck subject to internal pressure. With the application of numerical simulation allowed analyze the circumferential stress in internal cavities giving design values to know its maximum capacity of the hoop stress that could support the container when pressurized with CO₂ gas. For the development of analysis software CATIA V5 R21 and simulation analysis module was used this software now provides a great benefit in developing new products such as 3D design, for the manufacture of glass containers. Finally, different data are shown giving numerical simulation results are compared with those of the mathematical expression by correlating data, so you know if the margin of error is reliable.

Finite element, glass container, internal pressure, hoop stress

Citación: ANGUIANO-LIZAOLA, Jorge, SANCHEZ-OCAMPO, Cesar, CABRERA-CORDOVA, Eduardo y TONG-DELGADO, Miriam. Análisis y simulación numérico de esfuerzo circunferencial de un envase de vidrio tipo long neck. Revista de Sistemas Experimentales. 2016, 3-7: 10-14.

* Correspondencia al Autor (Correo electrónico: jianguianol@upbc.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

Introducción

Diariamente, empresas de clase mundial fabrican millones de envases de vidrio con distintos tamaños y formas. La producción de vidrio, es un proceso muy antiguo que data desde los 12,000 a.C. Antes de la época de la manufactura moderna, los artesanos soplaban botellas de vidrio a mano, una por una. Actualmente, la industria vidriera está altamente automatizada, produciendo rápida y eficientemente envases uniformes y en grandes volúmenes. La manufactura de envases de vidrio involucra varias etapas: materia prima, fundición en horno, formado, recocido, primera inspección física, inspección de maquinado con láser, segunda inspección física, control de calidad y empaqueo final. En este trabajo, se presenta los resultados de un análisis de esfuerzo circunferencial para saber la resistencia de un contenedor de vidrio cuando este es sometido a presión interna.

La norma mexicana NMX-EE-032-1983. ENVASE Y EMBALAJE-ENVASES DE VIDRIO PARA BEBIDAS ALCOHÓLICAS EN GENERAL. PACKAGING-GLASS CONTAINERS FOR GENERAL ALCOHOLIC BEVERAGES. NORMAS MEXICANAS. DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS. Establece en su apartado 5.8 Presión Interna, lo siguiente: La presión interna debe aplicarse únicamente para los envases de vidrio que están destinados a contener bebidas alcohólicas tales como champagne, sidra, vinos espumosos. Estos envases deben soportar una presión interna de 1034.1 kPa (175psi). El gráfico 1 presenta la curva de comportamiento del diferencial de esfuerzo contra la presión de confinamiento para materiales frágiles, semifrágiles y dúctiles, obviamente el vidrio pertenece a los primeros.

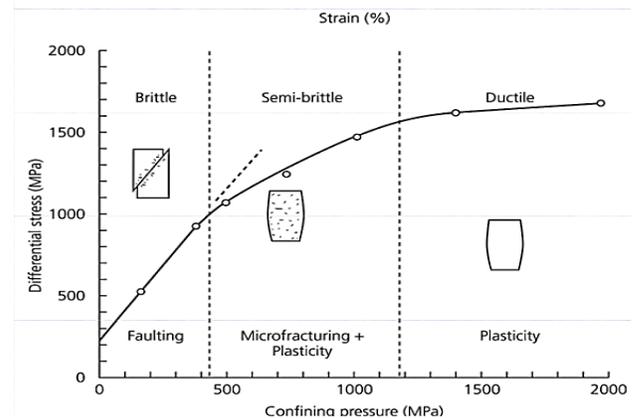


Gráfico 1 Curva de diferencial de esfuerzo contra presión de confinamiento

Descripción del método

Esfuerzo circunferencial (Hoop stress)

