



# การวิเคราะห์ความเค้นและการเสียรูปในแผ่นโพลาร์ของ เซลล์เชื้อเพลิงโดยใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ **Analysis of Stress and Deformation in a Polar Plate of Fuel Cell Using Finite Element Method.**

ขวัญชนก สุกโชติรัตน์ และ ธงชัย ฟองสมุทร

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

239 ถ.ห้วยแก้ว อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50200

โทร 053-944146 ต่อ 964, โทรสาร 053-944145, E-mail : dragon\_kwan@hotmail.com

**Kwanchanok Sukchotiratana and Thongchai Fongsamootr**

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Chiang Mai University

239 Huay Kaew Rd., Meaung, Chiang Mai 50200

Tel : 053-944146 Ext : 964, Fax : 053-944145, E-mail : dragon\_kwan@hotmail.com

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการกระจายตัวของความเค้นและการเสียรูปในแผ่นสะสมกระแสของเซลล์เชื้อเพลิงโดยใช้วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ แบบจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์ถูกสร้างขึ้นโดยการปรับเปลี่ยนค่าตัวแปร 3 ตัว คือ แรงที่กระทำ ความหนาของแผ่นสะสมกระแส และ วัสดุที่ใช้ในการทำแผ่นสะสมกระแส โดยที่แรงที่กระทำคือแรงบิดที่ใช้ในการขันขันน็อตหรือโบลท์จะถูกเปลี่ยนค่าระหว่าง 3.39 N.m (30 lb.in) ถึง 5.20 N.m (46 lb.in) ความหนาของแผ่นสะสมจะถูกเปลี่ยนระหว่าง 4 mm. ถึง 8 mm. และ วัสดุทำแผ่นสะสมกระแสที่ใช้ในการศึกษานี้เป็น กราไฟต์ชนิด FU4369 กราไฟต์ชนิด Ellor+50 และอลูมิเนียม ผลการวิเคราะห์จากวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการทดสอบจริง ซึ่งผลจากการเปรียบเทียบดังกล่าวให้ค่าที่สอดคล้องกัน ผลที่ได้จากการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าความเค้นและการเสียรูปสูงสุดที่เกิดขึ้นกับเซลล์เชื้อเพลิงอยู่ที่รูสำหรับใส่โบลท์เนื่องจากการรับแรงกดจากหัวโบลท์และน็อต ส่วนบริเวณช่องทางเดินก๊าซหรือบริเวณทำปฏิกิริยาของแผ่นสะสมกระแสเกิดความเค้นสูงที่จุดหักมุมของช่องทางเดินก๊าซเนื่องจากบริเวณดังกล่าวมีความเค้นคงค้างสูง นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์ยังแสดงให้เห็นว่าค่าความเค้นและการเสียรูปของแผ่นสะสมกระแสจะมีค่ามากขึ้นเมื่อมีการเพิ่มแรงที่ใช้ในการขันน็อต และเพิ่มความหนาของแผ่นสะสมกระแส สุดท้ายผลการวิเคราะห์ได้แสดงให้เห็นว่ากราไฟต์ชนิด FU4369 มีความเหมาะสมที่สุดในการนำไปใช้ในการทำแผ่นสะสมกระแส

## Abstract

The objective of this research was to study a stress distribution and deformation of fuel cell's polar plate by using Finite Element Method (FEM). FEM models of Fuel Cell were created by varying 3 parameters: the applied load, the thickness of polar plate and the material of polar plate. The applied load was torsion loading that used to tight the bolt, it was varied from 3.39 N.m (30 lb.in) to 5.20 N.m (46 lb.in). The thickness of polar plate was varied from 4 mm to 8 mm. And the materials

of polar plate selected to study here are FU4369 graphite, Ellor+50 graphite and aluminum, respectively. The FEM results were compared with the experimental results to validate the FEM models. The comparison results show a good agreement. The results showed that the maximum stress and deformation forced with Fuel Cell at the hole due to receive compression force from bolts and nuts. In addition the reaction area of polar plate also had high stress at the corner of gas flow field channel because this area would be residual stress. The results also showed that the stress and deformation of polar plate would be increased when the tighten force and the thickness of polar plate were higher. Finally, the results showed FU4369 graphite was the most suitable for making the polar plate.

Keyword: Finite Element, Polar Plate.

