บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

การศึกษาผลกระทบของอัตราส่วนความความเค้นที่มีต่อการขยายตัวของรอยร้าวล้าของอิพอกซีเรซินที่สภาพอุณหภูมิห้องที่สามารถเกิดการคืบได้ด้วยอัตราส่วนความเค้น 0.1 0.4 0.7 และการขยายตัวของรอยร้าวคืบ สามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

1) อิพอกซีเรซินเป็นพอลิเมอร์ที่สามารถเกิดการคืบเมื่อใช้งานที่อุณหภูมิห้อง โดยอัตราความเครียดมีค่ามากขึ้นตามความเค้นที่กระทำเพิ่มขึ้น สาเหตุของการคืบคืออิพอกซีเรซินมีอุณหภูมิการเปลี่ยนจากสถานะคล้ายแก้วต่ำ ผลการศึกษาสามารถนำไปหาค่าเลขชี้กำลังการคืบปฐมภูมิและการคืบทุติยภูมิ เพื่อใช้คำนวณอัตราการเปลี่ยนแปลงกำลัง (C^*)

2) การขยายตัวของรอยร้าวล้าของอิพอกซีเรซินที่อัตราส่วนความเค้นทุกค่า ไม่พบการปิดตัวของผิวรอยร้าว ค่าพิสัยตัวประกอบความเข้มข้นของความเค้น (ΔK) ค่าตัวประกอบความเข้มข้นของความเค้นสูงสุด (K_{max}) และค่าพิสัยอัตราการเปลี่ยนแปลงพลังงานความเครียด (ΔJ) สามารถอธิบายอัตราการขยายตัวของรอยร้าวล้า (da/dN) ได้ โดยแสดงพฤติกรรมการขยายตัวของรอยร้าวล้าในช่วงอัตราการขยายตัวต่ำ และช่วง Paris แต่แสดงให้เห็นถึงผลกระทบของค่าอัตราส่วนความเค้น ค่าตัวประกอบความเข้มข้นของความเค้นสูงสุดสามารถอธิบายอัตราการขยายตัวของรอยร้าวล้าได้เป็นอย่างดี ที่อัตราส่วนความเค้น 0.1 และ 0.4 แต่ที่ความเค้น 0.7 เป็นกลไกที่ขึ้นกับเวลากราฟจะแยกตัวออกไป ความต้านทานการขยายตัวของรอยร้าวล้าที่อัตราส่วนความเค้น 0.7 มากกว่าอัตราส่วนความเค้น 0.1 และ 0.4 เนื่องจากที่อัตราส่วนความเค้น 0.7 รอยร้าวเกิดการเปลี่ยนแปลงขนาดจากกลไกที่ขึ้นกับเวลาทำให้รอยร้าวอ้วนขึ้นจึงขยายตัวได้ยากขึ้น

3) ค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงกำลังสามารถใช้อธิบายพฤติกรรมการขยายตัวของรอยร้าวล้าของอิพอกซีเรซินได้ โดยแบ่งเป็นการขยายตัวในสภาพที่มีผลของการล้าเด่น ข้อมูลจะกระจายอยู่รวมกันในบริเวณเดียวกัน และ การขยายตัวของรอยร้าวล้าในสภาพที่การคืบเด่นข้อมูลจะเลื่อนแยกออกไปทางขวาแสดงให้เห็นว่ารอยร้าวขยายตัวได้ช้าลง และข้อมูลของ FCG

อัตราส่วนความเค้น 0.7 มีแนวโน้มต่อเนื่องกับผลของ CCG แสดงว่าค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงกำลัง มีความเหมาะสมที่ใช้อธิบายการขยายตัวของรอยร้าวตามจำนวนรอบที่ขึ้นกับเวลาของอิพอกซีเรซินได้

4) การขยายตัวของรอยร้าวล้าของ FCG ทุกอัตราส่วนความเค้นเป็นแบบต่อเนื่อง การขยายตัวของรอยร้าวของ CCG เป็นแบบเป็นขั้น (stepwise) และพบร่องรอยของการรานจากแรงเฉือน

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ข้อเสนอแนะเชิงวิชาการ

จากการศึกษา พบว่าการใช้งานพอลิเมอร์ส่วนใหญ่มีข้อจำกัดเรื่องของอุณหภูมิ เพราะพอลิเมอร์สามารถเกิดการคืบได้ที่อุณหภูมิห้อง และงานวิจัยทั้งหมดที่มีอยู่ในขณะนี้ยังไม่มีการใช้ค่าพิสัยอัตราการเปลี่ยนแปลงพลังงานความเครียดและค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงกำลัง มาใช้อธิบายการขยายตัวของรอยร้าวล้าของพอลิเมอร์ ผู้ที่ศึกษาการขยายตัวของรอยร้าวล้าของพอลิมอร์ จึงควรนำค่าพิสัยอัตราการเปลี่ยนแปลงพลังงานความเครียดและค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงกำลังมาใช้ งานวิจัยนี้สามารถนำมาศึกษาต่อได้ในอนาคตเพราะยังไม่มีศึกษาการขยายตัวของรอยร้าวล้าของอิพอกซีเรซินที่อุณหภูมิสูง

5.2.2 ข้อเสนอแนะเชิงการนำไปใช้

งานวิจัยชิ้นนี้ช่วยให้ผู้ออกแบบหรือใช้งาน คำนึงถึงผลกระทบของการคืบเมื่อนำพอลิเมอร์ไปใช้งาน ไม่ว่าจะเป็นแบบพอลิเมอร์แบบบริสุทธิ์ หรือใช้เป็นวัสดุผสม กลไกการขยายตัวของรอยร้าวล้าที่มีพฤติกรรมการคืบเด่นทำให้รอยร้าวขยายตัวได้ช้าลง แต่ทว่าผลของการคืบทำให้ชิ้นส่วนของเครื่องจักรเกิดการเปลี่ยนแปลงขนาดมากขึ้น ทำให้ไม่เหมาะกับการใช้งานบางประเภทที่ไม่สามารถยอมให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขนาดได้มากนัก การคืบอาจไม่ส่งผลดีเสมอไปแม้จะทำให้รอยร้าวขยายตัวได้ช้าลงก็ตาม ผู้ใช้จึงควรเลือกใช้ให้เหมาะสมกับสภาพที่ใช้งานและควรคิดถึงผลกระทบของการคืบก่อนนำพอลิเมอร์ไปใช้