บทที่ 3

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ภายหลังจากที่ Irwin [4] ได้นำเสนอตัวประกอบความเข้มของความเค้น (K) (Stress intensity factor) ซึ่งขึ้นกับขนาดของภาระกระทำต่อชิ้นงานทดสอบขนาดความยาวรอยร้าวเพื่อใช้ควบคุมพฤติกรรมของอัตราการเติบโตของรอยร้าวเนื่องจากความล้า ต่อมาได้มีนักวิจัยหลายท่านได้นำค่าพารามิเตอร์นี้นำไปประยุกต์ใช้เป็นแนวทางและขยายงานวิจัยเกี่ยวกับอัตราการเติบโตของรอยร้าวเนื่องจากความล้าในช่วงแรกของการเติบโตรอยร้าวอย่างหลากหลาย

3.1 ผู้วิจัยที่นำแนวความคิดของ Irwin [4] ไปปรับใช้ในงานวิจัยเกี่ยวกับการทดสอบด้าน Fatigue threshold crack growth rate

ปี 1960 : คนที่เริ่มศึกษา Fatigue crack propagation ในยุคแรกเริ่มคือ N.E. Frost และคณะวิจัย ได้ทำการทดลองและสังเกตเห็นว่าอัตราการเติบโตของรอยร้าวเนื่องจากความล้าต่ำลงเมื่อภาระรอบกระทำ Cyclic load เพิ่มสูงขึ้น ดังนั้นจึงได้เสนอแนวคิดว่าค่า Threshold effect เป็นตัวบ่งชี้ว่ารอยร้าวจะมีการเติบโตขึ้นหรือไม่

ปี 1970 : Z.D. Harison ได้นำเสนอ " ในวัสดุเหล็กค่าของอัตราส่วนภาระ (R) ส่งผลโดยตรงต่อพิสัยตัวประกอบความเข้มของความเค้นในบริเวณใกล้ขีดเริ่มความล้า (ΔK_{th}) มากกว่าตัวประกอบตัวอื่น ๆ " ในขณะที่ N.E. Frost, L.P. Pook and K. Denton ได้ทำการทดลองและนำเสนอว่าค่าของอัตราส่วนภาระ (R) ที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลทำให้ค่า ΔK มีแนวโน้มลดต่ำลงสำหรับในวัสดุเหล็กซึ่งสอดคล้องกับแนวความคิดของ Z.D. Harison เช่นกัน

ปี 1971 : W. Elber และคณะวิจัย ได้นำเสนอว่าอัตราการเติบโตของรอยร้าวเนื่องจากความล้ามีผลมาจาก Surface Interference กล่าวคือการที่ผิวของรอยร้าวปิดเข้าหากัน (Crack closure) มีผลต่อการเติบโตของรอยร้าว โดยผลที่เกิดจากรอยร้าวปิดเข้าหากันนี้สืบเนื่องมาจากบริเวณดังกล่าวมีการเสียรูปแบบพลาสติก (Plastic zone) ส่งผลให้มีการบีบอัดผิวหน้าของรอยร้าว (Crack surface)ปิดเข้าหากัน

ปี 1972 : P.C. Paris และคณะวิจัย ได้มีการสนับสนุนแนวความคิดว่า ค่าของอัตราส่วนภาระ (R) ส่งผลต่อพิสัยตัวประกอบความเข้มของความเค้นในบริเวณใกล้ขีดเริ่มความล้า (ΔK_{th}) มากกว่าตัวแปรตัวอื่น ๆ เช่นกัน

ปี 1973 : R.A. Schmidt และ P.C. Paris ได้ทดลองให้เห็นว่ารอยร้าวที่ปิดเข้าหากัน (Crack closure)มีส่วนสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อพฤติกรรมของพิสัยตัวประกอบความเข้มของความเค้นในบริเวณใกล้ขีดเริ่มความล้า (ΔK_{th})

ปี 1976 : H. Kitagawa และคณะวิจัย ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับขนาดความยาวรอยร้าว (Crack length) ที่เหมาะสมในการปรับลดภาระกระทำในช่วงการทดสอบ Threshold regime โดยสรุปว่า ถ้าผลต่างความยาวรอยร้าว (Δa) ในแต่ละช่วงมีขนาดสูงกว่า 1.00 mm. ถือเป็นผลต่างความยาวรอยร้าว (Δa) ที่ส่งผลให้ไม่อยู่ในช่วงของ Threshold regime ทั้งนี้เนื่องจากค่าที่เหมาะสมจากการทำการทดลองค่าของผลต่างความยาวรอยร้าว (Δa) ในการปรับลดภาระในแต่ละครั้งมีค่าอยู่ที่ 0.50 mm.