## 1.บทนำ

เนื่องจากในปัจจุบันมีการตื่นตัวเกี่ยวกับปัญหาภาวะแวดล้อมและการประหยัดพลังงานมากขึ้น โดยเฉพาะในประเทศที่พัฒนาแล้ว เช่น สหรัฐอเมริกา และญี่ปุ่น โดยในประเทศดังกล่าวได้มีการใช้พลังงานสะอาดเพื่อทดแทนพลังงานที่ได้มาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง โดยที่พลังงานสะอาดนั้นเป็นพลังงานที่ได้มาจากพลังงานลม พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานความร้อนใต้พิภพ หรือพลังงานเซลล์เชื้อเพลิง ซึ่งพลังงานเหล่านี้ไม่ก่อให้เกิดมลพิษ เซลล์เชื้อเพลิงนั้นเป็นเทคโนโลยีด้านพลังงานที่การศึกษาวิจัยและพัฒนากันอย่างมากและต่อเนื่อง เนื่องจากมีข้อดีในด้านประสิทธิภาพและความปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม โดยเซลล์เชื้อเพลิงจะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานเคมีไปเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยใช้หลักการทาง Electrochemistry คือ การเกิดปฏิกิริยาของก๊าซไฮโดรเจนและออกซิเจน และผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยาคือ กระแสไฟฟ้า น้ำ และ ความร้อน ดังนั้นเซลล์เชื้อเพลิงจึงเป็นอีกทางหนึ่งของแหล่งพลังงานที่น่าสนใจเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนที่ได้จากน้ำมันเชื้อเพลิง

เซลล์เชื้อเพลิงที่ได้รับความสนใจและมีการวิจัยพัฒนากันมาก คือ Polymer Electrolyte Membrane หรือ Proton Exchange Membrane (PEM) แสดงได้ดังรูปที่ 1 เนื่องจากให้กำลังไฟฟ้าสูง ทำงานได้ภายในอุณหภูมิต่ำ ( $50^{\circ}\text{C} - 80^{\circ}\text{C}$ ) อีกทั้งโครงสร้างไม่ซับซ้อนสามารถประกอบ

บำรุงรักษาได้ง่ายโดยองค์ประกอบหลักของเซลล์เชื้อเพลิงคือ Membrane Electrode Assembly (MEA) และแผ่นสะสมกระแส (Current Collector Plate) หรือแผ่นช่องทางเดินก๊าซ (Gas Flow Field Plate) ซึ่งทำจากกราไฟต์ ชนิดพิเศษที่มีเปอร์เซ็นต์ความบริสุทธิ์สูง แต่ในปัจจุบันองค์ประกอบดังกล่าวต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศซึ่งมีราคาสูงมาก อีกทั้งยังไม่รู้แรงในการขับเคลื่อนที่มีความเหมาะสมและไม่ทำให้แผ่นสะสมกระแสเกิดความเสียหาย



รูป 1 เซลล์เชื้อเพลิงประเภท Proton Exchange Membrane Shuo-Jen Lee, et al.[10] ได้วิเคราะห์การกระจายตัวของความเค้นโดยสร้างแบบจำลองเซลล์เชื้อเพลิงที่มีรูใน

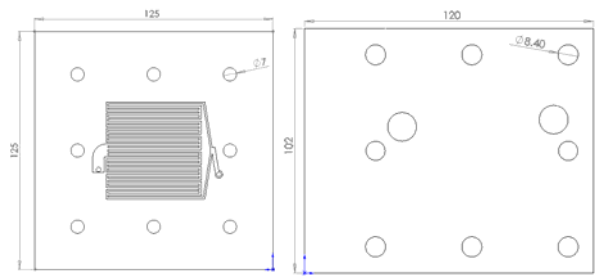
การขีดโบลท์เพียง 4 รู เท่านั้น อย่างไรก็ตามก็ยังไม่มีการวิเคราะห์เซลล์เชื้อเพลิงที่มีรูในการขีดโบลท์ 8 รู งานวิจัยนี้จึงได้มีแนวความคิดที่จะทำการศึกษาเพื่อที่จะได้เข้าใจถึงการกระจายตัวของความเค้นและการเสียรูปที่เกิดขึ้นในแผ่นสะสมกระแสจากการประกอบเซลล์เชื้อเพลิงดังกล่าว โดยจะทำการปรับเปลี่ยนค่าแรงในการขันโบลท์และน็อตเพื่อให้แผ่นสะสมกระแสประกบกันแน่นมาก และเมื่อเปลี่ยนวัสดุที่ใช้ทำแผ่นสะสมกระแสเป็นชนิดอื่นแล้ว ความแตกต่างการกระจายตัวของความเค้นและการเสียรูปมีมากหรือน้อยเพียงใด ซึ่งในการวิเคราะห์นี้จะใช้วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์มาช่วยในการแก้ปัญหา

