ME-NETT 25
The 25th Conference of the Mechanical Engineering Network of Thailand

AMM20

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 25
19 - 21 ตุลาคม 2554 จังหวัดกระบี่

การใช้แผ่นกระจายแสงแบบให้แสงที่ขอบด้วยหลอดไดโอดเปล่งแสง เพื่อการส่องสว่างในการวิเคราะห์ความเค้นด้วยวิธีโฟโตอิลาสติกซิตี

Use of LEDs Edge-lit Panel for Illumination in Photoelastic Stress Analysis

พิเชษฐ์ พินิจ

อาจารย์ประจำ
ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี 126 ถนนประชาอุทิศ เขตบางมด แขวงทุ่งครุ กรุงเทพมหานคร 10140
pichet.pin@kmutt.ac.th, 02-470-8526, 02-470-8527

บทคัดย่อ

ในโฟโตอิลาสติกซิตี การเกิดภาพสนามความเค้นขึ้นอยู่กับรูปร่างและสมบัติทางแสงของวัตถุหรือตัวแบบ, ระบบของภาระกรรมภายนอก และลักษณะของแหล่งกำเนิดแสงในโพลาริสโคป ความเข้มของแสงและแหล่งกำเนิดแสงมีบทบาทสำคัญต่อการออกแบบโพลาริสโคปให้มีลักษณะและศักยภาพที่หลากหลาย เช่น กะทัดรัด, ใช้พื้นที่ในการติดตั้งน้อย และประหยัดพลังงาน บทความนี้นำเสนอผลการทดลองใช้แผ่นกระจายแสงแบบให้แสงที่ขอบด้วยหลอดไดโอดเปล่งแสงเพื่อช่วยในการบันทึกภาพสนามความเค้น บทความมุ่งเน้นการศึกษาเชิงเปรียบเทียบทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณระหว่างภาพสนามความเค้นของหลอดพรีฟอร์ม และแผ่นจานกลมรับแรงเข้มกดในแนวเส้นผ่านศูนย์กลาง ที่บันทึกไว้โดยอาศัยแผ่นกระจายแสงแบบให้แสงที่ขอบกับการส่องสว่างแบบดั้งเดิม ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า แผ่นกระจายแสงแบบให้แสงที่ขอบด้วยหลอดไดโอดเปล่งแสงสามารถนำไปใช้เป็นแหล่งกำเนิดแสงในชุดโพลาริสโคปได้

คำหลัก: การส่องสว่าง, การวิเคราะห์ความเค้น, แผ่นกระจายแสง, โฟโตอิลาสติกซิตี, หลอดไดโอดเปล่งแสง

Abstract

In photoelasticity, a formation of stress field in a transparent model depends strongly on its shape and optical property, external load system, and characteristics of a light source in a polariscope. Light intensity and size of light source box play important role in designing the polariscope such that it is versatile – compact, space and energy savings. This paper presents the result of pilot testing of using LEDs edge-lit panel for illumination in the polariscope to help acquisition of stress fields. It focuses on qualitative and quantitative comparisons of the stress fields of a bottle perform, and a diametral disc under compression obtained using the LEDs edge-lit panel and the conventional illumination. The results show that those stress fields obtained using the LEDs edge-lit panel are comparable to those provided by the conventional illumination.

Keywords: Illumination, Edge-lit panel, LED, Photoelasticity, Stress analysis

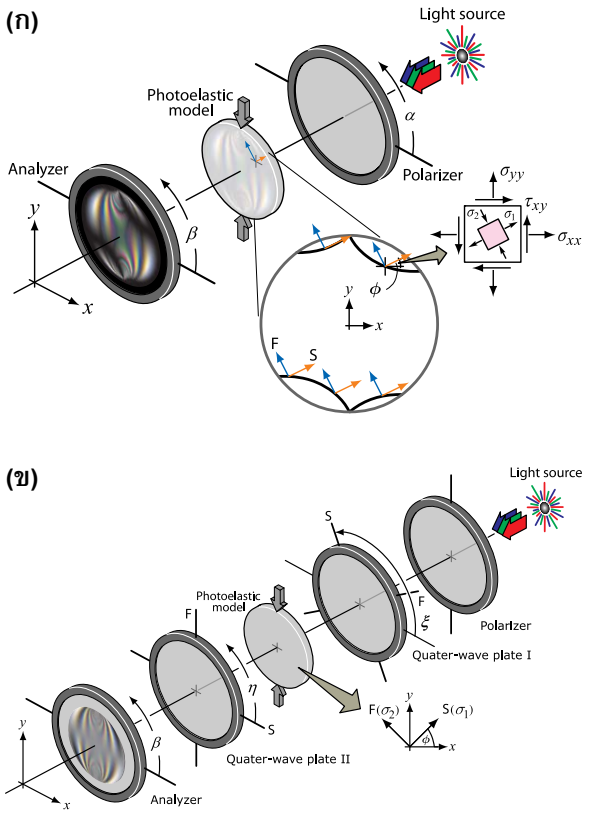
1. บทนำ

วิธีโฟโตอิลาสติกซิตีเป็นวิธีการวิเคราะห์ความเค้นเชิงทดลองที่ใช้วิเคราะห์ความเสียหายที่เกิดขึ้นกับชิ้นส่วนทางกล วิธีนี้ทำนายสภาวะความเค้นที่เกิดขึ้นในวัสดุโปร่งใสอันเนื่องมาจากภาระกรรมภายนอก โดยอาศัยสมบัติทางแสงที่เรียกว่า 'การหัก-เหซ้อน' (birefringence) ของวัสดุโปร่งแสงดังกล่าว [1] สภาวะความเค้นที่เกิดขึ้นมีลักษณะเป็นริ้ว มีรูปร่างเฉพาะแปรเปลี่ยนไปทั่วทั้งวัตถุ และสัมพันธ์กับขนาดของภาระกรรมภายนอกและรูปร่างของวัตถุ รูปร่างของริ้วที่แปรเปลี่ยนไปเรียกว่า สนามความเค้น การที่เราจะมองเห็นสนามความเค้นได้นั้นต้องอาศัยอุปกรณ์ทางแสงที่เรียกว่า โพลาริสโคป (polariscope) ซึ่งประกอบไปด้วยชิ้นส่วนสำคัญ คือ แหล่งกำเนิดแสง (light source), แผ่นโพลาไรเซอร์ (polarizer), ตัวแบบพร้อมโครงกรอบใส่ภาระกรรม (model with loading frame), แผ่นอนาไลเซอร์ (analyzer) และแผ่นเสี้ยวคลื่น (quarter-wave plate) (รูปที่ 1)