ปี 1982 : S. Suresh และ R.O. Ritchie ได้แสดงข้อมูลที่สนับสนุนความคิดที่ว่าสำหรับเหล็กหากได้รับภาระกระทำเป็นรอบ cyclic load และอยู่ภายใต้ขนาดความถี่ (f) แบบคงที่ พบว่าอัตราส่วนภาระ (R) จะส่งผลต่อพิสัยตัวประกอบความเข้มของความเค้นในบริเวณใกล้ขีดเริ่มความล้า (ΔK_{th}) มากที่สุด

ปี 1986 : B. London, D.V. Nelson และ J.C. Shyne ได้ทำการศึกษาถึงผลกระทบของอุณหภูมิที่ส่งผลต่อบริเวณใกล้ขีดเริ่มความล้าในวัสดุเหล็ก ซึ่งพบว่าในขณะที่อัตราการเติบโตของรอยร้าวเนื่องจากความล้าสูงขึ้นพิสัยตัวประกอบความเข้มของความเค้น ในบริเวณใกล้ขีดเริ่มความล้า (ΔK_{th}) ยังคงลดต่ำลง

3.2 การศึกษาบทความและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับหัวข้องานวิทยานิพนธ์

- P.C. Paris, R.J. Bucci และ C.D. Little [7] ได้ทำการศึกษาถึงผลของอัตราการเติบโตรอยร้าวเนื่องจากความล้าในวัสดุเหล็กชนิด D6AC ซึ่งอยู่ภายใต้สภาพสภาวะแวดล้อมการทดสอบที่เป็นสภาพอากาศที่อุณหภูมิห้อง และอยู่ภายใต้สภาพสภาวะแวดล้อมการทดสอบที่เป็นน้ำกลั่น ทั้งนี้โดยมุ่งเน้นเพื่อที่จะศึกษาถึงผลของความถี่ 6, 60, 180 cpm. ที่อัตราส่วนภาระ (R) = 0.1 และ 0.3 ซึ่งได้แสดงการทดสอบของอัตราการเติบโตรอยร้าวในช่วงที่ 1 ของเส้นโค้งอัตราการเติบโตรอยร้าวเนื่องจากความล้า โดยการเปรียบเทียบผลให้เห็นถึงความแตกต่างในสภาพสภาวะแวดล้อมที่ต่างกัน 2 ชนิดว่า ในสภาพแวดล้อมใดส่งผลต่อการเติบโตของรอยร้าวใดมากกว่า และจากการทดสอบพบว่าเมื่อทดสอบที่อัตราส่วนภาระ (R) เดียวกัน พบว่าอัตราการเติบโตของรอยร้าวภายใต้สภาวะของน้ำกลั่นสูงกว่าที่อากาศ(air) และที่ความถี่ต่ำสุด 6 cpm. มีอัตราการเติบโตของรอยร้าวสูงกว่าความถี่ที่สูงสุด 180 cpm. เมื่อทดสอบที่อัตราส่วนภาระ (R) เดียวกัน ดังนั้นสรุปได้ว่า ความถี่ยิ่งต่ำผลกระทบที่เกิดขึ้นยิ่งมาก

- R.J. Bucci, P.C. Paris, R.W. Hertzberg, R.A. Schidt และ A.F. Andferson [8] ได้ศึกษาแนวโน้มและผลของอัตราการเติบโตรอยร้าวเนื่องจากความล้าในช่วงบริเวณใกล้ขีดเริ่มความล้า (Threshlod regime) ภายใต้สภาพสภาวะแวดล้อมที่ต่างกันใน 2 ลักษณะ คือ air กับ Dry argon โดยใช้วัสดุทดสอบที่เป็น Alloys ชนิด Ti-6A1-4v โดยได้ทำการทดสอบให้มีอัตราส่วนภาระ (R) ที่แตกต่างกันหลาย ๆ ค่า (R) = 0.186, 0.311, 0.2, 0.33 และใช้ช่วงความถี่ขณะทดสอบ 145-170 cpm. เพื่อเฝ้าดูผลของอัตราการเติบโตรอยร้าวและทำการเปรียบเทียบผลการทดสอบที่อัตราส่วนภาระ (R) ค่าเดียวกันที่ (R) = 0.33 เพื่อเปรียบเทียบให้เห็นถึงพฤติกรรมการเติบโตรอยร้าวที่เกิดขึ้นและจากการทดสอบพบว่า ที่อัตราส่วนภาระเดียวกัน (R) = 0.33 พบว่าอัตราการเติบโตของรอยร้าวที่สภาวะการทดสอบของ dry argon สูงกว่าอากาศ(air) ที่อัตราส่วนภาระ (R) สูงขึ้นแนวโน้มของพิสัยตัวประกอบความเข้มของความเค้น (ΔK) ลดลง

