

## รายการอ้างอิง

- [1] Meguid S.A. Engineering Fracture Mechanics. (n.p.): Elsevier Applied Science, 1989.
- [2] ASTM E 647-05. Standard test method for measurement of fatigue crack growth rates. Vol.03.01: American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 2006: 647-691.
- [3] Griffith A.A. The phenomena of rupture and flow in solids. Philosophical Transactions 221 (1920): 163-198.
- [4] Irwin, G.R. Onset of Fast Crack Propagation in High Strength Steel and Aluminium Alloys. Sagamore Research Conference Proceedings 2 (1956): 289-305.
- [5] Suresh, S. Fatigue of Materials. Cambridge University Press, 1988.
- [6] Anderson, T.L. Fracture mechanics : Fundamentals and application. Boston: CRC Press Inc, 1991.
- [7] Corten, A.T., and Gallagher, J.P. Fatigue Crack Propagation of D6AC Steel in Air and Distilled Water. American Society for Testing and Materials Philadelphia, 1972:196-216.
- [8] Bucci, R.J., Paris, P.C., Hertzberg, R.W., Schidt, R.A., and Andferson, A.F. Fatigue threshold crack propagation in air and dry argon for a Ti-6a1-4v alloy. American Society for Testing and Materials. Philadelphia, 1972: 125-140.

- [9] Hoepper, W., and David, C. The effect of temperature and R-ratio on fatigue crack growth in A-612 grade B steel. Engineering Fracture Mechanics 12 (1979): 23-31.
- [10] Leax, T.R., Fabis, T.R., Liaw, P.K., and Donald, J.K. Fatigue crack growth behaviour in an Mn-Cr Austenitic steel. Engineering Fracture Mechanics 26 (1987): 1-13.
- [11] Mills, W.J., and James, L.A. Fatigue crack growth and fracture toughness behaviour of cast stainless steel. Engineering Fracture Mechanics 24 (1988): 423-434.
- [12] Srivatsan, T.S., and Coyne, E.J. On the role of environment on the fatigue behaviour of two aluminum-lithium alloys. Engineering Fracture Mechanics 36 (1990): 123-135.
- [13] Alpas, A.L., Edwards, L., and Reid C.N. The effect of R-ratio on near threshold fatigue crack growth in a metallic glass and a stainless steel. Engineering Fracture Mechanics 36 (1990): 79-92.
- [14] Stephens, R.R., Stephens, R.I., Viet, L., and Alberston, T.P. Fatigue crack growth of B-21S titanium alloy under constant amplitude and Mini-twist flight spectra at 25 C and 175 C. Journal of Engineering Materials and Technology 119 (1997): 387-392.
- [15] Antolovich, S.D., and Vesier, L.S. Fatigue crack growth of Ti-6242 as a function of temperature and waveform. Engineering Fracture Mechanics 37 (1990): 753-775.

- [16] Terutoshi, Y., Masaharu, K., and Hironobu, N. Factors affecting non-propagation of fatigue crack in a low carbon steel : Effect of oxide- induced crack closure. JSME International Journal 44 (2001): 138-143.
- [17] ยุทธนา เจริญวงศ์. การวิเคราะห์อายุความล้าภายใต้ภาวะเกินพิกัดในวัสดุเพลลาขาว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538.
- [18] ยอดยิ่ง หมวกงาม. การพัฒนาและการประยุกต์คลิปป์เงากับการทดสอบการแตกหัก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.
- [19] สโรจน์ แพพันธ์เจริญ. อิทธิพลของบริเวณพลาสติกที่มีต่อความล้าของเหล็กเพลากลมที่รอยบาก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2536.
- [20] ภาณุ ประทุมมนพรัตน์. การวิเคราะห์ผลของความหนาขึ้นทดสอบต่อการทดสอบความต้านทานในการแตกร้าภายใต้ภาวะความเครียดระนาบของท่อเหล็ก เอ.เอส.เอ็ม.อี.เอส.เอ 335 เกรด พี 22. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539.
- [21] Ewalds, H.L., and Wanhill, R.J.H. Fracture mechanics. Edward Arnold Publishers Ltd., 1985.
- [22] Tyson, W.R., and Mukherjee, L. Proceedings of The International Symposium on Fracture Mechanics. Pergamon Press Maxwell House Fairview Park 6 (1988): 2-18.
- [23] Sanford, R.J. Principles of Fracture Mechanics. USA.; Prentice Hall, 2003.