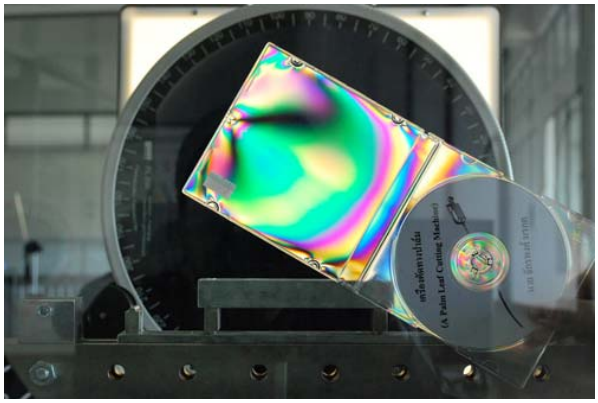
ชิ้นส่วนสำคัญที่ทำให้เรามองเห็นสนามความเค้นได้ก็คือ แหล่งกำเนิดแสง สีของริ้วในสนามความเค้นจะแปรเปลี่ยนไปตามลักษณะของแหล่งกำเนิดแสง กล่าวคือ หากแหล่งกำเนิดแสงปล่อยแสงแบบเอกรงค์ (monochromatic light) ออกมา สีของริ้วก็จะไล่เฉดสีสลับกันไประหว่างสีขาวกับสีดำ

อย่างไรก็ตาม หากแหล่งกำเนิดแสงให้แสงแบบทวิรงค์, ไตรรงค์ หรือพหุรงค์ (polychromatic light) ออกมาแล้ว สีของริ้วโดยรวม ซึ่งเกิดจากสีที่เป็นองค์ประกอบเหล่านั้นก็จะไล่เฉดสีสลับกันไป รูปที่ 2 แสดงภาพตัวอย่างของสนามความเค้นตกค้างที่เกิดขึ้นในกล่องใส่แผ่นซีดี

แหล่งกำเนิดแสงที่ใช้ในโพลาริสโคปประกอบไปด้วยต้นกำเนิดแสงและแผ่นกระจายแสง ต้นกำเนิดแสงส่วนใหญ่ที่ใช้เป็นหลอดฮาโลเจนหรือแสงเลเซอร์ (แสงเอกรงค์) และหลอดฟลูออเรสเซนต์ (แสงสีขาว) ขณะที่แผ่นกระจายแสงเป็นได้ทั้งแผ่นพลาสติกสีขาวขุ่นหรือกระจกกระจายแสง เนื่องด้วยต้นกำเนิดแสงวางอยู่ด้านหลังของแผ่นกระจายแสง เพื่อให้แสงที่ออก



รูปที่ 1 โพลาริสโคปที่นิยมใช้ในวิธีโฟโตอิลาสติกซิตี (ก) โพลาริสโคปแบบแสงโพลาไรซ์ระนาบ (plane polariscope) [2,3] และ (ข) โพลาริส-โคปแบบแสงโพลาไรซ์วงกลม (circular polariscope)



รูปที่ 2 ภาพสนามความเค้นตกค้างที่เกิดขึ้นในกล่องใส่แผ่นซีดี ความเค้นตกค้างนี้เป็นผลมาจากอัตราการเย็นตัวที่ไม่เท่ากัน ภาพนี้ถ่ายไว้ด้วยกล้องดิจิทัล DSLR Nikon D60 กับชุดโพลาริสโคปมาตรฐานขนาดใหญ่ [3]

มามีความนุ่มนวลและกระจายทั่วทั้งแผ่นเท่า ๆ กัน ระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดแสงกับแผ่นกระจายแสงจึงเป็นปัจจัยสำคัญต่อความนุ่มนวลของแสงกล่าวคือ หากต้นกำเนิดแสงอยู่ใกล้แผ่นกระจายแสงมากเกินไป จะทำให้ภาพสนามความเค้นมีการกระจายตัวของริ้วสีที่ไม่ต่อเนื่องและมีลักษณะของสีอิ่มตัว (saturated color) ปรากฏขึ้นทันที [3] ซึ่งจะส่งผลต่อการวิเคราะห์ความเค้นในลำดับถัดไป หากต้นกำเนิดแสงอยู่ห่างจากแผ่นกระจายแสงหรือแผ่นเกลี่ยแสงมากเกินไป ก็จะทำให้แสงมีความนุ่มนวลแต่ความสว่างของแสงจะลดลง ซึ่งส่งผลต่อความสว่างของภาพสนามความเค้นและการวิเคราะห์ความเค้นในลำดับถัดไปเช่นกัน นอกจากผลกระทบที่กล่าวข้างต้นแล้ว ระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดแสงกับแผ่นกระจายแสงยังทำให้ต้องใช้พื้นมากในการวางแหล่งกำเนิดแสง ซึ่งประกอบไว้เป็นชุด

จากปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยเล็งเห็นว่า หากสามารถสร้างหรือดัดแปลงแหล่งกำเนิดแสงที่ให้ความนุ่มนวลของแสงและลดการใช้พื้นที่ในการวางลงแล้ว ก็จะทำให้ได้โพลาริสโคปที่มีความกะทัดรัด อันจะเป็นแนวทางการพัฒนาโพลาริสโคปแบบพกพาในอนาคต นอกจากนี้ยังเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในการสร้างชุดแหล่งกำเนิดแสง เนื่องด้วยสามารถลดจำนวนชิ้นส่วนที่ต้องใช้ในการสร้างลง และยังเป็นการเสริมศักยภาพงานวิจัยทางด้านโฟโตอิลาสติกซิตีเพื่อการประยุกต์ใช้ทางอุตสาหกรรมและทางการเรียนการสอนอีกด้วย หากเราสามารถสร้างโพลาริสโคปขึ้นใช้เองได้