- W. Hoepper และ C. David [9] ได้ศึกษาและทำการทดสอบในวัสดุเหล็กเกรด A612-B ภายใต้สภาพสภาวะแวดล้อมของอุณหภูมิกับอัตราส่วนภาระ (R) โดยทำการทดสอบแสดงถึงผลของสภาวะแวดล้อมของอุณหภูมิห้องและที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิห้องที่อัตราส่วนภาระ (R = 0.1, 0.67) โดยแสดงให้เห็นว่าอัตราส่วนภาระ (R) และอุณหภูมิที่แตกต่างกันมีผลต่ออัตราการเติบโตของรอยร้าวและแนวโน้มที่เกิดขึ้น และจากการทดสอบพบว่าเมื่ออัตราส่วนภาระ (R) เพิ่มขึ้น จะมีผลทำให้พิสัยตัวประกอบความเข้มของความเค้น (ΔK) ลดลง และเมื่ออุณหภูมิลดลงทำให้อัตราการเติบโตของรอยร้าวเนื่องจากความล้าลดลงเช่นกัน

- T.R. Leax, T.R. Fabis, P.K. Liaw และ J.K. Donald [10] ได้มุ่งเน้นที่จะศึกษาถึงพฤติกรรมของอัตราการเติบโตรอยร้าวเนื่องจากความล้าในวัสดุเหล็กชนิด Mn-Cr Austenitic ที่อยู่ภายใต้สภาพสภาวะแวดล้อมของอากาศ(air) และมีความชื้นสัมพัทธ์เข้ามาเกี่ยวข้องในขณะทำการทดสอบที่ระดับของความถี่ต่าง ๆ และได้กำหนดอัตราส่วนภาระ (R) ที่แตกต่างกัน คือ (R) = 0.1, 0.5 จากการทดสอบได้ทำการเปรียบเทียบที่อัตราส่วนภาระ (R) ที่ต่างกันมีผลต่ออัตราการเติบโตของรอยร้าวในลักษณะใด และจากการทดสอบพบว่าเมื่อความถี่ลดลงทำให้อัตราการเติบโตของรอยร้าวเนื่องจากความล้าเพิ่มขึ้น และเมื่ออัตราส่วนภาระ (R) เพิ่มขึ้นทำให้อัตราการเติบโตของรอยร้าวเนื่องจากความล้าเพิ่มขึ้นเช่นกัน

- W.J. Mills และ L.A. James [11] ได้ศึกษาเกี่ยวกับการเติบโตของรอยร้าวและพฤติกรรมของอัตราการเติบโตของรอยร้าวเนื่องจากความล้าในวัสดุที่เป็น Stainless โดยเลือกใช้เกรด CF8 ได้ทำการทดสอบที่อัตราส่วนภาระ (R) = 0.05 ขนาดความถี่ (f)= 0.67 Hz. เลือกทดสอบภายใต้สภาพสภาวะของอุณหภูมิที่ระดับต่างกัน โดยแสดงให้เห็นถึงผลของอุณหภูมิที่มีการเปลี่ยนแปลงจะส่งผลต่ออัตราการเติบโตของรอยร้าวในช่วงแรกของการเติบโตรอยร้าวในลักษณะใด และแนวโน้มของอัตราส่วนภาระ (R) มีผลต่ออัตราการเติบโตของรอยร้าวเนื่องจากความล้าในลักษณะใด และจากการทดสอบพบว่าอุณหภูมิมีผลต่อการเติบโตของรอยร้าวเนื่องจากความล้าซึ่งพบว่าที่อุณหภูมิสูงขึ้น เมื่อทำการเปรียบเทียบที่อัตราส่วนภาระ (R) เดียวกัน พบว่าอัตราการเติบโตของรอยร้าวเนื่องจากความล้ามีแนวโน้มสูงขึ้น

