

Evolución de la Intensidad de Píxeles para Describir la Deformación de Películas Plásticas

Pixels Intensity Evolution to Describe the Plastic Films Deformation

Juan C. Briñez-De León¹
Alejandro Restrepo-Martínez²
Francisco López-Giraldo³

-
- 1 M.Sc(e) Automatización y Control Industrial, Instituto Tecnológico Metropolitano, Medellín-Colombia
juanbrinez@gmail.com
 - 2 Grupo de Investigación en Automática, Electrónica y Ciencias Computacionales, Instituto Tecnológico Metropolitano, Medellín-Colombia
alejandromartinez@itm.edu.co
 - 3 Grupo de Investigación en Automática, Electrónica y Ciencias Computacionales, Instituto Tecnológico Metropolitano, Medellín-Colombia
franciscolopez@itm.edu.co

Resumen

Este trabajo propone una metodología para la descripción de comportamientos mecánicos en la deformación de una película plástica termodeformable utilizando técnicas para el análisis de imágenes, las cuales se basan en la evolución de las intensidades de píxeles fijos dentro de una secuencia de imágenes adquirida a través de un montaje óptico de polariscopio plano implementado alrededor de la plataforma de deformación de la película plástica. Las gráficas de la evolución de las intensidades de los píxeles y las gráficas del comportamiento mecánico de la deformación presentan zonas con comportamientos dinámicos que podrían ser asociados entre sí.

Palabras clave

Fotoelasticidad; polarización; birrefringencia; película plástica; intensidad de un píxel.

Abstract

This work proposes an approach for mechanical behavior description in the plastic film deformation using techniques for the images analysis, which are based on the intensities evolution of fixed pixels applied to an images sequence acquired through polarizing optical assembly implemented around the platform of the plastic film deformation. The pixels intensities evolution graphs, and mechanical behavior graphic of the deformation has dynamic behaviors zones which could be associated together.

Keywords

Photoelasticity; polarization; birefringence; plastic films; pixel intensity.

1. INTRODUCCIÓN

Las películas plásticas termodeformables son frecuentemente utilizadas en la industria y sometidas a condiciones extremas de temperatura y esfuerzos mecánicos en su proceso de formado. Durante el proceso de deformación, las películas plásticas experimentan cambios temporales dentro de su comportamiento mecánico y dentro de sus propiedades físicas, cambios que deben ser caracterizados en función del desempeño del material dentro del proceso industrial.

Las películas plásticas termodeformables así como los materiales anisótropos experimentan el fenómeno de birrefringencia al ser sometidas a esfuerzos y deformaciones mecánicas, tal fenómeno permite la observación de franjas de colores al ubicar la muestra dentro de un montaje óptico de polarización normalmente utilizado en estudios de fotoelasticidad, para este tipo de trabajos (Ramesh et al, 1998) propone un conjunto de técnicas que permiten la descripción de la distribución de esfuerzos en materiales birrefringentes de espesor constante sometidos a cargas fijas, ello se debe a la complejidad de la relación entre los parámetros fotoelásticos (retardo de fase, índices de refracción y espesor del material); sin embargo, aunque las películas plásticas termodeformables experimenten birrefringencia al ser sometidas a deformación mecánica, los parámetros fotoelásticos son variables durante el proceso, limitando de esta forma para estos trabajos la aplicación de las técnicas propuestas en estudios de fotoelasticidad.

Como una técnica inicial para la caracterización de la deformación de películas plásticas termodeformables (Briñez et al, 2013) proponen analizar las imágenes capturadas durante la deformación de la película plástica, observada a través de un montaje óptico de polarización, para ello implementan métricas de similitud que describen de manera general los cambios que experimentan las imágenes a lo largo del proceso de deformación; aunque en el trabajo logran asociar zonas del comportamiento mecánico de la deformación con zonas de los cambios globales de las imágenes, no se hace un análisis que tenga en cuenta el comportamiento espacial de los colores a nivel interno de la imagen, es decir, no se contempla la posibilidad que la asociación de los resultados pre-

senten comportamientos distintos dependiendo del punto de observación.