บทความฉบับนี้นำเสนอผลการใช้แผ่นกระจายแสงแบบให้แสงที่ขอบด้วยหลอดไดโอดเปล่งแสงในการให้แสงสว่าง เพื่อการมองหรือบันทึกภาพสนามความเค้น อีกทั้งยังนำเสนอผลการเปรียบเทียบเชิงคุณภาพและปริมาณระหว่างภาพสนามความเค้นที่ได้จากต้นกำเนิดแสงที่เป็นหลอดไดโอดเปล่งแสงข้างต้นกับที่เป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์

2. โพลาริสโคป

โพลาริสโคปที่ใช้ในวิธีโฟโตอิลาสติกซิตีสามารถแบ่งได้สองแบบตามลักษณะของแสงและชิ้นส่วนทางแสง หากจะแบ่งตามลักษณะของแสงที่เคลื่อนตัวเข้าสู่ตัวแบบ จะแบ่งย่อยได้สองแบบ: โพลาริสโคปแบบแสงโพลาไรซ์ระนาบ และแบบแสงโพลาไรซ์วงกลม (ดูรูปที่ 1) แต่หากจะแบ่งตามลักษณะขององค์ประกอบในโพลาริสโคปแล้ว จะแบ่งได้สองแบบเช่นกัน กล่าวคือ โพลาริสโคปแบบใช้เลนส์จัดแสง (collimating lens type polariscope) และ โพลาริสโคปแบบแสงกระจาย (diffuse light polariscope) อย่างไรก็ตาม ไม่ว่าจะจัดแบ่งในลักษณะใดก็ตาม โพลาริสโคปที่แบ่งย่อยแบบหนึ่งก็จะเป็นโพลาริสโคปที่แบ่งย่อยอีกแบบหนึ่งเสมอ เช่น โพลาริสโคปแบบแสงกระจายจะเป็นได้ทั้งโพลาริสโคปแบบแสงโพลาไรซ์ระนาบและแบบแสงโพลาไรซ์วงกลม

โพลาริสโคปแบบแสงกระจายเป็นที่นิยมใช้มากกว่าโพลาริสโคปแบบใช้เลนส์จัดแสงเพื่อแสดงภาพสนามความเค้น โพลาริสโคปแบบแสงกระจายมีข้อดีเหนือกว่าแบบใช้เลนส์จัดแสงหลายประการ เช่น ราคาถูกกว่า, ใช้พื้นที่ในการจัดวางน้อยกว่า และผู้ทดลองสามารถมองภาพสนามความเค้นด้วยตาเปล่าได้โดยตรงปราศจากอันตราย เป็นต้น ด้วยข้อดีข้างต้นจึงทำให้ห้องทดลองหรือวิจัยทางด้านโฟโตอิลาสติกซิตีนิยมใช้โพลาริสโคปแบบแสงกระจาย

3. การจัดวางแหล่งกำเนิดแสงในโพลาริสโคป

ในทางปฏิบัติ การที่จะทำให้แสงมีการกระจายอย่างสม่ำเสมอทุกทิศทางนั้น จะใช้แผ่นกระจายแสง (ground or milk glass plate) โดยที่แผ่นกระจายแสงดังกล่าวมักจะทำมาจากแผ่นพลาสติกสีขาวขุ่นหรือกระจก แผ่นกระจายแสงจะวางอยู่ระหว่างต้นกำเนิดแสงและแผ่นโพลาไรเซอร์ ตามที่ได้กล่าวแล้วในหัวข้อที่ผ่านมาว่า ระยะห่างระหว่างต้นกำเนิดแสงกับแผ่นกระจายแสงมีผลต่อความสม่ำเสมอของแสงที่เคลื่อนที่เข้าไปยังแผ่นโพลาไรเซอร์ กล่าวคือ หากต้นกำเนิดแสงอยู่ใกล้แผ่นกระจายแสงมากเกินไป ก็จะทำให้ลักษณะของแสงที่ได้มีความเป็นรูปร่างของต้นกำเนิดแสงอย่างเห็นได้ชัด แต่หากอยู่ห่างมากเกินไปก็จะทำให้ความสว่างของแสงลดลง วิธีการแก้ปัญหาดังกล่าวสามารถทำได้โดยใช้ต้นกำเนิดแสงที่มีขนาดใหญ่ขึ้น

หรือหากใช้ต้นกำเนิดแสงขนาดเล็กก็จำเป็นต้องใช้ในปริมาณที่มากขึ้น ซึ่งก็จะก่อให้เกิดปัญหาอื่นที่ต้องคำนึงถึงตามมา เช่น พลังงานไฟฟ้าที่ต้องจ่ายให้แก่ต้นกำเนิด หรือขนาดของแผ่นกระจายแสง เป็นต้น ทุกๆ ปัญหาที่กล่าวข้างต้นล้วนเป็นการเพิ่มปริมาณชิ้นส่วนและขนาดให้แก่โพลาริสโคปทั้งสิ้น ซึ่งไม่สอดคล้องกับแนวทางของดิจิทัลโฟโตอิลาสติกซิตี ที่มีวิวัฒนาการมาจากโฟโตอิลาสติกแผนเดิม และมุ่งเน้นพัฒนาการวิเคราะห์ความเค้นให้มีความถูกต้องสะดวก และรวดเร็วโดยอาศัยคอมพิวเตอร์ [4,5]

4. การจัดวางแบบให้แสงที่ขอบ

เทคโนโลยีการจัดวางแหล่งกำเนิดแสงแบบให้แสงที่ขอบเป็นรูปแบบการจัดวางที่นิยมใช้ในการให้แสงแก่จอภาพของโทรทัศน์ยุคใหม่ การจัดวางแบบนี้อาศัยต้นกำเนิดแสงที่เป็นแถบหลอดไดโอดเปล่งแสง (LEDs array) วางไว้ด้านข้างหรือที่ขอบของแผ่นกระจายแสง (light diffuser) แสงที่ออกจากแผ่นกระจายแสงจะเคลื่อนที่ผ่านชิ้นส่วนหรืออุปกรณ์ทางแสงอื่นๆ เช่น แผ่นโพลาไรซ์ และจอภาพแอลซีดี (LCD screen) การจัดวางลักษณะนี้ทำให้โทรทัศน์มีความบางลงได้หลายระดับ