Los envases a presión son estructuras cerradas que contienen líquidos o gases a presión, una de las consideraciones al momento del diseño de un envase es el cálculo del esfuerzo circunferencial “Hoop Stress”; ya que ayuda a determinar los cálculos teóricos de pared y saber su resistencia a la presión. En donde en un cilindro hueco de pared delgada de diámetro interior d , y la pared espesor t , se somete a una presión interna p , el esfuerzo de tracción s en cada punto de la superficie externa está dado por la siguiente expresión matemática:

$$s = \frac{p \cdot d}{2t} \quad (1)$$

Por ejemplo, para una botella no retornable, una aproximación de la superficie exterior de tensión de rotura a la tracción es de 4000 psi, por lo que las presiones de ruptura del cilindro p máxima, es dada por la siguiente expresión:

$$p_{\max} = \frac{4000 \cdot 2t}{d} \quad (2)$$

Modelado del diseño del envase en tres dimensiones

CATIA es un software informático de diseño, fabricación e ingeniería asistida por computadora, comercializado por Dassault Systèmes. El software está desarrollado para proporcionar apoyo desde la concepción del diseño hasta la producción y el análisis de productos. Para la elaboración del diseño en CAD fue necesario tomar una serie de mediciones del envase seleccionado y así mismo dibujarlo en el paquete. En la figura 1 se muestra el diseño del envase realizado con una superficie y las unidades que se utilizaron fueron pulgadas.

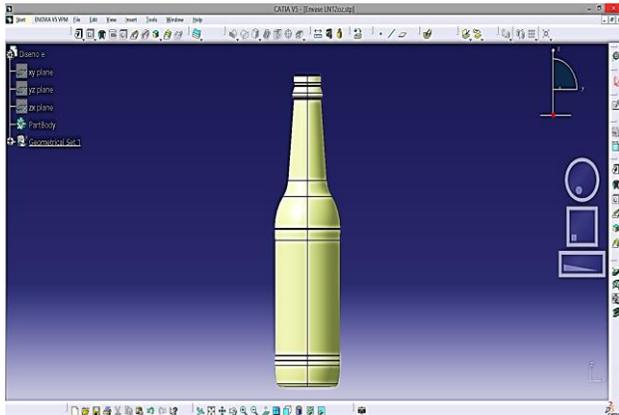


Figura 1 Diseño del envase en tres dimensiones

Para la simulación numérica con el software se realizaron las siguientes actividades:

1. Creación de base de datos.
2. Importar geometría.
3. Creación de mallado.
4. Aplicar restricciones.
5. Aplicación de Presión.
6. Selección de Materiales vidrio (Módulo de Young, Relación de Poisson).
7. Tipo de análisis.
8. Procesamiento de datos.
9. Resultados.

Análisis

Para el análisis fue necesario tener los siguientes datos:

No. De Muestra
 Espesor de pared 0.083”
 Presión sometida 145 psi
 Esfuerzo circunferencial máximo
 Resultado del análisis numérico.

Se realizaron varias una total de siete corridas con en análisis numérico donde se fueron aumentando diferentes presiones como se muestra en la siguiente tabla 1.

Muestra	Espesor de pared en pulgadas	Presion sometida (psi)	Esfuerzo circunferencial maximo en (psi)	Análisis Numérico esfuerzo máximo (psi)
12	0.083"	145	2260	2264.70
1	0.083"	200	3117	3123.73
2	0.083"	220	3429	3436.10
5	0.083"	250	3896	3904.66
13	0.083"	300	4675	4685.60
4	0.083"	320	4987	4997.97
16	0.083"	350	5455	5466.53

Tabla 1 Datos del esfuerzo Circunferencial versus analisis numérico

En la figura 2 se muestra el resultado de la simulación numérica y también se identifica las áreas más críticas, donde se observa el acumulamiento del esfuerzo máximo y se identifica de color rojo.

Presión sometida 145 psi (pound per square inch).

Espesor de pared 0.083”

Resultado del esfuerzo circunferencial máximo 3123.73 psi.

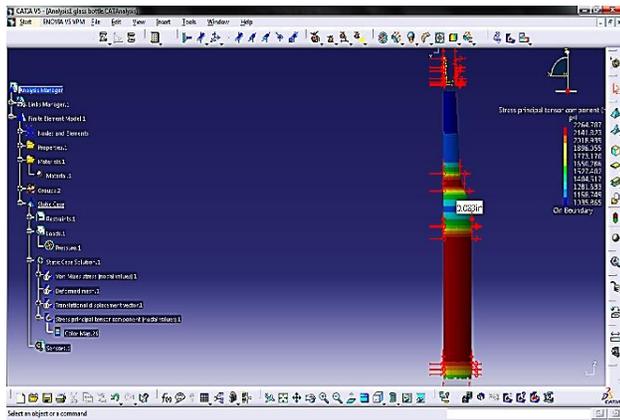


Figura 2 Resultado del analisis presion sometida a 2264.70psi

Figura 3 presión sometida: 350 psi (pound per square inch).