- T.S. Srivatsan และ E.J. Coyne [12] ได้ทำการศึกษาถึงผลของภาระกระทำที่อยู่ภายใต้ของสภาวะแวดล้อมและพฤติกรรมของอัตราการเติบโตรอยร้าวเนื่องจากความล้าของวัสดุที่เป็น Aluminium-lithium alloys มีองค์ประกอบทางเคมีที่เป็นส่วนผสม 2 ชนิด ที่แตกต่างกัน โดยได้ทำการทดสอบภายใต้สภาพสภาวะแวดล้อมของอากาศแห้ง (Dry air) ที่มีระดับของความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า 2 % และน้ำกลั่น โดยพิจารณาถึงแนวโน้มและอัตราการเติบโตของรอยร้าวเนื่องจากความล้าที่เกิดขึ้นเพื่อทดสอบว่าภายใต้สภาพสภาวะแวดล้อมใดมีอัตราการเติบโตของรอยร้าวที่สูงกว่าและแนวโน้มที่เกิดขึ้นมีลักษณะเช่นใดในช่วงแรกของการเติบโตรอยร้าว และจากการทดสอบพบว่าวัสดุ Al-Li-Mn ที่สภาวะการทดสอบด้วยอากาศแห้งกับน้ำกลั่นพบว่าอัตราการเติบโตรอยร้าวที่สภาวะของน้ำกลั่นสูงกว่าที่สภาพอากาศแห้ง(Dry air) และในส่วนการทดสอบ วัสดุ Al-Cu-Li ที่สภาวะการทดสอบด้วยอากาศแห้ง(Dry air) กับ น้ำกลั่น พบว่าอัตราการเติบโตรอยร้าวที่สภาวะของน้ำกลั่นสูงกว่าอากาศแห้ง(Dry air) เช่นกัน

- A.T. Alpas, L. Ewards และ C.N. Reid [13] ได้นำเสนอผลการศึกษาถึงผลของอัตราส่วนภาระ (R) บนกราฟเส้นโค้งของอัตราการเติบโตรอยร้าวเนื่องจากความล้าในบริเวณใกล้ขีดเริ่มความล้า (Threshold regime) ได้ทำการเปรียบเทียบกันโดยการเลือกใช้วัสดุที่มีความต่างกัน 2 ชนิด คือ Metallic glass กับ Stainless steel ทำการทดสอบภายใต้สภาพสภาวะแวดล้อมของอุณหภูมิที่ (21 $^{\circ}C$) มีความชื้นสัมพัทธ์ที่ 55% ขนาดความถี่ f = 20 Hz. จากการทำการทดสอบหาความสัมพันธ์ระหว่าง R และ ΔK ของวัสดุที่มีความต่างกัน 2 ชนิด และจากการทดสอบแสดงผลให้เห็นว่าพฤติกรรมการเติบโตของรอยร้าวของวัสดุทั้ง 2 ชนิด มีความแตกต่างกันภายใต้สภาพสภาวะแวดล้อมเดียวกันอย่างไร และจากการทดสอบพบว่าอัตราการเติบโตรอยร้าวของ Metallic glass ที่อัตราส่วนภาระ (R) สูงขึ้นพิสัยตัวประกอบความเข้มของความเค้น (ΔK) มีแนวโน้มสูงขึ้น ส่วนการทดสอบด้วยวัสดุ Stainless steel พบว่าที่อัตราส่วนภาระ (R) สูงขึ้นพิสัยตัวประกอบความเข้มของความเค้น (ΔK) มีแนวโน้มลดลง