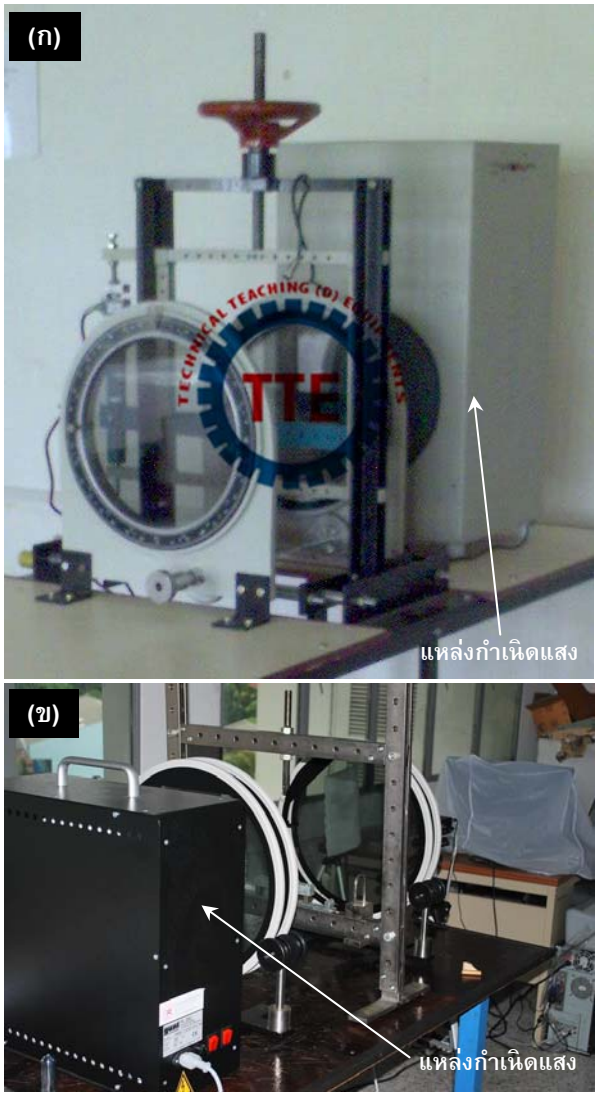
ตามข้อมูลเท่าที่ผู้วิจัยจะสามารถสืบค้นไปได้ พบว่า ยังไม่มีรายงานเชิงวิชาการใดๆ ที่แสดงถึงผลการประยุกต์ใช้การจัดวางแบบให้แสงที่ขอบเป็นแหล่งกำเนิดแสงในโพลาริสโคป ด้วยเหตุผลนี้ผู้วิจัยจึงสนใจในการประยุกต์ใช้แหล่งกำเนิดแสงในลักษณะดังกล่าวข้างต้น

5. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

5.1 โพลาริสโคปมาตรฐาน

รูปที่ 3 แสดงโพลาริสโคปมาตรฐานขนาดใหญ่ที่นิยมใช้ในห้องประลองโดยทั่วไป จากรูปที่ 3 เราจะเห็นว่า ชุดแหล่งกำเนิดแสงมีขนาดค่อนข้างใหญ่และต้องใช้พื้นที่ในการจัดวางมาก

ในการทดลอง ผู้วิจัยใช้โพลาริสโคปมาตรฐานขนาดใหญ่ ซึ่งได้จัดซื้อไว้เพื่อประโยชน์ทางการวิจัยและการเรียนการสอน (รูปที่ 3ข) โพลาริสโคปดังกล่าวเป็นแบบแสงกระจาย และสามารถจัดให้เป็นได้

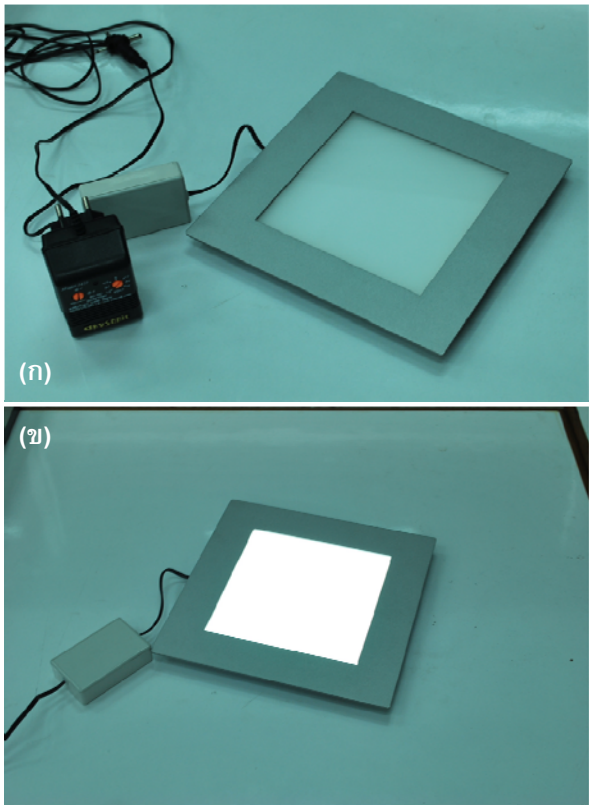


รูปที่ 3 โพลาริสโคปมาตรฐานที่มีแผ่นโพลาไรซ์, แผ่นเสี้ยวคลื่น และแผ่นอนาไลเซอร์ขนาดใหญ่จาก (ก) ผู้ผลิตต่างประเทศ [6] และ (ข) ห้องประลองของผู้วิจัยเอง ซึ่งได้จัดซื้อไว้เพื่อประโยชน์ในงานวิจัยทางด้านโฟโตอิลาสติก-ซิตี และการเรียนการสอน