En este trabajo se presenta un análisis comparativo de los cambios que experimentan las intensidades de los píxeles en diferentes ubicaciones de la secuencia de imágenes para describir el comportamiento mecánico de material en este tipo de observación. El fenómeno óptico que ocurre durante la deformación de la película plástica es observado mediante la implementación de un montaje de polariscopio plano, como fue propuesto en (Briñez et al, 2013).

2. METODOLOGÍA

La adquisición de las imágenes está basada en la observación de franjas de color a través de montajes ópticos de polarización, que se generan durante el proceso de deformación; es por ello que la metodología de este trabajo es orientada desde dos fenómenos de la película plástica cuando es sometida a deformación, el primero se refiere al comportamiento mecánico y el segundo se refiere al comportamiento óptico. El procesamiento y análisis de las imágenes se presenta como un tercer tópico de la metodología.

2.1 Montaje de Deformación de la Película Plástica

Para las pruebas de deformación son utilizadas muestras de películas plásticas multicapas termodeformables de 90 micras de espesor empleadas en el sector industrial para el empaqueo de productos alimenticios. Para este estudio se utilizaron muestras longitudinales de la película plástica, las cuales corresponden a la dirección de extrusión de las mismas, en trabajos posteriores se analiza el comportamiento en diferentes direcciones con respecto a la dirección de extrusión del material.

Las películas son deformadas a tracción en una máquina universal de referencia Shimadzu AGX de 100 kNewton. Las muestras son deformadas en dirección longitudinal a la extrusión del material, propuesto en (Briñez et al, 2013). Los parámetros para la realización de la prueba de deformación se establecen según la

Norma D882-10, 2010, configurando una longitud para la muestra de 15 cm y una velocidad de deformación de 25 mm/min.

La tracción de la muestra es efectuada por el desplazamiento de la mordaza superior que la sujeta, la mordaza inferior se mantiene fija durante la deformación. La máquina de tracción sensa el comportamiento de la fuerza a una tasa de muestreo constante, la cual es ajustada a la velocidad con la que la cámara del montaje óptico captura las imágenes. La deformación de una película plástica exhibe una curva característica de esfuerzo, en donde al inicio del proceso se requiere de un incremento rápido de fuerza para lograr el punto de fluencia del material, lo indica el paso de la etapa elástica a la etapa plástica, como se presenta en la Fig. 1 (Sallen et al, 2012).

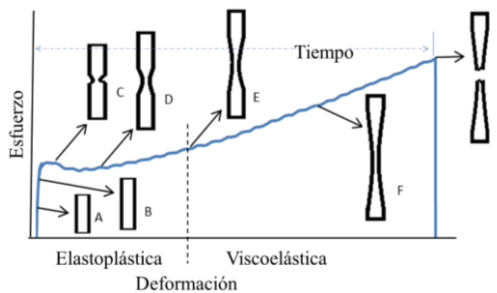


Fig. 1. Curva característica de la deformación de una película plástica

En el punto 'A', y punto 'B' de la figura anterior, no se presentan cambios en la sección transversal de la película plástica, pero se presentan incrementos de esfuerzos en cortos instantes de tiempo, esta zona es identificada como zona de comportamiento elástico. El punto 'C' de la gráfica muestra el punto de fluencia que demarca la transición entre la zona elástica y la zona plástica, a partir de esta zona el área de la sección transversal de la muestra presenta cambios, en esta zona el esfuerzo se reduce por la disminución de la fuerza aplicada. La zona comprendida entre el punto 'E' y el punto 'G' corresponde al comportamiento viscoelástico de la deformación del material; en el punto 'G' se logra la rotura de la muestra. Para el análisis de los resultados en este trabajo los datos de la deformación son divididos en dos etapas, la primera está comprendida entre el punto 'A' y el punto 'E', la cual hace

referencia a la zona donde el esfuerzo presenta rápidas variaciones, es por ello que la hemos denominado como zona de cambios rápidos; de igual forma para la zona comprendida entre el punto 'E' y el punto 'G', la cual hemos denominado zona de cambios graduales.