- R.R. Stephens, R.J. Stephens, L. Viet และ T.P. Alberson [14] ได้ศึกษาถึงพฤติกรรมของอัตราการเติบโตรอยร้าว (Crack growth) ของวัสดุ Titanium alloys เกรด β-21S โดยได้ทำการทดสอบภายใต้เงื่อนไขของการจำลองการบินซึ่งมี Fatigue load ทั้งขาขึ้นและขาลงของการจำลองการบินในแต่ละเที่ยวบินภายใต้อุณหภูมิที่แตกต่างกัน 2 ระดับ คือ ที่ภายใต้อุณหภูมิ (25 $^{\circ}C$) และที่ภายใต้อุณหภูมิ (175 $^{\circ}C$) ความถี่ที่ใช้ f = 20 Hz. โดยที่ Amplitude ของภาระแบบคงที่ และแสดงให้เห็นว่าภายใต้เงื่อนไขของการทดสอบทางด้านการบินพบว่า ที่อุณหภูมิ (175 $^{\circ}C$) ประมาณ 40–90 % ของความต้านทานการเติบโตรอยร้าว (Fatigue crack growth) สูงกว่าที่อุณหภูมิ (25 $^{\circ}C$) และจากการทดสอบพบว่าที่อัตราส่วนภาระสูงขึ้นโดยการเปรียบเทียบที่ R = 0.1 และ 0.5 พบว่าพิสัยตัวประกอบความเข้มของความเค้น (ΔK) ลดต่ำลงอย่างเห็นได้ชัด และทดสอบที่สภาวะอุณหภูมิสูงกว่าอัตราการเติบโตของรอยร้าวเนื่องจากความล้าสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบการทดสอบที่อัตราส่วนภาระเดียวกัน

- S.D. Antolovish และ L.S. Vesier [15] ได้ทำการศึกษาถึงผลต่างของอุณหภูมิที่ส่งผลต่ออัตราการเติบโตรอยร้าวเนื่องจากความล้าภายใต้สภาพสภาวะแวดล้อมที่อุณหภูมิปกติ และที่สูงกว่าอุณหภูมิห้อง โดยเลือกใช้วัสดุเหล็กเกรด Ti-6242 ทำการเปรียบเทียบผลของอัตราส่วนภาระ (R) ที่ต่างกัน และแสดงให้เห็นถึงผลของสภาพสภาวะแวดล้อมที่อุณหภูมิสูงขึ้นแนวโน้มของอัตราการเติบโตรอยร้าวที่อัตราส่วนภาระ (R) ที่ค่าเดียวกัน มีอัตราการเติบโตของรอยร้าวเนื่องจากความล้าจะแตกต่างกันอย่างเด่นชัด และจากการทดสอบพบว่าอัตราการเติบโตของรอยร้าวเนื่องจากความล้าที่อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิห้องมีค่าสูงกว่าเมื่อทำการทดสอบและเปรียบเทียบที่ อัตราส่วนภาระ (R) ที่ค่าเดียวกัน

- Y. Terutoshi, K. Masahara และ N. Hironobu [16] ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของพารามิเตอร์ที่มีต่ออัตราการเติบโตรอยร้าวเนื่องจากความล้าแบบไม่ต่อเนื่องในช่วงแรกของการเติบโตรอยร้าวซึ่งเกิดจากความล้าในวัสดุเหล็กที่มีส่วนผสมของ Carbon ที่แตกต่างกัน 3 ชนิด คือ 0.02 % Alkilled steel, Low carbon และ 0.19% Annealed เพื่อทดสอบภายใต้สภาพสภาวะแวดล้อมของอากาศ(air) กับ อาร์กอน (dry Argon) โดยที่ขณะทดสอบวัสดุได้รับภาระโหลดทั้งแบบ Rotating and Bending เพื่อเปรียบเทียบผลอัตราการเติบโตของรอยร้าวที่เกิดขึ้นในช่วง Threshold regime และนอกจากนี้ผลการทดสอบยังบ่งบอกว่าค่าของ Oxide วัสดุมีส่วนสำคัญต่อผลของอัตราการเติบโตแบบไม่ต่อเนื่องในช่วงดังกล่าวนี้ และจากการทดสอบพบว่า วัสดุ steel ชนิด low carbon ในสภาวะการทดสอบด้วย argon มีค่า threshold stress ต่ำกว่าในอากาศ(air) และมีอัตราการเติบโตของรอยร้าวเนื่องจากความล้าใน อาร์กอน (dry Argon) ช้ากว่า และนอกจากนี้ oxide ยังเป็นตัวชักนำให้เกิดรอยร้าวปิดเข้าหากันหรือเรียกว่า crack closure มีส่วนสำคัญที่ทำให้รอยร้าวไม่เติบโต

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดการทดสอบของผลงานวิจัยโดยสรุป