ทั้งแบบแสงโพลาไรซ์ระนาบหรือแสงโพลาไรซ์วงกลม โดยหากต้องการให้เป็นแสงโพลาไรซ์ระนาบแล้วสามารถปรับเปลี่ยนได้โดยง่ายด้วยการยกแผ่นเสี้ยวคลื่นทั้งสองแผ่นออกจากระบบโพลาริสโคป

5.2 แผ่นกระจายแสงแบบให้แสงที่ขอบ

รูปที่ 4 แสดงแผ่นกระจายแสงแบบให้แสงที่ขอบที่ผู้วิจัยได้สั่งซื้อจากตัวแทนจำหน่ายทั่วไปผ่านทางระบบอินเทอร์เนต

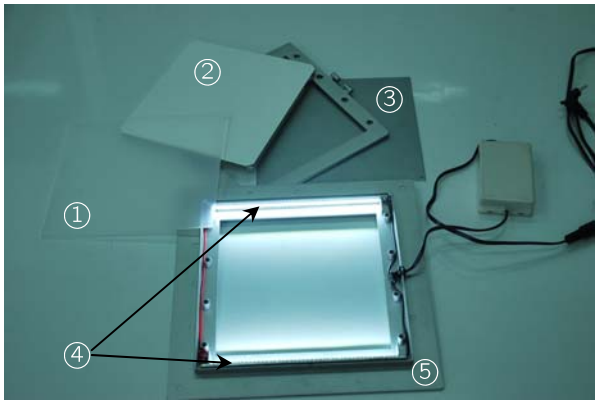


รูปที่ 4 แผ่นกระจายแสง (ก) ขณะยังไม่ทำงาน และ (ข) ขณะทำงาน

โครงกรอบด้านหน้ามีขนาด 20 cm × 20 cm, หนาสุทธิ 1.2 cm และพื้นที่เปล่งแสงหรือส่องสว่าง (รูปที่ 4 ข) มีขนาด 13 cm × 13 cm หลอดไดโอดเปล่งแสงทำงานด้วยแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 12 V โดยแปลงจากไฟฟ้ากระแสสลับ 220 V ด้วยหม้อแปลงขนาดเล็ก

รูปที่ 5 แสดงองค์ประกอบของแผ่นกระจายแสงแบบให้แสงที่ขอบ ซึ่งประกอบไปด้วยแถบหลอดไดโอดเปล่งแสงสีขาว แผ่นพลาสติกเกลี่ยแสง แผ่นพลาสติกกระจายแสง ซึ่งมีความหนาประมาณ 5 mm และแผ่นเหล็กปิดด้านหลังพร้อมโครงกรอบสำหรับยึดแผ่นปิดด้านหลังเข้ากับตัวโครงกรอบด้านหน้า

หลอดไดโอดเปล่งแสงจะถูกวางไว้ที่ขอบของแผ่นกระจายแสงทั้งสองด้าน ส่วนขอบอีกสองด้านที่เหลือและด้านหลังของแผ่นกระจายแสง จะมีแผ่นสะท้อนแสงปิดทับไว้ เพื่อให้แสงสะท้อนออกอีกด้านหนึ่งขณะทำงาน แสงจากหลอดไดโอดเปล่งแสงจะเคลื่อนที่เข้าไปในแผ่นกระจายแสงผ่านทางขอบทั้งสองด้าน



รูปที่ 5 ส่วนประกอบของแผ่นกระจายแสง ขณะไดโอดเปล่งแสงกำลังทำงาน โดยที่ชิ้นส่วนหมายเลข ① คือ แผ่นพลาสติกเกลี่ยแสง, ② คือ แผ่นพลาสติกกระจายแสง, ③ คือ แผ่นเหล็กปิดด้านหลังและโครงกรอบยึดแผ่นปิดด้านหลัง, ④ คือ แถบหลอดไดโอดเปล่งแสงสีขาว และ ⑤ คือ โครงกรอบด้านหน้า

แสงจะเคลื่อนที่สะท้อนไปมาภายในแผ่นกระจายแสงและจะสะท้อนออกทางด้านหน้า (ด้านที่ไม่ได้ปิดแผ่นสะท้อนแสง) ผ่านแผ่นเกลี่ยแสง ซึ่งก็ทำให้ได้ลักษณะการส่องสว่างดังรูปที่ 4ข

5.3 วิธีการทดลอง

ในการทดลองผู้วิจัยได้บันทึกภาพสนามความเค้นตกค้างในหลอดพรีฟอร์ม และภาพสนามความเค้นที่เกิดขึ้นในตัวแบบแผ่นจานกลมรับแรงเข้มกดในแนวเส้นผ่านศูนย์กลาง การทดลองอาศัยชุดโพลาริสโคปขนาดใหญ่ (รูปที่ 3ข) โดยใช้แหล่งกำเนิดแสงดั้งเดิมที่ติดตั้งอยู่ในชุดโพลาริสโคป และแผ่นพลาสติกกระจายแสง (รูปที่ 4ข) กล้องบันทึกภาพที่ใช้เป็นกล้องซีซีดี (Charge- Coupled Device camera, CCD camera) (รูปที่ 6) ที่มีแผ่นรองรับภาพหรือแสง 3 แผ่น สำหรับสีแดง เขียว และน้ำเงิน ซึ่งทำงานผ่านการควบคุมโดยโปรแกรมบนเครื่องคอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ

6. ผลการทดลอง

6.1 ภาพสนามความเค้นของหลอดพรีฟอร์ม

รูปที่ 7 แสดงภาพสนามความเค้นตกค้างที่เกิดขึ้นในหลอดพรีฟอร์มเพื่อทำขวดหรือบรรจุภัณฑ์เครื่องดื่ม