## 2. การวิเคราะห์ความเครียดในแผ่นสะสมกระแสของเซลล์เชื้อเพลิง

การวิเคราะห์ความเครียดในแผ่นสะสมกระแสของเซลล์เชื้อเพลิงจะแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ 1.วิเคราะห์ความเครียดในแบบจำลองเซลล์เชื้อเพลิงโดยใช้วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ และ 2.ทดสอบเพื่อหาความเครียดที่เกิดขึ้นกับเซลล์เชื้อเพลิงจริง จากนั้นจะทำการเปรียบเทียบผลที่ได้จากทั้ง 2 วิธี เพื่อยืนยันความถูกต้องของแบบจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์ และหากผลที่ได้จากวิธีทางไฟไนต์เอลิเมนต์และการทดสอบจริงมีความสอดคล้องกันแล้ว แสดงว่าแบบจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์ที่ได้นั้นมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้สำหรับวิเคราะห์แบบจำลองของเซลล์เชื้อเพลิงใหม่

### 2.1 การวิเคราะห์ความเครียดในแบบจำลองเซลล์เชื้อเพลิงโดยใช้วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

ในการศึกษานี้จะทำการวิเคราะห์เซลล์เชื้อเพลิงที่ประกอบด้วย (1) แผ่นสะสมกระแสทำมาจาก กราไฟต์ชนิด FU4369 ขนาด  $125 \times 125 \times 5 \text{ mm}^3$  มีรูสำหรับใส่โบลท์จำนวน 8 รู เส้นผ่านศูนย์กลางของรูมีขนาด 7 mm. และ (2) แผ่นประกบขนาด  $102 \times 120 \times 3 \text{ mm}^3$ . โดยมีรูสำหรับใส่โบลท์จำนวน 8 รู และมีเส้นผ่านศูนย์กลางรูเท่ากับ 8.4 mm. แสดงดังรูปที่ 2



(ก) แผ่นสะสมกระแส

(ข) แผ่นประกบ

รูป 2 แบบจำลองของแผ่นสะสมกระแสและแผ่นประกบ

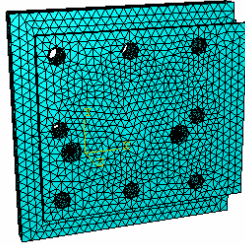
ในการสร้างแบบจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์ของเซลล์เชื้อเพลิง โปรแกรม SolidWorks 2006™ จะถูกนำมาใช้ในการสร้างแบบ CAD จากนั้นใช้โปรแกรม ABAQUS 6.5™ ในการวิเคราะห์แบบจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์ต่อไป และเมื่อได้ทำการสร้างแบบจำลองโดยการประกอบแผ่นสะสมกระแสและแผ่นประกบเข้าด้วยกันได้เป็นเซลล์เชื้อเพลิงแล้ว จากนั้นกำหนดให้แผ่นสะสมกระแสมีคุณสมบัติเป็นกราไฟต์ชนิด FU4369 มีค่า Young's Modulus ประมาณ 10 GPa และมีค่า Poisson's Ratio ประมาณ 0.21 ส่วนของแผ่นประกบมีคุณสมบัติเป็นทองเหลือง มีค่า Young's Modulus ประมาณ 101 GPa และมีค่า Poisson's Ratio ประมาณ 0.35 โดยการวิเคราะห์ได้กำหนดเงื่อนไข (Boundary Conditions) ดังนี้

1. กำหนดภาระที่กระทำกับแผ่นประกบซึ่งเป็นแรงที่ใช้สำหรับยึดให้แผ่นประกบและแผ่นสะสมกระแสติดกันมีค่า 124.231 MPa ถึง 190.50 MPa (แปลงมาจากแรงบิดที่มีขนาด 3.39 N.m ถึง 5.20 N.m โดยพื้นที่รับแรงเป็นบริเวณที่น็อตและโบลท์สัมผัสกับแผ่นประกบซึ่งมีขนาด  $23.21 \text{ mm}^2$ )

2. กำหนดค่าเงื่อนไขระหว่างผิวสัมผัสของแต่ละแผ่นให้เป็นแบบยึดติดกัน (Tie)