2.2 Comportamiento Óptico de la Película Plástica

Los colores que se generan por la transmisión de la luz a través de materiales birrefringentes sometidos a esfuerzos se deben a la relación que existe entre el retardo de fase, el espesor del material y los índices de refracción, como se presenta en (1).

$$\delta = h(n_1 - n_2) \quad (1)$$

Donde ' δ ' es el retardo, ' h ' es el espesor del material y ' $n_1 - n_2$ ' representan los índices de refracción del material. Aunque en estudios de fotoelasticidad utilizan diversos montajes de polariscopios, en este trabajo el montaje de polarización utilizado se basa en un polariscopio plano, el cual facilita su configuración debido a que contienen un menor número de elementos ópticos (Dijkstra et al 2010).

Un polariscopio plano generalmente está conformado por una fuente de iluminación seguida de un elemento polarizador, luego se ubica la muestra birrefringente seguida de un segundo elemento polarizador, por último se ubica el elemento de observación; la intensidad de la luz para éste tipo de montajes puede ser representada a través de (2).

$$I = I_m[1 - \text{sen}^2(2\theta)\text{sen}^2(a\delta)] \quad (2)$$

Donde ' I_m ' representa la máxima intensidad transmitida por la fuente de iluminación, ' θ ' es el ángulo de rotación entre los ejes de los polarizadores y ' $a\delta$ ' está en función del retardo de fase. En éste trabajo el ángulo de rotación ' θ ' es girado 90° para obtener mayor intensidad (Ramesh et al, 1997). La Fig. 2 presenta un esquema del montaje óptico utilizado.

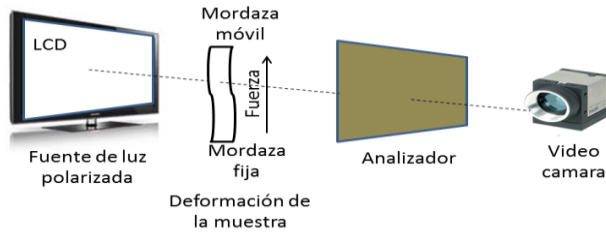


Fig. 2. Esquema del montaje de polariscopio plano

Para el montaje óptico implementado en éste trabajo la fuente de iluminación y el primer elemento polarizador son remplazados por una pantalla LCD, la cual emite la luz directamente polarizada; como muestra birrefringente se utiliza la película plástica sometida a deformación.

2.3 Captura y Procesamiento de Imágenes

Las condiciones de brillo y contraste de la pantalla utilizada como fuente de iluminación se mantuvieron constantes, además se restringió el paso de luz ambiente en el área de trabajo. Las imágenes fueron adquiridas mediante la grabación de un video utilizando la cámara THORLABS DCU 224C, que permite grabación a color, resolución de 1280x1024 pixeles, configurada a una velocidad de grabación de 20 fps, el video posteriormente es descompuesto en una secuencia de imágenes.

El punto de observación de la cámara fue sobre la sección del material sujeto a la mordaza fija. Para el análisis comparativo de las imágenes desde diferentes puntos de observación, se selecciona un conjunto de 9 puntos fijos a través de la superficie de la imagen dentro de la secuencia, creando por cada punto una secuencia de datos por cada canal de color RGB y en niveles de gris; la ubicación de los pixeles se hizo teniendo en cuenta que abarcara de manera general la superficie de la imagen. La Fig. 3 presenta una imagen adquirida en el proceso de deformación, y sobre ella se observa los puntos de los pixeles a evaluar.