- [24] Barsom, J.M., and Rolf, T.R. Fracture and Fatigue control in Structures  
: Applications of Fracture Mechanics. Third Edition : American Society  
for Testing and Materials, Philadelphia, 1999.
- [25] Douglas, C.M. Design and Analysis of Experiments. John Wiley&Sons. Inc., 1997.
- [26] ASTM E 399-05. Standard test method for Plane-Strain Fracture Toughness of  
Metallic Materials. Vol. 03.01 : American Society for Testing and  
Materials, Philadelphia, 2006: 447-508.

ภาคผนวก

## ภาคผนวก ก

### คุณสมบัติทางกลของเหล็กกล้า JIS SCM 440

ภาคผนวกนี้แสดงรายละเอียดของมาตรฐานเหล็กกล้าเทียบเคียง คุณสมบัติทางกล และองค์ประกอบทางเคมีของเหล็กกล้าชนิด JIS SCM 440 ที่ผู้วิจัยนำมาใช้เป็นชิ้นเหล็กกล้า ทดสอบรูปแบบ Compact-tension (CT-Specimen) ขนาดกว้าง 2 นิ้ว หนา 1 นิ้ว และยึดชิ้นเหล็กกล้าเข้ากับ grip และ fixture เพื่อใช้ในการทดสอบแบบ Tension-tension testing ซึ่งระบุอยู่ในขั้นตอนคำแนะนำของมาตรฐานการทดสอบ ASTM E647-05

#### ก.1 มาตรฐานเหล็กกล้าเทียบเคียง

ตารางที่ ก.1 ตารางเทียบเกรดมาตรฐานเหล็กกล้าเทียบเคียง<sup>1</sup>

ผู้ผลิต	สหรัฐอเมริกา	เยอรมัน	ออสเตรีย	สวีเดน	ญี่ปุ่น	จีน
มาตรฐาน	AISI	DIN	BOHLER	ASSAB	JIS	GB
สัญลักษณ์	4140	42CrMo4	VCL 140	709	SCM 440	42CrMo

<sup>1</sup> หน่วยบริการทางเทคนิคสำหรับอุตสาหกรรมโลหะ, ตารางเทียบเกรดมาตรฐานและหนังสืออ้างอิง  
ชนิดของโลหะ, ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ, 2544. แหล่งที่มา : // www.mtec.or.th

## ก.2 คุณสมบัติทางกลของเหล็กกล้า JIS SCM 440 ที่นำมาใช้ในการทดสอบ

ตารางที่ ก.2 คุณสมบัติทางกล<sup>2</sup> ของเหล็กกล้า JIS SCM 440

Material	Yield Strength (MPa)	Tensile Strength (MPa)	Elongation (% EL.)	Hardness (HRC)
JIS SCM 440	875.03	1026.61	18.40	30.2

## ก.3 องค์ประกอบทางเคมีของเหล็กกล้า JIS SCM 440

โดยทั่วไปเหล็กกล้าเป็นเหล็กที่มีปริมาณธาตุคาร์บอนอยู่ระหว่างร้อยละ 0.10 ถึง 1.00 ส่วน และมีโลหะประเภทอื่นผสมอยู่และมีเป็นปริมาณน้อยจนแทบไม่มีความสำคัญ และอาจจะผสมอยู่ในเหล็กกล้าโดยไม่ตั้งใจ หรือเป็นธาตุที่ขจัดออกไม่หมดในระหว่างการผลิตเหล็กกล้า เช่น ซิลิคอน แมงกานีส ฟอสฟอรัส กำมะถัน โบรอน และทองแดง

ส่วนเหล็กกล้าตามมาตรฐาน JIS SCM 440 ที่ผู้วิจัยนำมาใช้เป็นชิ้นเหล็กกล้าทดสอบแบบ Compact-tension (CT) มีปริมาณคาร์บอนผสมอยู่ระหว่างร้อยละ 0.38 – 0.43 เปอร์เซ็นต์

ตาราง ก.3 องค์ประกอบทางเคมี<sup>2</sup> ของเหล็กกล้า JIS SCM 440

คาร์บอน (C)	ซิลิคอน (Si)	แมงกานีส (Mn)	ฟอสฟอรัส (P)	กำมะถัน (S)	ทองแดง (Cu)	นิกเกิล (Ni)	โครเมียม (Cr)	โมลิบดีนัม (Mo)
0.40 %	0.22 %	0.80 %	0.17 %	0.19 %	0.14 %	0.07 %	1.04 %	0.16 %

<sup>2</sup> ข้อมูลจากบริษัทผู้นำเข้าเหล็กกล้า บริษัทกรุงเทพเหล็กกล้า จำกัด 74/10 ตรอกนอกเขต ถนนพระราม 3 ซอยนนทบุรี ยานนาวา กรุงเทพฯ 10120 โทร 02-6830260-73 (เอกสารไม่ตีพิมพ์เผยแพร่) Himeji works, Inspection Certificate, Godo Steel, Japan, Shikama-KU, Hyogo Pref, March 1997.

