

FOTOELASTICIDAD

D. Ramírez, A. A. Camacho P.¹, F. J. Martínez S.¹

¹Universidad Tecnológica de León, León, Guanajuato, 37670, México,
adriene_mmii@yahoo.com.mx
jav_53@hotmail.com

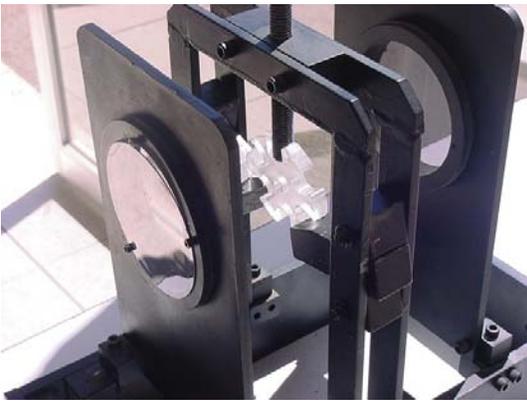
RESUMEN La finalidad de este trabajo consiste en mostrar un prototipo que describa cualitativamente los esfuerzos inducidos en un elemento mecánico (engranes, vigas etc). Actualmente, las técnicas de análisis experimental de esfuerzos se aplican extensamente en el establecimiento de criterios de diseño, mejoramiento de la confiabilidad de un producto, o en la reducción del peso y el costo de los mismos. La necesidad de estas técnicas ha sido creada por los avances tecnológicos actuales, y por el mercado extremadamente competitivo. Estas presiones han forzado la búsqueda de herramientas y métodos que reduzcan los tiempos y costos de prueba, y que entreguen más datos experimentales. En el presente prototipo se estudia un principio óptico denominado FOTOELASTICIDAD¹, para observar los esfuerzos inducidos al aplicar una carga al elemento de prueba. Los elementos de prueba se maquinan con material birrefringente o transparente al paso de la luz, se utilizan filtros polarizadores para determinar por medio de colores las zonas de esfuerzo al cual están sometidos las piezas de prueba. Se presenta el diseño, construcción y prototipo, los cuales son económicos y fáciles de construir por estudiantes con experiencia en el maquinado de piezas mecánicas.

1. INTRODUCCIÓN

Fotoelasticidad es un método óptico de análisis experimental de esfuerzos. Consiste de examinar un modelo a escala de una estructura con luz polarizada, el material del modelo debe ser un plástico transparente teniendo ciertas propiedades ópticas especiales. De esta manera cuando se examina un sistema bajo carga como se muestra en la fotografía 1 , el modelo exhibe un patrón de franjas. El patrón de franjas puede ser analizado para proporcionar la magnitud (isocromáticas) y direcciones (isoclinicas) de los esfuerzos de todos los puntos en el modelo. El modelo de esfuerzos está a escala para proporcionar información de los esfuerzos actuales en la estructura de tamaño completo².



Fotografía. 1 Pieza de prueba (engrane) al aplicar la carga. Se observa las zonas de esfuerzo, la cual es la región identificada por colores.



Fotografía 2 y 3. Detalle completo del prototipo

2. FUNDAMENTOS DE LA FOTOELASTICIDAD.

La luz es de la misma naturaleza que las ondas electromagnéticas, diferenciándose de las de radio o de los rayos X en la longitud de onda. Esta longitud de onda está comprendida entre los 400 nm de la luz ultravioleta

y los 700 nm de la luz roja, y en un haz de luz natural o luz blanca cada onda tiene una longitud distinta. Por el contrario, si todos los rayos tienen la misma longitud de onda, el haz de luz, que adquiere un color determinado, recibe el nombre de luz monocromática.

Cuando todos los rayos de un haz de luz vibran en un mismo plano se dice que la luz está polarizada en un plano. En caso contrario, como sucede con la luz natural, se tiene una luz difusa. Algunos materiales llamados polarizadores tienen la propiedad de eliminar parte de la luz incidente de tal forma que el haz emergente vibra en un plano determinado que se llama PLANO DE POLARIZACIÓN.

Cuando un rayo luminoso de luz monocromática incide sobre la cara de un material transparente se produce el fenómeno de la refracción: el rayo cambia de dirección y varía la velocidad de propagación. Se define entonces el índice de refracción n como el cociente entre la velocidad de la luz en el vacío (c), y dentro del material (v), es decir:

$$n = \frac{c}{v} \quad (1)$$

ciertos cristales transmiten dos rayos diferentes (ordinario y extraordinario), polarizados en planos ortogonales, propagándose cada uno de ellos en el cristal con velocidades diferentes, es decir, el material presenta índices de refracción distintos para los dos rayos.

Existen muchos materiales transparentes no cristalinos que ordinariamente son ópticamente isótropos, pero se convierten en anisótropos y presentan características similares a los cristales cuando se crea en ello un estado tensional, propagando la luz a distinta velocidad en las direcciones principales de su estado tensional, de forma que se cumple la ley de Brewster:

$$n_2 - n_1 = K(\sigma_2 + \sigma_1) \quad (2)$$

siendo n_1 y n_2 los índices de refracción en las direcciones asociadas a las tensiones principales σ_1 y σ_2 respectivamente, y K una propiedad del material conocida como COEFICIENTE OPTICO DE TENSIONES. Este fenómeno recibe el nombre de DOBLE REFRACCIÓN TEMPORAL O BIRREFRINGENCIA ACCIDENTAL.

3. CONCENTRACIÓN DE TENSIONES

Cuando en un sólido existen zonas en las que se producen cambios bruscos de geometría con reducción de la sección resistente del mismo, se produce en ellas un aumento de tensión superior al explicable directamente por el hecho de que la carga externa se distribuye entre una sección menor. Este aumento inesperado de las tensiones, fenómeno que se conoce como CONCENTRACIÓN DE TENSIONES, puede explicarse en virtud del principio de Saint Venant³⁻⁴. Según este principio, el efecto de las irregularidades geométricas sólo se aprecia en sus proximidades, por lo que la tensión lejos de ellas tiende a conservar el mismo valor que tendría en una pieza regular. Por lo tanto, para que la resultante de las tensiones se mantenga igual a la carga externa es necesario que en las proximidades de una irregularidad las tensiones aumenten más de lo esperado, para compensar el menor aumento que se produce en las zonas alejadas de ella.

Las concentraciones inesperadas de tensiones son la causa del colapso de muchas estructuras y elementos de máquina, por lo que su estudio es esencial en el diseño tanto de unas como de otros.

BIBLIOGRAFÍA

1. E. Hecht, A. Zajac, OPTICS, 2nd. Ed, Addison Wesley Publishing Co.1987, pp.270, 294, 338.
2. R. Grzebieta, INTRODUCTION TO PHOTOELASTICITY, Notes supplementary to study guide for photoelasticity, Monash University, CIV2204.04 STENGTH OF MATERIALS Jan 2000, pp. 1-19.
3. R.O Davis y APS Selvadurai ELASTICITY AND GEOMECHANICS, Cambridge University Press, 1996.
4. E.E. Popov MECÁNICA DE MATERIALES, Ed. Limusa (2000)