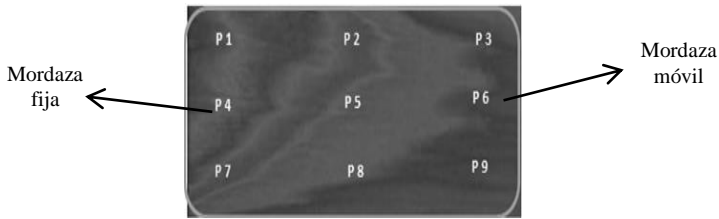


Fig. 3. Puntos de observación de los cambios de intensidad en imagen adquirida durante la deformación del material plástico

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Comportamiento Mecánico de la Deformación

Aunque la máquina tiene una capacidad de aplicar 100KN de fuerza para ejercer la deformación y la fuerza máxima para el material en estudio es de 60 N, se pueden observar las diferentes regiones características de este tipo de plásticos, de tal forma que los datos entregados son confiables para realizar un análisis óptico de la muestra. El esfuerzo de la película plástica está asociado al área de la sección transversal de la muestra, que en este caso presenta cambios conforme se desarrolla la prueba. Debido a esto es necesario aplicar las correlaciones de los datos sobre las curvas de fuerza y no sobre las curvas de esfuerzos.

La gráfica del comportamiento de la fuerza muestra que para éste tipo de materiales se logra el punto de fluencia a los 30 Newton y que la rotura de la muestra se logra a los 60 Newton aproximadamente. Debido a que el muestreo de los datos de la fuerza durante el proceso de deformación son muestreados a intervalos constantes ajustados a la velocidad de captura de la cámara, el eje horizontal de la gráfica se presenta en función del número de muestras.

En la gráfica del comportamiento mecánico se marca la transición entre el comportamiento elastoplástico que corresponde a la zona donde los datos cambian de forma rápida, y el comportamiento viscoelástico que corresponde a la zona donde los datos presentan cambios graduales. La Fig. 4 presenta el comportamiento de la

fuerza en función del número de muestras durante la deformación de una película plástica.

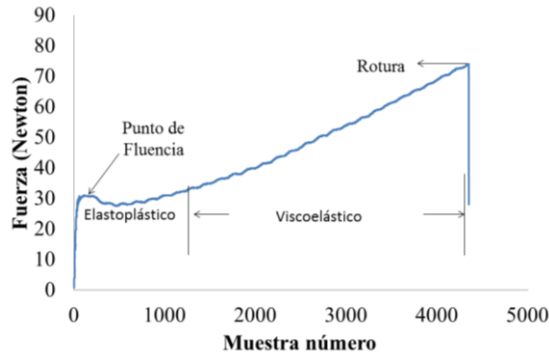


Fig. 4. Comportamiento de la fuerza en la deformación de una película plástica de 90 micras de espesor

3.2 Evolución de las Intensidades en los Píxeles

Las dimensiones de las imágenes adquiridas en el proceso de deformación son de 1280x1024 píxeles, que al extraer de la imagen la información relevante se generan nuevas imágenes de dimensiones de 140x570 píxeles. La Fig. 5 presenta un ejemplo de imágenes extraídas de la secuencia.

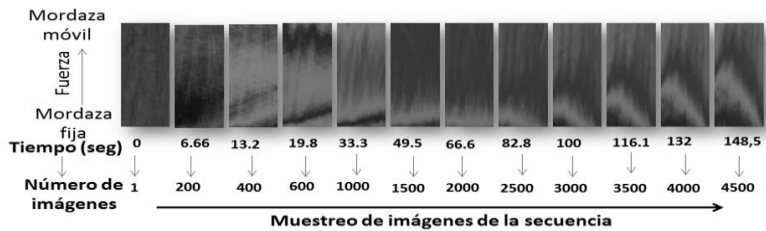


Fig. 5. Ejemplo de imágenes de la secuencia adquirida durante la deformación de la película plástica