## ภาคผนวก ข

### ข้อมูลจากการทดสอบและการประมวลผล

#### ข.1 ข้อมูลการสร้างรอยร้าวก่อนหน้า

ในส่วนนี้เป็นข้อมูลพื้นฐานเพื่อใช้เป็นแนวทางในการทดสอบ และกำหนดขนาดของภาวะเริ่มต้น และการปรับลดภาวะเมื่อรอยร้าวเริ่มมีการเติบโตซึ่งเป็นขั้นตอนก่อนเริ่มบันทึก เก็บข้อมูลเพื่อการประมวลผล สำหรับการทดสอบมีความจำเป็นอย่างมากที่จะต้องทำการขจัดความเค้นตกค้าง (Residual Stress) ที่หลงเหลืออยู่ที่ ณ บริเวณปลายรอยบากทางกล (notch) ที่เกิดจากกระบวนการผลิตขึ้นเหล็กกล้าทดสอบ JIS SCM 440 ของเหล็กกล้าทดสอบให้หมดไป

เนื่องจากการสร้างรอยร้าวก่อนหน้าในแต่ละวัสดุที่ใช้ในการทดสอบจะเสียเวลาอย่างมาก หากไม่ทราบข้อมูลของภาวะ รอบ และการปรับลดภาวะในการทดสอบเพื่อใช้กับชิ้นงานที่จะทำการทดสอบ ในส่วนนี้จะแสดงข้อมูลเริ่มต้นที่รอยร้าวเริ่มเติบโต และเริ่มทำการปรับลดภาวะในขั้นตอนนี้จะทำการปรับลดภาวะไม่เกิน 12 % ของภาวะก่อนหน้า ทั้งนี้เพื่อป้องกันรอยร้าวไม่เติบโต (มาตรฐานกำหนดไม่เกิน 20 %) และทำการปรับลดภาวะลงจนรอยร้าวมีขนาดไม่ต่ำกว่า 3 มม. จากนั้นจึงเริ่มปรับภาวะให้มีขนาดอัตราส่วนภาวะของการทดสอบที่จะทำการทดสอบต่อไปซึ่งในขั้นตอนนี้อัตราส่วนภาวะต้องคงที่ในทุกช่วงของการปรับลดภาวะลง จากแนวทางการทดสอบที่กล่าวมานี้ เพื่อใช้เป็นข้อมูลจุดสังเกตสำหรับผู้ที่จะทำงานวิจัยต่อเนื่องต่อไป



ตารางที่ ข.1.1 สภาวะการทดสอบหาอัตราการเติบโตของรอยร้าวเนื่องจากความล้า

ชิ้นเหล็กกล้า ทดสอบ	รูปแบบของ คลื่นภาระ	ความถี่ ( Hz.)	ภาระสูงสุด ( ตัน )	ภาระต่ำสุด ( ตัน )	สภาวะการทดสอบ
JIS SCM 440 CT-Specimen ( กว้าง 2 นิ้ว หนา 1 นิ้ว )	Sine wave	10	2.50	1.30	1. ทดสอบแบบ Tension-tension testing  2. จุดหนีห้อย และอยู่ใน สภาวะไม่กัดกร่อน

ตารางที่ ข.1.2 ข้อมูลการสร้างรอยร้าวก่อนหน้าของชิ้นเหล็กกล้าทดสอบ JIS SCM 440

ที่อัตราส่วนภาวะ ( $R = 0.1$ )