3. กำหนดลักษณะของ Constraint enforcement method ให้เป็นแบบ Surface to surface

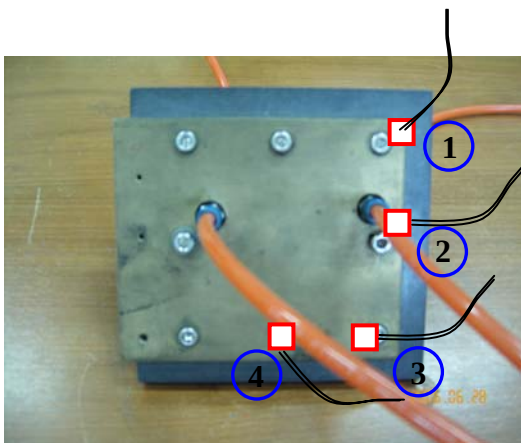
4. สร้างเอลิเมนต์ 3 มิติ แบบ tetrahedral ให้กับเซลล์เชื้อเพลิง โดยจะได้แบบจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์สำหรับวิเคราะห์หาค่าความเครียดที่เกิดขึ้น ดังรูปที่ 3 เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่าความเครียดที่ได้จากการทดลองจริง



รูป 3 แบบจำลองของเซลล์เชื้อเพลิง

## 2.2 การทดสอบเพื่อหาความเครียดในเซลล์เชื้อเพลิงจริง

ในการทดสอบจริงนั้นเริ่มต้นโดยการติดตั้งตัวสเตรนเกจ (Strain Gauge) ลงไปที่แผ่นสะสมกระแส โดยขณะที่ทำการติดตั้งนั้นแผ่นสะสมกระแสต้องไม่อยู่ในสภาวะที่เกิดความเค้น สเตรนเกจที่เลือกใช้ในการทดสอบนี้เป็นชนิด KFG-2-120-C1-11L1M2R รูปที่ 4 แสดงบริเวณติดตั้งสเตรนเกจซึ่งเป็นที่ยากต่อการนำไปเปรียบเทียบกับวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ หลังจากนั้นต่อสายสัญญาณเข้าเครื่องมือสำหรับวัดค่าความเครียด Sensor Interface รุ่น PCD-300A (รูปที่ 5)



รูป 4 ตำแหน่งติดตั้งสเตรนเกจ



รูป 5 เครื่องสำหรับวัดค่าความเครียด PCD-300A

เมื่อทำการต่อสายเรียบร้อยแล้ว เริ่มทำการขันน็อตให้แน่นขึ้นเพื่อเป็นการเพิ่มภาระที่กระทำกับแผ่นสะสมกระแส ซึ่งส่งผลให้แผ่นสะสมกระแสจะเปลี่ยนรูปและเกิดความเครียดขึ้น โดยค่าความเครียดนี้จะนำไปเปรียบเทียบกับความเครียดที่ได้จากวิธีทางไฟไนต์เอลิเมนต์ต่อไป

## 3. การวิเคราะห์การกระจายตัวของความเค้นและการเสียรูปในแผ่นสะสมกระแสของเซลล์เชื้อเพลิง

การวิเคราะห์การกระจายตัวของความเค้นในแบบจำลองแผ่นสะสมกระแสของเซลล์เชื้อเพลิงโดยใช้วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ จะทำการเปลี่ยนค่าต่อไปนี้

ภาระที่ใช้ในการขันน็อต (3.39-5.20 N.m)

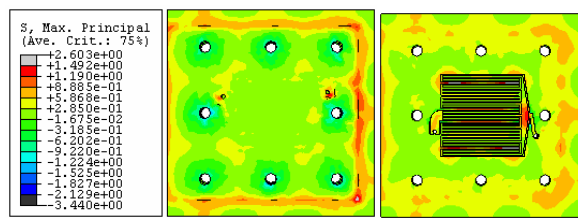
ขนาดแผ่นสะสมกระแส (4.0-8.0 mm.) และ

ชนิดของแผ่นสะสมกระแส (กราไฟต์ชนิด FU4369

กราไฟต์ชนิด Ellor+50 และอลูมิเนียม)

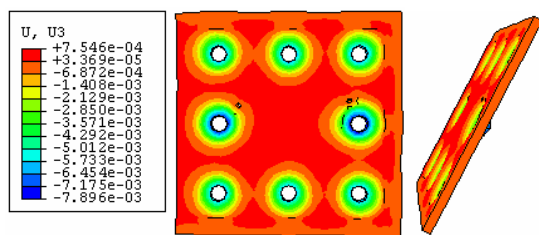
ผลที่ได้จากการวิเคราะห์การกระจายตัวของความเค้นและการเสียรูปในแผ่นสะสมกระแสสามารถแสดงออกมาในรูปของ Contour ตัวอย่างดังรูปที่ 6 และรูปที่ 7