Espesor de pared 0.083”

Resultado del esfuerzo circunferencial máximo 5466.53psi.

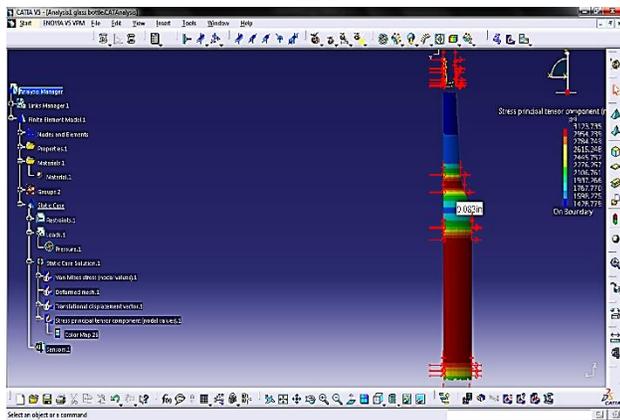


Figura 3 Analisis presion sometida 3123.73psi

Figura 3 Resultado del analisis presion sometida a 5466.53psi

Resultados

En la tabla 1 se muestran los resultados de los análisis de la simulación numérica, la cual fueron seleccionados 7 muestras de envases con sus respectivos valores de esfuerzos, como se puede observar todos los resultados quedaron por arriba del esfuerzo máximo de diseño y lo establecido por la Norma Mexicana para envases de vidrio.

En el Gráfico 2 se muestran la gráfica con las comparaciones del esfuerzo y la simulación numérica.

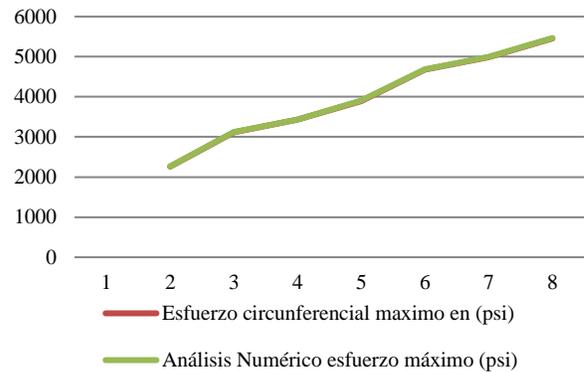


Gráfico 2 Grafica comparativa de analisis y esfuerzo

Conclusiones

Se realizó el análisis de los parámetros requeridos para la simulación del esfuerzo circunferencial en el diseño del envase usando el método del elemento finito, donde se realizaron 7 análisis utilizando diferentes presiones las cuales el envase se calculó con el mismo espesor de pared de 0.083” (2.10 mm).

Para la presión interna, la simulación se realizó en forma directa el mencionado Software; La correlación de datos que se compararon con el esfuerzo del análisis versus la expresión matemática del esfuerzo circunferencial dando un promedio de diferencia del 1% de confiabilidad.

Referencias

NMX-EE-032-1983, Norma Mexicana. "Envase y embalaje-envases de vidrio para bebidas alcohólicas en general."

NMX-EE-188, Norma Mexicana. "Determinación de las dimensiones y métodos de prueba para los envases de vidrio bebida alcohólicas en general".

ASTM, Designation: C147-86. "Standard Internal Pressure Strength of Glass Containers".

Skrabec, Quentin R. Michael Owens And the Glass Industry. 2007. 978-1-58980-385-5.

Vidales Giovannetti, Ma. Dolores. El mundo del envase manual para el diseño y producción de envases y embalajes. Barcelona : Gustavo Gili, 2007. 978-84-252-2199-6.

Corrales C., Salvador. La industria del vidrio en el noreste de México. México: Redalyc, 2010.

CATIA V5 Academia
<https://academy.3ds.com/en/software/catia-v5-student-edition>