จำนวนรอบ (รอบ)	ความยาวรอยร้าว ( มม.)			หมายเหตุ
	ด้านหน้า	ด้านหลัง	ค่าเฉลี่ย	
<u>ชั้นที่ 1</u>				
530400	0.30	0.00	0.15	รอยร้าวเริ่มปรากฏที่ปลาย notch ปรับภาวะลงไม่เกิน 12 % ของภาวะก่อนหน้า  เตรียมเก็บข้อมูล ( ความยาวรอยร้าวสูงกว่า 3 mm.) พร้อมปรับภาวะลงไม่เกิน 8% ของภาวะก่อนหน้า
713000	1.32	0.00	0.66	
762886	2.63	0.52	1.58	
813772	3.50	1.40	2.45	
874600	4.10	2.00	3.05	
910200	5.02	2.12	3.57	
<u>ชั้นที่ 2</u>				
620002	1.20	0.00	0.60	รอยร้าวเริ่มปรากฏที่ปลาย notch ปรับภาวะลงไม่เกิน 12 % ของภาวะก่อนหน้า  เตรียมเก็บข้อมูล ( ความยาวรอยร้าวสูงกว่า 3 mm.) พร้อมปรับภาวะลงไม่เกิน 8% ของภาวะก่อนหน้า
680024	1.81	0.00	0.91	
745000	2.60	0.00	1.30	
812520	3.20	0.08	1.64	
930725	3.24	1.10	2.17	
1056630	4.81	1.30	3.06	
1100261	5.34	1.16	3.25	
<u>ชั้นที่ 3</u>				
720010	0.00	0.54	0.27	รอยร้าวเริ่มปรากฏที่ปลาย notch ปรับภาวะลงไม่เกิน 12 % ของภาวะก่อนหน้า  เตรียมเก็บข้อมูล ( ความยาวรอยร้าวสูงกว่า 3 mm.) พร้อมปรับภาวะลงไม่เกิน 8% ของภาวะก่อนหน้า
800726	0.00	1.21	0.61	
910422	0.34	1.90	1.12	
1244504	1.42	4.00	2.71	
1302706	2.00	4.22	3.11	

ตารางที่ ข.1.3 ข้อมูลการสร้างรอยร้าวก่อนหน้าของชิ้นเหล็กกล้าทดสอบ JIS SCM 440

ที่อัตราส่วนภาวะ ( $R = 0.3$ )

จำนวนรอบ (รอบ)	ความยาวรอยร้าว ( มม.)			หมายเหตุ
	ด้านหน้า	ด้านหลัง	ค่าเฉลี่ย	
<b>ชั้นที่ 1</b>				
418900	0.00	0.40	0.20	รอยร้าวเริ่มปรากฏที่ปลาย notch ปรับภาวะลงไม่เกิน 12 % ของภาวะก่อนหน้า  เตรียมเก็บข้อมูล ( ความยาวรอยร้าวสูงกว่า 3 mm.) พร้อมปรับภาวะลงไม่เกิน 8% ของภาวะก่อนหน้า
582002	0.00	1.20	0.60	
600006	0.00	2.10	1.05	
700100	0.50	3.10	1.80	
741104	1.40	1.40	1.40	
800020	1.52	3.72	2.62	
910300	1.84	4.36	3.10	
<b>ชั้นที่ 2</b>				
512100	0.51	0.00	0.26	รอยร้าวเริ่มปรากฏที่ปลาย notch ปรับภาวะลงไม่เกิน 12 % ของภาวะก่อนหน้า  เตรียมเก็บข้อมูล ( ความยาวรอยร้าวสูงกว่า 3 mm.) พร้อมปรับภาวะลงไม่เกิน 8% ของภาวะก่อนหน้า
580210	1.02	0.00	0.51	
648002	1.80	0.10	0.95	
700100	2.40	0.40	1.40	
740310	3.42	1.05	2.24	
800936	3.72	1.18	2.45	
931000	4.62	1.20	2.91	
985944	4.74	1.58	3.16	
<b>ชั้นที่ 3</b>				
650005	0.80	0.10	0.45	รอยร้าวเริ่มปรากฏที่ปลาย notch ปรับภาวะลงไม่เกิน 12 % ของภาวะก่อนหน้า  เตรียมเก็บข้อมูล ( ความยาวรอยร้าวสูงกว่า 3 mm.) พร้อมปรับภาวะลงไม่เกิน 8% ของภาวะก่อนหน้า
710214	1.70	0.24	0.97	
760321	2.43	0.30	1.37	
810926	3.26	1.10	2.18	
870306	4.00	1.70	2.85	
951436	4.60	1.80	3.20	

ตารางที่ ข.1.4 ข้อมูลการสร้างรอยร้าวก่อนหน้าของชิ้นเหล็กกล้าทดสอบ JIS SCM 440

ที่อัตราส่วนภาวะ ( $R = 0.5$ )