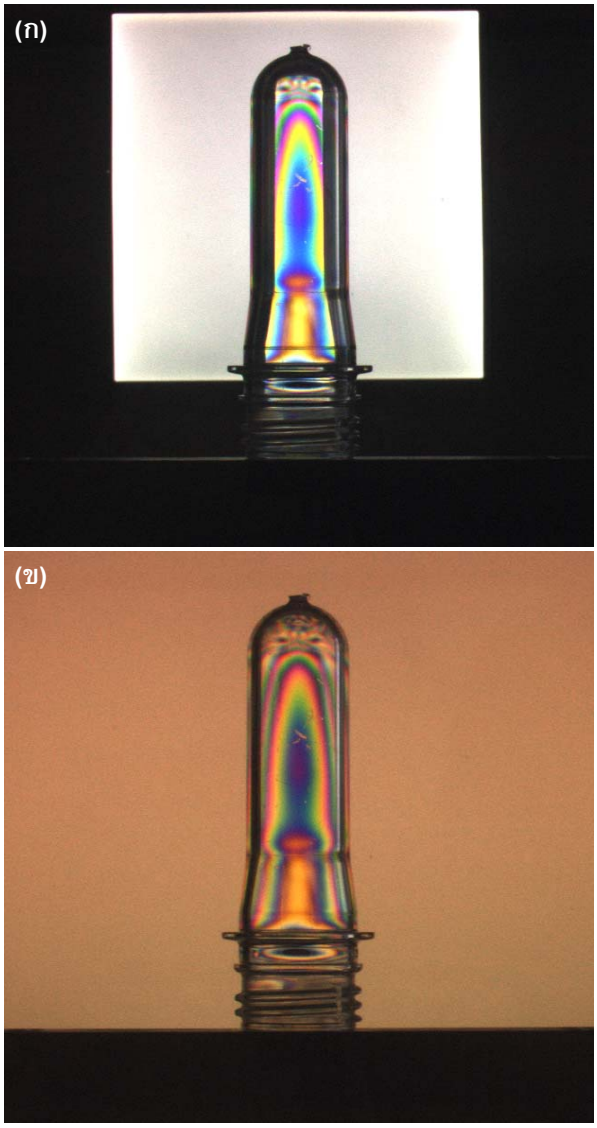
รูปที่ 6 กล้องซีซีดีที่ผู้วิจัยใช้ในการบันทึกภาพสนามความเค้นควบคู่กับโพลาริสโคปมาตรฐานในรูปที่ 3ข

เช่น น้ำดื่ม หรือน้ำอัดลม

จากภาพสนามความเค้นในรูปที่ 7 จะเห็นได้ว่าความสว่างของแหล่งกำเนิดแสงมีความแตกต่างกัน โดยแสงที่เปล่งออกมาจากแผ่นกระจายแสงแบบให้แสงที่ขอบนั้นมีความเป็นสีขาวมากกว่าแบบดั้งเดิม จากการที่ผู้วิจัยสังเกตด้วยตาเปล่า พบว่า แผ่นเกลี่ยแสงที่ใช้ในแหล่งกำเนิดแบบดั้งเดิมจะมีความทึบแสงมากกว่าแผ่นเกลี่ยแสงหมายเลข ① ในรูปที่ 5 ซึ่งเป็นผลให้ความสว่างของแสงแตกต่างกัน

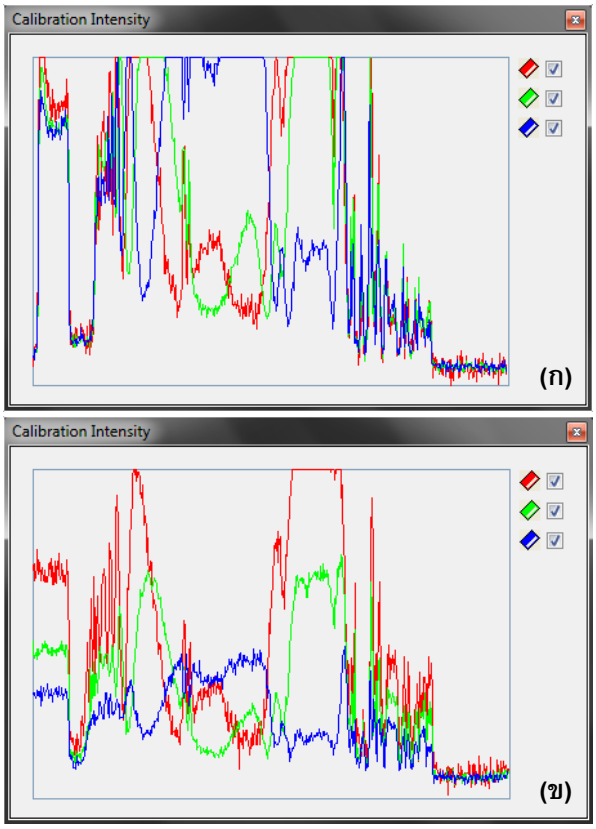
พิจารณาลักษณะของริ้วสี จะพบว่า มีลักษณะที่คล้ายคลึงกัน แต่ค่าสียังคงมีความแตกต่างกันอยู่บางส่วน ที่ปลายโค้งด้านบนของหลอดพรีฟอร์ม ซึ่งเป็นจุดที่ฉีดน้ำพลาสติกเข้าสู่แม่แบบ (mold) ริ้วสีมีความปั่นป่วนมากกว่าบริเวณที่ห่างออกจากจุดฉีด ลักษณะดังกล่าวส่งผลต่อความเสียหายของหลอดพรีฟอร์มเมื่อถูกนำไปเป่าขึ้นรูปขวดในแม่แบบ

จากการกระจายตัวของความเข้มแสงตามแนวเส้นตั้งที่ลากผ่านกึ่งกลางภาพสนามความเค้น (รูปที่ 8) ซึ่งได้มาจากโปรแกรมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น [7] จะเห็นได้ว่ามีความแตกต่างกัน กล่าวคือ การกระจายตัวของความเข้มแสงของภาพในรูปที่ 7ก มีภาวะความอิ่มตัวของสี (saturation) มากกว่าภาพในรูปที่ 7ข ลักษณะเช่นนี้เราสามารถสังเกตเห็นได้ชัดจากการที่เส้นสีต่างๆ ในรูปที่ 8ก ไปบรรจบกับขอบด้านบนของกรอบสี่เหลี่ยม