รูปที่ 6 แสดงถึงการกระจายตัวของความเค้นในแผ่นสะสมกระแส โดยสัญลักษณ์ S บริเวณแสดงผล คือ ค่าความเค้น มีหน่วยเป็น MPa และเครื่องหมายบวก คือ ความเค้นดึง (tension stress) เครื่องหมายลบ คือ ความเค้นกด (compression stress) ซึ่งจะเห็นว่าที่รูและตำแหน่งใกล้เคียงจะเกิดความเค้นกดเนื่องจากรับแรงกดจาก

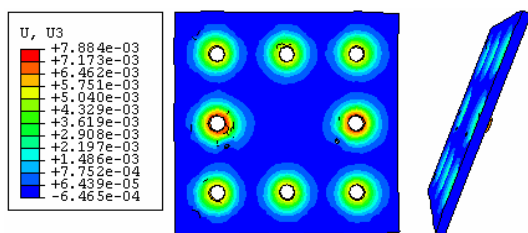


รูป 6 การกระจายตัวของความเค้น (หน่วย MPa) สำหรับ  
กราไฟต์ชนิด FU4369 ขนาด  $125 \times 125 \times 5 \text{ mm}^3$ .  
เมื่อรับภาระเป็นแรงบิดขนาด 3.39 N.m

โบลท์และน็อต ส่วนตำแหน่งที่ห่างจากมุมมากขึ้นจะเกิด  
ความเค้นดึงเนื่องจากมีการโค้งตัวของแผ่นสะสมกระแส  
เมื่อพิจารณาบริเวณช่องทางเดินก๊าซหรือบริเวณทำปฏิกิริยา  
ของแผ่นสะสมกระแสจะเห็นว่าช่องทางเดินก๊าซที่มีการ  
หักมุมจะมีความเค้นสูงเนื่องจากมีความเค้นคงค้างสูง



(ก) แผ่นสะสมกระแสด้านบน



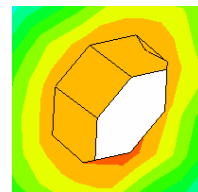
(ข) แผ่นสะสมกระแสด้านล่าง

รูป 7 การเสียรูปที่เกิดขึ้นในแบบจำลองแผ่นสะสมกระแส  
(หน่วยเป็น mm.) สำหรับกราไฟต์ชนิด FU4369  
ขนาด  $125 \times 125 \times 5 \text{ mm}^3$ . เมื่อรับภาระเป็นแรงบิด  
ขนาด 3.39 N.m

รูปที่ 7 แสดงถึงการเสียรูปในแผ่นสะสมกระแส โดย  
สัญลักษณ์ U บริเวณแสดงผล คือ ค่าการเสียรูป มีหน่วย  
เป็น mm. และเครื่องหมายบวก คือ การเสียรูปที่มีทิศทาง

เคลื่อนที่ขึ้นตั้งฉากกับกระดาษ เครื่องหมายลบ คือ การเสีย  
รูปที่มีทิศทางเคลื่อนที่ลงตั้งฉากกับกระดาษ ซึ่งจะเห็นว่าที่รู  
และตำแหน่งใกล้เคียงจะเกิดการยุบตัวเนื่องจากรับแรงกด  
จากโบลท์และน็อต ส่วนตำแหน่งที่ห่างจากมุมมากขึ้นจะเกิด  
การโก่งตัวของแผ่นสะสมกระแส

สำหรับบริเวณที่เกิดความเค้นและการเสียรูปสูงสุดใน  
แบบจำลองของเซลล์เชื้อเพลิงจะอยู่บริเวณรูใส่โบลท์  
ดังรูปที่ 8



รูป 8 บริเวณที่แบบจำลองของเซลล์เชื้อเพลิงเกิดความเค้น  
สูงสุด

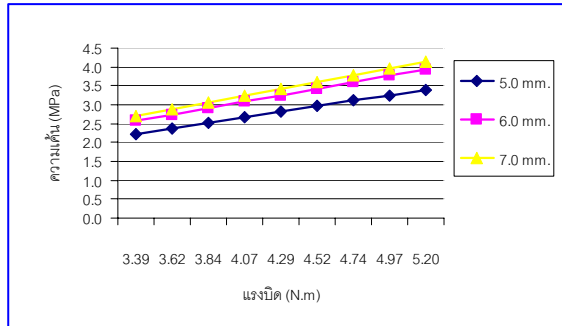
#### 4. ผลการวิเคราะห์

การเปลี่ยนแปลงของความเค้นและการเสียรูปสูงสุดที่  
เกิดขึ้นบริเวณช่องทางเดินก๊าซหรือบริเวณทำปฏิกิริยาของ  
แผ่นสะสมกระแสที่ทำจากกราไฟต์ชนิด FU4369 หนา  
5 mm. 6 mm. และ 7 mm. เมื่อมีการเพิ่มแรงบิดในการ  
ขันน็อตหรือโบลท์ แสดงดังรูปที่ 9 ซึ่งจะเห็นว่าความเค้น  
และการเสียรูปที่เกิดขึ้นกับแบบจำลองแผ่นสะสมกระแส  
ของเซลล์เชื้อเพลิงนั้นมีค่าเพิ่มขึ้นตามขนาดของแรงบิดที่  
เพิ่มขึ้น