Al inicio del proceso se observa en la secuencia de imágenes que los colores cambian de intensidades sobre toda la superficie y que después de un determinado tiempo esos cambios de intensidades

convergen a la formación de franjas que aumentan de tamaño y se desplazan desde el extremo de la mordaza fija hacia el extremo de la mordaza móvil. La Fig. 6 presenta la evolución de la intensidad de los píxeles asociados a tres de los puntos de análisis (punto 2, punto 4 y punto 9) desde cada canal de color RGB y desde la escala de grises; en la gráfica también se presenta el promedio de la evolución de las intensidades de los puntos para tener una aproximación del comportamiento espacial de las intensidades sobre toda la superficie de la imagen.

En la evolución de las intensidades se observan dos zonas, en la primera las intensidades oscilan de forma rápida y en la segunda se observan cambios graduales asociados a la formación de las franjas dentro de la secuencia de imágenes.

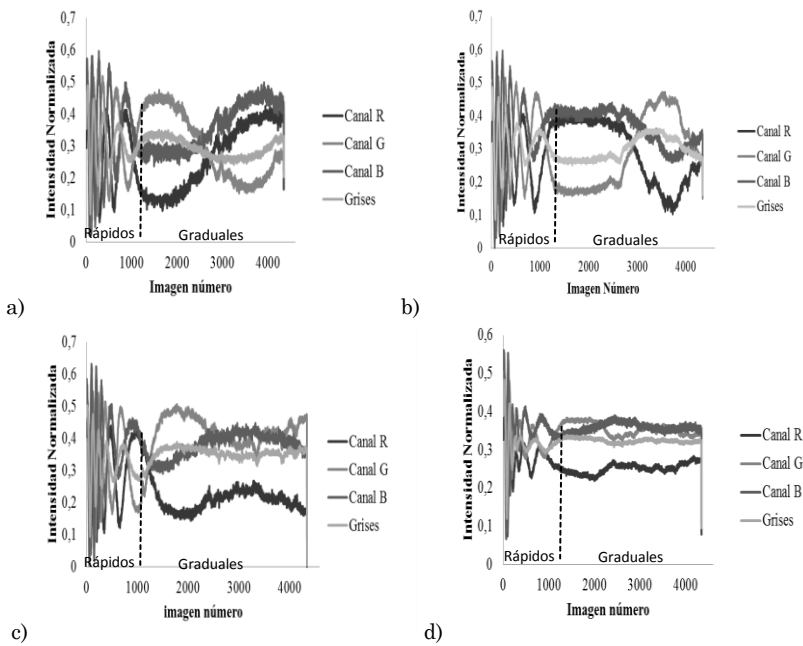


Fig. 6. Evolución de las intensidades en puntos fijos, graficados en función del número de imágenes. a) punto 2, b) punto 4, c) punto 9, d) promedio de los puntos

Las evoluciones de las intensidades de los píxeles desde diferentes puntos de observación además de describir un comporta-

miento espacial, también muestran que la película plástica experimenta comportamientos ópticos no homogéneos sobre toda su superficie, como se presentó en las Fig. 6a, 6b, 6c. En la Fig. 6d se observó que el promedio de las intensidades para los puntos de observación permite identificar con mayor claridad las dos zonas de comportamiento descritas anteriormente.

Debido a que las evoluciones de las intensidades presentan fuertes oscilaciones en la primera zona del proceso de deformación, el coeficiente de correlación lineal entre todos los datos del comportamiento de la fuerza y cada una de las evoluciones de las intensidades presentan resultados con bajas correlaciones, lo que conlleva a correlacionar sólo la zona de datos que presentan cambios graduales. La tabla contiene la correlación entre el comportamiento mecánico y la evolución de la intensidad para los nueve puntos de observación y el promedio entre ellos, desde cada canal de color RGB y en escala de grises.