รูปที่ 7 ภาพสนามความเค้นตกค้างที่เกิดขึ้นในหลอดพรีฟอร์ม ซึ่งถ่ายไว้โดยแหล่งกำเนิดแสงแบบ (ก) แผ่นกระจายแสงแบบให้แสงที่ขอบ และ (ข) ดั้งเดิม (รูปที่ 4ข)

มากกว่าในรูปที่ 8ข ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นอาจเนื่องมาจากแผ่นกระจายแสงมีขนาดเล็ก, มีความสว่างมากกว่าแหล่งกำเนิดแสงแบบดั้งเดิมและมีตำแหน่งอยู่ใกล้กับแผ่นโพลาไรเซอร์เกินไป ซึ่งปัญหานี้สามารถแก้ได้ด้วยเพิ่มขนาดพื้นที่เปล่งแสงของแผ่นกระจายแสงและปรับเปลี่ยนตำแหน่ง นอกจากนี้การเพิ่มขนาดของพื้นที่เปล่งแสงจะช่วยลดอิทธิพลของความสว่างของแสงจากหลอดไดโอด ที่ขอบด้านซ้ายและขวาของ



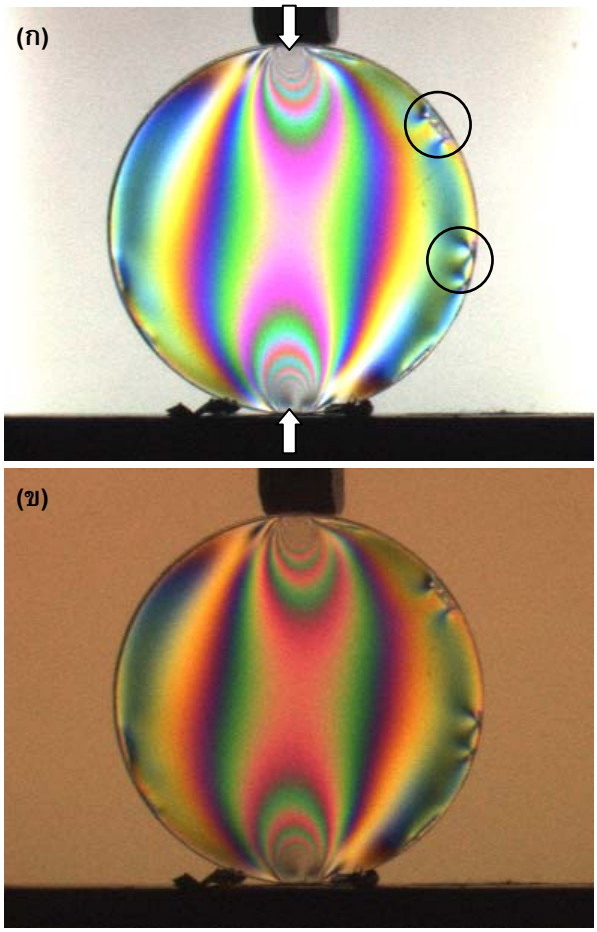
รูปที่ 8 การกระจายตัวของความเข้มแสงความเค้นในหลอดพรีฟอร์มตามแนวเส้นตั้งผ่านกึ่งกลาง ภาพ (ก) รูปที่ 7ก และ (ข) รูปที่ 7ข โดยแต่ละสีมีค่าตั้งแต่ 0 (เส้นกรอบล่าง) ถึง 255 (เส้นกรอบบน)

แผ่นกระจายแสง (รูปที่ 7ก) ซึ่งจะช่วยให้แสงที่ออกมามีการกระจายตัวที่สม่ำเสมอมากยิ่งขึ้น และช่วยลดความอิ่มตัวของแสงในภาพสนามความเค้น (รูปที่ 8ก)

6.2 ภาพสนามความเค้นของตัวแบบจานกลมรับแรงเข้มกดในแนวเส้นผ่านศูนย์กลาง

รูปที่ 9 แสดงภาพสนามความเค้นที่เกิดขึ้นในตัวแบบแผ่นจานกลมรับแรงเข้มกดในแนวเส้นผ่านศูนย์กลาง

พิจารณาภาพสนามความเค้นในรูปที่ 9 จะพบว่าความสว่างของแหล่งกำเนิดแสงมีความแตกต่างกันในลักษณะเช่นเดียวกันกับรูปที่ 7 กล่าวคือ ความสว่างของแหล่งกำเนิดแสงทั้งสองมีความแตกต่างกัน โดยที่แสงที่เปล่งออกมาจากแผ่นกระจายแสงแบบให้แสงที่



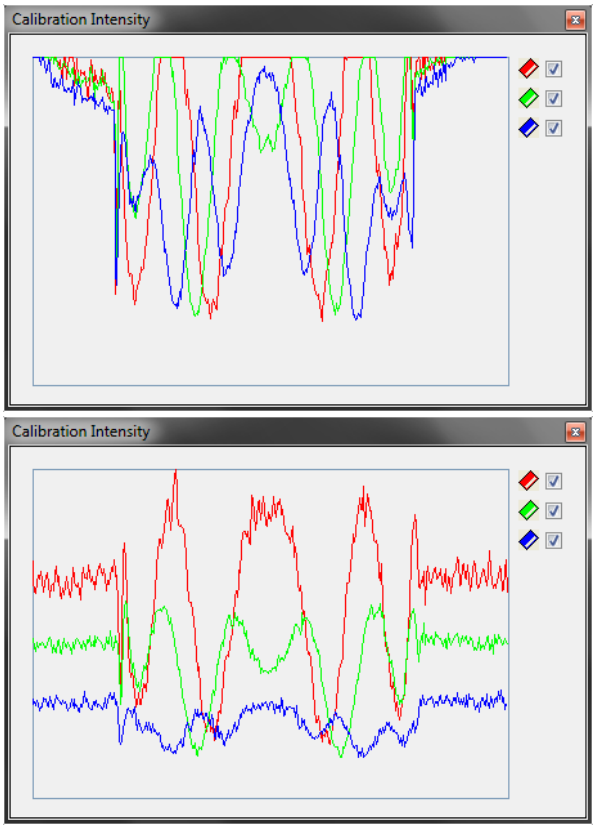
รูปที่ 9 ภาพสนามความเค้นในตัวแบบแผ่นจานกลมรับแรงเข้มกดในแนวเส้นผ่านศูนย์กลาง ซึ่งถ่ายไว้โดยอาศัย (ก) แผ่นกระจายแสงแบบให้แสงที่ขอบ และ (ข) แหล่งกำเนิดแสงแบบดั้งเดิม (รูปที่ 4ข) ลูกศรสีขาวแสดงทิศทางการกดของแรง