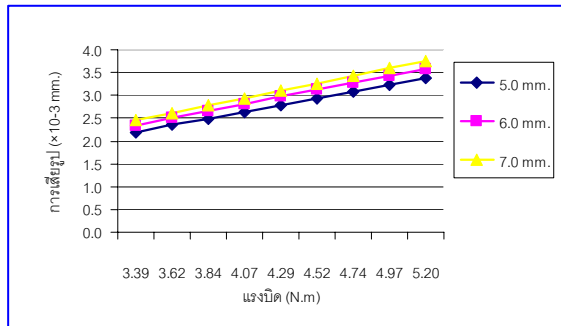
รูปที่ 10 แสดงผลการเปลี่ยนแปลงของความเค้นและ  
การเสียรูปสูงสุดที่เกิดขึ้นบริเวณช่องทางเดินก๊าซหรือ  
บริเวณทำปฏิกิริยาของแผ่นสะสมกระแสที่ทำจากกราไฟต์  
ชนิด FU4369 รับแรงบิดขนาด 3.39 N.m 4.52 N.m  
และ 5.20 N.m ตามลำดับ เมื่อมีการเพิ่มความหนาของ  
แผ่นสะสมกระแส ซึ่งจะเห็นว่าความเค้นและการเสียรูปที่  
เกิดขึ้นกับแบบจำลองแผ่นสะสมกระแสของเซลล์เชื้อเพลิง  
นั้นมีค่าเพิ่มขึ้นตามขนาดของแผ่นสะสมกระแสที่หนามาก  
ขึ้น

และเมื่อพิจารณาชนิดของแผ่นสะสมกระแส พบว่า  
แผ่นสะสมกระแสที่ทำจากกราไฟต์ชนิด FU4369 จะเกิด

ความเค้นน้อยที่สุด ส่วนแผ่นสะสมกระแสที่ทำจาก  
อลูมิเนียมเกิดความเค้นมากที่สุด แสดงดังรูปที่ 11 และ  
รูปที่ 12

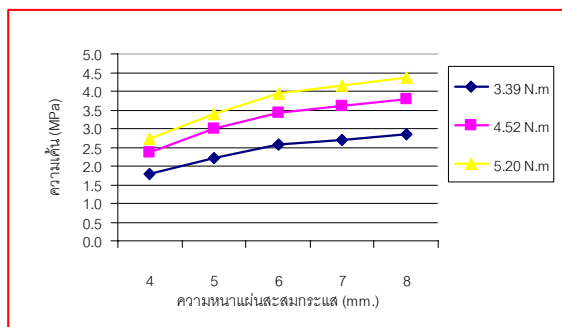


(ก) การเปลี่ยนแปลงของความเค้น

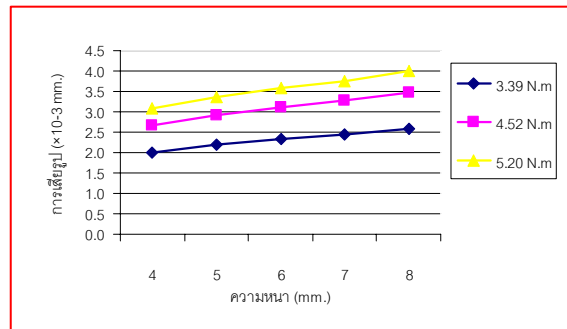


(ข) การเปลี่ยนแปลงของการเสียรูป

รูป 9 ผลการเปรียบเทียบค่าความเค้นและการเสียรูปสูงสุด  
บริเวณช่องทางเดินก๊าซในแผ่นสะสมกระแส  
(หน่วย MPa) เมื่อรับภาระเป็นแรงบิดในการขันน็อต  
หรือโบลท์ที่แตกต่างกัน สำหรับแผ่นสะสมกระแส  
กราไฟต์ชนิด FU4369 หนา 5 mm, 6 mm. และ  
7 mm. ตามลำดับ