ลำดับที่	ผู้วิจัย	เรื่อง	วัสดุ	สภาวะทดสอบ	ผลการวิจัยโดยสรุป
1	P.C. PARIS R.J. BUCCI C.D. LITTLE	Fatigue Crack Propagation of D6AC Steel in Air and Distilled Water	D6AC-Steel	-ที่อากาศและน้ำกลั่น -ความถี่ 6,60,180 cpm. -อัตราส่วนภาระ 0.1 , 0.3 -ชิ้นวัสดุ CT Specimen	- เมื่อทดสอบที่อัตราส่วนภาระเดียวกันพบว่าอัตราการเติบโตของรอยร้าวภายใต้สภาวะของน้ำกลั่นสูงกว่าที่อากาศ (air) - ความถี่ที่ต่ำสุด 6 cpm. มีอัตราการเติบโตของรอยร้าวสูงกว่าความถี่ที่สูงสุด 180 cpm. และเมื่อทดสอบที่อัตราส่วนภาระเดียวกัน ดังนั้นสรุปได้ว่า ความถี่ยิ่งต่ำผลกระทบที่เกิดขึ้นยิ่งมาก
2	R.J. BUCCI P.C. PARIS R.W. HERTZBERG R.A. SCHIDT A.F. ANDFERSON	Fatigue Threshold Crack Propagation In Air and Dry Argon for a Ti-6a1-4v Alloy	Ti-6a1-4v Alloy	- ที่อากาศ กับ dry argon - ที่อัตราส่วนภาระ 0.186 , 0.311 0.2 , 0.33 - ชิ้นวัสดุ CT Specimen	-ที่อัตราที่อัตราส่วนภาระเดียวกัน (R =0.33) พบว่าอัตราการเติบโตของรอยร้าวที่สภาวะการทดสอบของ dry argon สูงกว่าอากาศ -ที่อัตราส่วนภาระสูงขึ้นแนวโน้มของพิสัยตัวประกอบความเข้มของความเค้นลดลง

ลำดับที่	ผู้วิจัย	เรื่อง	วัสดุ	สภาวะทดสอบ	ผลการวิจัยโดยสรุป
3	W. HOEPPER C. DAVID	The Effect of Temperature and R Ratio on Fatigue Crack Growth in A612 Grade B Steel	ASTM A612B Steel	-ที่ อุณหภูมิห้องและ –73 °c -ที่ อัตราส่วนภาระ 0.1, 0.67 -ใช้ชิ้นงาน CT Specimen	- เมื่อเพิ่มอัตราส่วนภาระจะทำให้ อัตราการเติบโตของรอยร้าวเนื่องจากความล้าเพิ่มขึ้น และทำให้พิสัยตัวประกอบความเข้มของความเค้นมีค่าลดลง - เมื่ออุณหภูมิลดลงทำให้ อัตราการเติบโตของรอยร้าวเนื่องจากความล้าลดลง
4	T.R. LEAX T.R. FABIS P.K. LIAW J.K. DONALD	Fatigue Crack Growth Behavior in an Mn-Cr Austenitic Steel	Mn-Cr AUSTENITIC Steel	-ที่ อากาศและมีความชื้นสัมพัทธ์ -ที่ ความถี่ 0.1, 1, 10 Hz -ที่ อัตราส่วนภาระ 0.1, 0.5 -ใช้ชิ้นงาน CT Specimen	- เมื่อความถี่ลดลงทำให้ อัตราการเติบโตของรอยร้าวเนื่องจากความล้าเพิ่มขึ้น - เมื่อเพิ่มอัตราส่วนภาระจะทำให้ อัตราการเติบโตของรอยร้าวเนื่องจากความล้าเพิ่มขึ้น
5	W.J.MILLS L.A.JAMES	Fatigue Crack Growth and Fracture Taughness Behavior of Cast Stainless Steel	ASME SA351 -GRADE CF8 -GRADE CF8M	-ที่ อุณหภูมิ 24, 371, 427, 538 °c -ที่ ความถี่ 0.67 Hz -ที่ อัตราส่วนภาระ 0.05 -ใช้ชิ้นงาน CT Specimen	- อุณหภูมิมีผลต่อการเติบโตของรอยร้าวซึ่งพบว่าที่อุณหภูมิสูงขึ้นที่อัตราส่วนภาระเดียวกันอัตราการเติบโตของรอยร้าวสูงขึ้น