Tabla 1. Coeficientes de correlación entre el comportamiento de la fuerza y las intensidades de un pixel (Zona de cambios graduales)

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	Prom
R	-0.22	0.96	-0.29	-0.84	0.57	0.33	0.49	0.26	0.35	0.69
G	-0.30	-0.83	0.63	0.75	-0.83	0.25	-0.46	-0.08	-0.45	-0.50
B	-0.37	0.93	-0.67	-0.84	0.44	-0.13	0.56	-0.09	0.52	-0.01
Gris	-0.68	-0.45	0.68	0.57	-0.90	0.53	-0.40	-0.01	-0.38	-0.30

De la tabla anterior se infiere que cada punto de observación provee una asociación diferente entre la evolución de las intensidades y el comportamiento mecánico; por otro lado se puede decir que el punto dos 'P2' contiene el comportamiento de la intensidad que mejor se asocia al comportamiento mecánico de la deformación, seguido por el punto 'P4' y posteriormente el punto 'P5' en niveles de gris; de la tabla se observa también que aunque el promedio de los pixeles permite visualizar la transición entre la zona de los cambios rápidos con la zona de cambios graduales, sus resultados de correlación no permiten hacer una mejor asociación entre los datos del comportamiento mecánico y los datos del comportamiento óptico, como lo muestran algunos puntos analizados de forma individual. Debido a que los puntos que mejor correlación

presentan se encuentran en el centro de la imagen, en el sector donde se concentran las franjas de color, podría ser posible que la presencia de dichas franjas afecte la asociación del comportamiento óptico y el comportamiento mecánico del material plástico.

4. CONCLUSIONES

Las técnicas aplicadas para el análisis de las imágenes basadas en estudios de la evolución de los píxeles en puntos fijos de observación permiten describir y evidenciar fenómenos que están relacionados con la aplicación de las cargas para la deformación de las películas plásticas utilizadas en este trabajo; de tal análisis se obtiene que el material plástico analizado presenta comportamientos ópticos no homogéneos sobre toda su superficie, es decir, que la película plástica presenta comportamientos ópticos diferentes desde diferentes puntos de la imagen.

La primera zona identificada en el proceso de deformación presenta fuertes oscilaciones en las intensidades de color que se deben a los cambios de intensidades e la superficie de la imagen; la segunda zona identificada presenta cambios graduales que obedecen a la formación y desplazamiento de franjas de color dentro de las imágenes.

Aunque la evolución de las intensidades para el análisis de las imágenes apuntan a la descripción del comportamiento temporal y espacial del fenómeno de fotoelasticidad, se puede inferir de los resultados obtenidos que los puntos observación 'P2' y 'P4' son los que mayor correlación presenta desde los canales de color RGB; que el punto 'P5' es el que mejor correlación presenta para la comparación en niveles de gris. Lo anterior se puede entender analizando las fuerzas punto a punto que alteran la forma del material y que producen un adelgazamiento del material en su centro.

5. REFERENCIAS

Briñez, A. Martínez, F. López. (2013). Métricas de Similitud Aplicadas para Análisis de Imágenes de Fotoelasticidad. *Dyna*, vol 79, pp 42-50.

- Dijkstra, B. Wout. (2010). New Method of Full-Field Stress Analysis and Measurement Using Photoelasticity. ScienceDirect, vol 33, pp 469-48.
- D882-10. (2010)Standard Test Method forTensile Properties of Thin Plastic Sheeting. ASTM, marzo 28.
- Ramesh, S. K. Mangal (1997). Data Acquisition Techniques In Digital Photoelasticity. Elsevier, Vol. 30, No. 1, pp. 53-75.
- Sallem-Idrissi, V. Miri, A. Marin, R. Seguella, J.-M. Lefebvre, P. Krawczak, M.-F. (2012). Lacrampe. The role of strain-induced structural changes on the mechanical behavior of PA6/PE multilayer films under uniaxial drawing. Polymer, vol 53, pp 5336-5346.