ขอบนั้น มีความเป็นสีขาวมากกว่าแบบดั้งเดิม

พิจารณาลักษณะของริ้วสี เราจะพบว่า มีลักษณะที่คล้ายคลึงกัน แต่ค่าระดับสียังคงมีความแตกต่างกัน (ความอิ่มตัวของความเข้มแสง) นอกจากนี้ ภาพสนามความเค้นในรูปที่ 9 นั้นยังคงมีความแตกต่างกับภาพสนามความเค้นที่ได้จากการจำลองด้วยโปรแกรม [2] อันเนื่องมาจากความไม่สมมาตรของริ้วส่วนซ้ายและขวา ซึ่งเป็นผลมาจากความเค้นตกค้างที่เกิดขึ้นจากการสร้างตัวแบบ ซึ่งเราสามารถสังเกตเห็นได้อย่างชัดเจนโดยเฉพาะขอบทางด้านขวาของตัวแบบ (ดูเครื่องหมายวงกลมในรูปที่ 9ก)

พิจารณารูปที่ 10 จะเห็นได้ว่า มีความแตกต่างกัน กล่าวคือ การกระจายตัวของความเข้มแสงของภาพในรูปที่ 9ก มีความอิ่มตัวมากกว่าภาพในรูปที่ 9ข ซึ่งสามารถสังเกตเห็นได้ชัดจากการที่เส้นสีต่างๆ ในรูปที่ 10ก (เช่นเดียวกับรูปที่ 8ก)

อย่างไรก็ดี รูปที่ 10ก และ 10ข มีความแตกต่างระหว่างกันมากกว่าความแตกต่างระหว่างรูปที่ 8ก และ 8ข ทั้งนี้เนื่องจากขนาดของตัวแบบแผ่นจานกลมมีมิติความยาวในแนวขวางมากกว่าหลอดพรีฟอร์ม



รูปที่ 10 การกระจายตัวของความเข้มแสงความเค้นในตัวแบบแผ่นจานกลมรับแรงเข้มกดในแนวเส้นผ่านศูนย์กลางตามเส้นแนวนอนผ่านกึ่งกลางภาพ (ก) รูปที่ 9ก และ (ข) รูปที่ 9ข โดยแต่ละสีมีค่าตั้งแต่ 0 (เส้นกรอบล่าง) ถึง 255 (เส้นกรอบบน)

7. สรุปผล

บทความนี้นำเสนอผลการประยุกต์ใช้แผ่นกระจายแสงแบบให้แสงที่ขอบด้วยหลอดไดโอดเปล่งแสง และเปรียบเทียบทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณระหว่างภาพสนามความเค้นที่บันทึกได้ระหว่างการใช้แผ่นกระจายแสงดังกล่าวกับแหล่งกำเนิดแสงแบบดั้งเดิม จากผลการทดลองพบว่า ภาพสนามความเค้นมีความคล้ายคลึงกัน แต่ผลเชิงปริมาณยังคงมีความแตกต่างกัน ซึ่งสามารถสอบเทียบได้ กอร์ปกับแผ่นกระจายแสงมีความบาง, ใช้พื้นที่น้อย และประหยัดพลังงานกว่าแหล่งกำเนิดแสงแบบดั้งเดิม ดังนั้น เราจึงสามารถใช้แผ่นกระจายแสงในชุดโพลาริสโคปได้ ทั้งนี้ควรปรับเปลี่ยนขนาดของพื้นที่เปล่งแสงให้ใหญ่ขึ้น และติดตั้งในระยะที่เหมาะสม

8. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณบริษัท ไทยเพ็ท อุตสาหกรรม จำกัด แขวงหนองแขม ที่อนุเคราะห์หลอดพรีฟอร์มเพื่อการวิจัยในครั้งนี้

9. เอกสารอ้างอิง

[1] Ramesh, R. (2000). *Digital photoelasticity:* Advanced *methods and applications*, Springer.

[2] พิเชษฐ์ พินิจ (2553). โฟโตอิลาสติกซิตีเชิงเลข ภาค 1: การได้มาซึ่งสมการความเข้มแสงควบคุมสำหรับโพลาริสโคปแบบแสงโพลาไรซ์ระนาบบนฐานตรีโกณมิติ, *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, 20(3), กันยายน – ธันวาคม 2553, หน้า 648 – 656.

[3] พิเชษฐ์ พินิจ (2553). โพลาริสโคปขนาดกะทัดรัดแบบตั้งโต๊ะ: การออกแบบและการประเมิน, *วารสารวิศวกรรมศาสตร์*, 2(4), พฤษจิกายน 2553, หน้า 17 – 28.

[4] พิเชษฐ์ พินิจ (2552). ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับโฟโตอิลาสติกซิตีและโฟโตอิลาสติกซิตีเชิงเลข, *วิศวกรรมสาร มข.*, 36(3), กรกฎาคม – กันยายน 2552, หน้า 195 – 203.

[5] Patterson, E.A. (2002). Digital photoelasticity: principles, practice and potential, *Strain*, Vol. 38(1), pp. 27-39.

[6] Technical Teaching Equipments, India (2009). URL: http://www.technicalteachingequipment.com/dynamics -of-mechines-or-theory-of-mechines-lab.html, access on 11/06/2011.

[7] Pinit, P. (2009). Development of Window-based program for analysis and visualization of two-dimensional stress field in digital photoelasticity, *Songklanakarin J. Sci. Technol.*, Vol. 31(2), pp. 205-212.