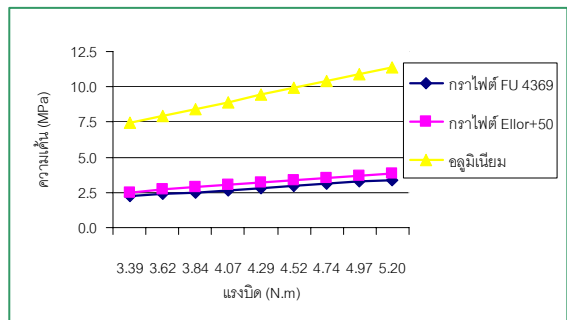


(ค) การเปลี่ยนแปลงของความเค้น

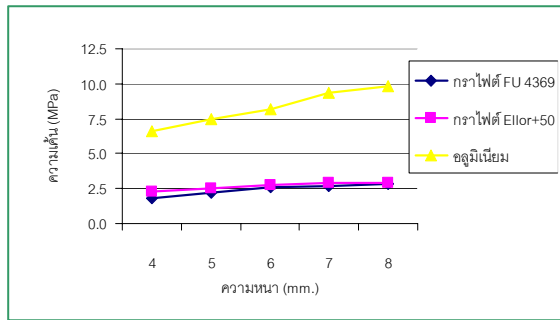


(ค) การเปลี่ยนแปลงของการเสียรูป

รูป 10 ผลการเปรียบเทียบค่าความเค้นและการเสียรูปสูงสุด  
บริเวณช่องทางเดินก๊าซในแผ่นสะสมกระแส (หน่วย  
MPa) เมื่อมีขนาดแผ่นสะสมกระแสแตกต่างกัน  
สำหรับแผ่นสะสมกระแสกราไฟต์ชนิด FU4369  
ที่รับแรงบิดขนาด 3.39 N.m 4.52 N.m และ 5.20  
N.m ตามลำดับ



รูป 11 ผลการเปรียบเทียบค่าความเค้นสูงสุดบริเวณช่อง  
ทางเดินก๊าซของแผ่นสะสมกระแส (หน่วย MPa)  
เมื่อรับภาระเป็นแรงบิดในการขันน็อตหรือโบลท์ที่  
แตกต่างกันสำหรับแผ่นสะสมกระแสที่หนา 5 mm.  
โดยสร้างจากกราไฟต์ชนิด FU4369 กราไฟต์ชนิด  
Ellor+50 และอลูมิเนียม ตามลำดับ



รูป 12 ผลการเปรียบเทียบค่าความเค้นสูงสุดบริเวณช่องทางเดินก๊าซของแผ่นสะสมกระแส (หน่วย MPa) เมื่อมีขนาดแผ่นสะสมกระแสแตกต่างกัน สำหรับแผ่นสะสมกระแสที่รับภาระจากแรงบิด 3.39 N.m โดยสร้างจากกราไฟต์ชนิด FU4369 กราไฟต์ชนิด Ellor+50 และอลูมินียม ตามลำดับ

## 5. สรุปผล

การวิเคราะห์การกระจายตัวของความเค้นและการเสียรูปในแผ่นสะสมกระแสของเซลล์เชื้อเพลิงโดยใช้วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ที่ได้กล่าวมาทั้งหมดนั้นสามารถสรุปรายละเอียดที่ได้วิเคราะห์ดังต่อไปนี้

### 5.1 การเปรียบเทียบและยืนยันความถูกต้องในการวิเคราะห์แบบจำลองแผ่นสะสมกระแสโดยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

ผลการเปรียบเทียบการวิเคราะห์แบบจำลองแผ่นสะสมกระแสของเซลล์เชื้อเพลิงจากทั้ง 2 ส่วน คือ ผลจากการวิเคราะห์โดยใช้วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ และ ผลจากการทดสอบจริงโดยการติดตั้งสเตรนเกจบนแผ่นสะสมกระแส เมื่อเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ทั้ง 2 ส่วน พบว่า ผลการวิเคราะห์มีแนวโน้มและความสอดคล้องกัน ดังนั้นสรุปได้ว่าการวิเคราะห์แบบจำลองแผ่นสะสมกระแสของเซลล์เชื้อเพลิงโดยใช้วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ สามารถใช้ในการวิเคราะห์การกระจายตัวของความเค้นและการเสียรูปในแผ่นสะสมกระแสของเซลล์เชื้อเพลิงได้

### 5.2 สรุปผลการกระจายตัวของความเค้นและการเสียรูปในแผ่นสะสมกระแสของเซลล์เชื้อเพลิงโดยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