ลำดับที่	ผู้วิจัย	เรื่อง	วัสดุ	สภาวะทดสอบ	ผลการวิจัยโดยสรุป
6	T.R. SRIVATSAN E.J. CONYNE	On The Role of Environment on The Fatigue Behavior of Two Aluminium - Lithium Alloy	Al-LI-Mn Al-Cu-Li-Mn	-ที่อากาศแห้ง dry air กับ น้ำกลั่น -ที่ ความถี่ 0.1, 0.33 ,0.6 Hz.	-วัสดุ Al-Li-Mn ที่สภาวะการทดสอบด้วยอากาศแห้งกับน้ำกลั่นพบว่าอัตราการเติบโตรอยร้าวที่สภาวะของน้ำกลั่นสูงกว่าอากาศแห้ง -วัสดุ Al-Cu-Li ที่สภาวะการทดสอบด้วยอากาศแห้งกับน้ำกลั่นพบว่าอัตราการเติบโตรอยร้าวที่สภาวะของน้ำกลั่นสูงกว่าอากาศแห้งเช่นกัน
7	A.T. ALPAS L. EWARD C.N. REID	The Effect of R-RATIO on near Threshold Fatigue Crack Growth in A metallic Glass and a Stainless Steel	-Metallic Glass -Stainless Steel	-ที่ อุณหภูมิห้อง 21 C -ความชื้นสัมพัทธ์ 55 % -อัตราส่วนภาระ 0.1,0.3,0.5 -ใช้ชิ้นงาน CT Specimen	-อัตราการเติบโตรอยร้าวของ Metallic Glass ที่อัตราส่วนภาระสูงขึ้นพิสัยตัวประกอบความเข้มของความเค้นมีแนวโน้มสูงขึ้น -อัตราการเติบโตรอยร้าวของ Stainless Steel ที่อัตราส่วนภาระสูงขึ้นพิสัยตัวประกอบความเข้มของความเค้นมีแนวโน้มลดลง

ลำดับที่	ผู้วิจัย	เรื่อง	วัสดุ	สภาวะทดสอบ	ผลการวิจัยโดยสรุป
8	R.R. STEPHENS R.J. STEPHENS T.P. ALBERSON L. VIET	Fatigue Crack Growth of B-21S Titanium Alloy Under Constant Amplitude and mini Twist Flight Spectra at 25 C and 175 C	-Titanium Alloy GRADE B-21S	-ที่อุณหภูมิ 25 C,175 C -ที่ความถี่ 20 Hz. -อัตราส่วนภาระ 0.1,0.5	-ที่อัตราส่วนภาระสูงขึ้นโดยการเปรียบเทียบที่ R =0.1,0.5 พบว่า พิสัยตัวประกอบความเข้มของความเค้นลดต่ำลงอย่างเห็นได้ชัด -ที่สภาวะอุณหภูมิสูงกว่าอัตราการเติบโตของรอยร้าวจะสูงกว่าเมื่อทดสอบที่อัตราส่วนภาระเดียวกัน
9	S.D ANTOLOVISH L.S. VESIER	Fatigue Crack Growth of Ti-642 as A Function of Temperature	Ti-642	-ที่อุณหภูมิห้อง -ที่อุณหภูมิสูงกว่าห้อง 700 F,1000 F -ที่อัตราส่วนภาระ 0.02, 0.1 -ชิ้นงาน CT Specimen	- อัตราการเติบโตของรอยร้าวที่อุณหภูมิสูงกว่าห้องพบว่าสูงกว่าเมื่อทดสอบที่อัตราส่วนภาระเดียวกัน
10	Y. TERUTOSHI K. MASAHARA N. HIRONOBU	Factors Affecting Non-Propagation Of Fatigue Crack a Low Carbon Steel	Ti-Cabon Steel 3 ชนิด 1. low carbon 2. 0.02% 3.0.19%	-ที่อากาศ กับ argon -รับโหลด rotating , bending -ชิ้นงาน Tension - Test specimen	-วัสดุ steel ชนิด low carbon ในสภาวะทดสอบด้วย argon มีค่า threshold Stress ต่ำกว่าในอากาศและมีอัตราการเติบโตของรอยร้าวใน argon ช้ากว่า -oxide เป็นตัวชักนำให้เกิดรอยร้าวปิดเข้าหากัน crack closure มีส่วนทำให้รอยร้าวไม่เติบโต