ผลการวิเคราะห์การกระจายตัวของความเค้นและการเสียรูปในแผ่นสะสมกระแสของเซลล์เชื้อเพลิงที่ได้จากแบบจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์ ทำให้ทราบว่าที่รูใส่โบลท์และตำแหน่งใกล้เคียงจะเกิดความเค้นกดและมีการขยุ้มตัวเนื่องจากได้รับแรงกดจากโบลท์และน็อต ส่วนตำแหน่งที่ห่างจากรูมากขึ้นจะเกิดความเค้นดึงเนื่องจากการโก่งตัวของแผ่นสะสมกระแส ทางด้านบริเวณช่องทางเดินก๊าซหรือบริเวณทำปฏิกิริยาของแผ่นสะสมกระแสเกิดความเค้นสูงที่สุดหักมุมของช่องทางเดินก๊าซเนื่องจากบริเวณดังกล่าวมีความเค้นคงค้างสูง นอกจากนี้ยังทราบว่าภาระในการขันน็อตหรือโบลท์ ขนาด และชนิดของแผ่นสะสมกระแสที่เหมาะสมในการใช้งานนั้นคือ มีการกระจายตัวของความเค้นน้อยที่สุดและมีการเสียรูปน้อยที่สุดเพื่อหลีกเลี่ยงการเสียหายของเซลล์เชื้อเพลิงขณะทำการประกอบและใช้งานดังนี้

1. ภาระในการขันน็อตหรือโบลท์ที่ทำให้เกิดการกระจายตัวของความเค้นและการเสียรูปในแผ่นสะสมกระแสที่น้อยที่สุด คือ 3.39 N.m
2. ความหนาของแผ่นสะสมกระแสที่ทำให้เกิดการกระจายตัวของความเค้นและการเสียรูปในแผ่นสะสมกระแสที่น้อยที่สุด คือ 4.0 mm.
3. ชนิดของแผ่นสะสมกระแสที่ทำให้เกิดการกระจายตัวของความเค้นและการเสียรูปในแผ่นสะสมกระแสที่น้อยที่สุด คือ กราไฟต์ชนิด FU4369

### เอกสารอ้างอิง

- [1] เดช พุทธเจริญทอง. 2541. การวิเคราะห์ด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์. กรุงเทพฯ : บริษัทพิมพ์ดี จำกัด.
- [2] ธงชัย ฟองสมุทร. 2548. เอกสารประกอบการสอนวิชาไฟไนต์เอลิเมนต์, ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [3] อนุชา พรหมวังชา. 2548. เอกสารประกอบการสอนวิชาไฟไนต์เอลิเมนต์, ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [4] A.Kunor, R.G. Reddy. 2002. Effect of channel dimensions and shape in the flow –  
field distribution on the performance of polymer electrolyte membrane Fuel Cell. Journal of  
power source. 133,11–18.
- [5] Glandt, J., Shimpalee, S., Lee, W.K., and Van Zee, J.W. 2002. Modeling the Effect of Flow  
Field Design on PEM Fuel Cell Performance. University of South Carolina, Columbia, SC.
- [6] J.H. Lee, T.R. Lalk. 1998. Modeling fuel cell stack systems. Journal of Power Sources. 73,229-241.
- [7] J.V.C. Vargas, J.C. Ordonez, A.Bejan. 2005. Constructal PEM fuel cell stack design.  
International Journal of Heat and Mass Transfer. 48,4410-4427.
- [8] Kazim, A., Liu, H.T., Forges, P. 1999. Modeling of performance of PEM fuel cells with  
conventional and interdigitated flow field. Journal of Applied Electrochemistry. 29,1409-1416.
- [9] Mallant, Ronald K.A.M. 2003. PEMFC sytems: the need for high temperature polymers as a  
consequence of PEMFC water and heat management. Journa of Power Sources. 118,424-429.
- [10] Shuo-Jen Lee, Chen-De Hsu, Ching-Han Huang. 2005. Analysis of the fuel cell stack assembly  
pressure. Journal of Power Sources. 145,353-361.
- [11] U.Pasaogullari, and Wang, CY. 2002. Computational fluid dynamics modeling of proton  
exchange membrane Fuel Cell using FLUENT. Electrochemical Engine Center. The  
Pennsylvania State University Park.
- [12] V.A. Paganin, E.A. Ticianelli, E.R. Gonzalez. 1998. Development of small polymer electrolyte  
fuel cell stacks. Journal of Power Sources. 70,55-58.
- [13] Woo-kum Lee, Chien-Hsien Ho, J.W. Van Zee, Mahesh Murthy. 1999. The effects of  
compression and gas diffusion layers on the performance of a PEM fuel cell. Journal of Power  
Sources. 84,45-51.