จำนวนรอบ (รอบ)	ความยาวรอยร้าว ( มม.)			หมายเหตุ
	ด้านหน้า	ด้านหลัง	ค่าเฉลี่ย	
<b>ชั้นที่ 1</b>				
680432	0.95	0.24	0.60	รอยร้าวเริ่มปรากฏที่ปลาย notch ปรับภาระลงไม่เกิน 12 % ของภาระก่อนหน้า  เตรียมเก็บข้อมูล ( ความยาวรอยร้าวสูงกว่า 3 mm.) พร้อมปรับภาระลงไม่เกิน 8% ของภาระก่อนหน้า
842156	2.20	0.40	1.30	
880920	3.40	0.82	2.11	
930742	4.26	1.10	2.68	
1051611	5.20	1.50	3.35	
<b>ชั้นที่ 2</b>				
800126	1.24	0.30	0.77	รอยร้าวเริ่มปรากฏที่ปลาย notch ปรับภาระลงไม่เกิน 12 % ของภาระก่อนหน้า  เตรียมเก็บข้อมูล ( ความยาวรอยร้าวสูงกว่า 3 mm.) พร้อมปรับภาระลงไม่เกิน 8% ของภาระก่อนหน้า
902514	1.82	0.64	1.23	
920400	2.81	1.02	1.92	
930812	2.90	1.12	2.01	
974502	3.60	1.52	2.56	
1012674	4.80	2.01	3.41	
<b>ชั้นที่ 3</b>				
680000	0.00	1.80	0.90	รอยร้าวเริ่มปรากฏที่ปลาย notch ปรับภาระลงไม่เกิน 12 % ของภาระก่อนหน้า  เตรียมเก็บข้อมูล ( ความยาวรอยร้าวสูงกว่า 3 mm.) พร้อมปรับภาระลงไม่เกิน 8% ของภาระก่อนหน้า
742215	0.80	2.40	1.60	
780926	1.20	2.96	2.08	
826514	1.40	3.54	2.47	
1011262	1.72	4.26	2.99	
1210431	2.01	5.12	3.57	

ตารางที่ ข.1.5 ข้อมูลการสร้างรอยร้าวก่อนหน้าของชิ้นเหล็กกล้าทดสอบ JIS SCM 440

ที่อัตราส่วนภาวะ ( $R = 0.7$ )

จำนวนรอบ (รอบ)	ความยาวรอยร้าว ( มม.)			หมายเหตุ
	ด้านหน้า	ด้านหลัง	ค่าเฉลี่ย	
<u>ชั้นที่ 1</u>				
540000	0.85	0.00	0.43	รอยร้าวเริ่มปรากฏที่ปลาย notch ปรับภาระลงไม่เกิน 12 % ของภาวะก่อนหน้า  เตรียมเก็บข้อมูล ( ความยาวรอยร้าวสูงกว่า 3 mm.) พร้อมปรับภาระลงไม่เกิน 8% ของภาวะก่อนหน้า
694160	1.50	0.00	0.75	
746200	2.20	0.60	1.40	
987301	3.52	1.20	2.36	
1105200	4.80	2.46	3.63	
<u>ชั้นที่ 2</u>				
748000	0.00	1.04	0.52	รอยร้าวเริ่มปรากฏที่ปลาย notch ปรับภาระลงไม่เกิน 12 % ของภาวะก่อนหน้า  เตรียมเก็บข้อมูล ( ความยาวรอยร้าวสูงกว่า 3 mm.) พร้อมปรับภาระลงไม่เกิน 8% ของภาวะก่อนหน้า
782512	0.00	1.80	0.90	
821306	0.74	2.50	1.62	
870932	1.56	3.40	2.48	
921543	1.81	4.21	3.01	
<u>ชั้นที่ 3</u>				
710000	0.00	0.92	0.46	รอยร้าวเริ่มปรากฏที่ปลาย notch ปรับภาระลงไม่เกิน 12 % ของภาวะก่อนหน้า  เตรียมเก็บข้อมูล ( ความยาวรอยร้าวสูงกว่า 3 mm.) พร้อมปรับภาระลงไม่เกิน 8% ของภาวะก่อนหน้า
760000	0.20	1.60	0.90	
810200	0.52	2.24	1.38	
900002	1.00	3.08	2.04	
1100480	1.28	5.12	3.20	

ข.2 ข้อมูลจากการทดสอบเพื่อใช้สำหรับการประมวลผล

ข้อมูลจากการทดสอบ ณ สภาวะการทดสอบที่อัตราส่วนภาวะ ( $R = 0.1$ )

ทดสอบจำนวน 3 ชั้น

ตารางที่ ข.2.1 ข้อมูลผลของการทดสอบชั้นเหล็กกล้าทดสอบที่ 1 ( $R = 0.1$ )

ลำดับ ที่	ภาวะโหลดสูงสุด (ตัน)	ภาวะโหลดต่ำสุด (ตัน)	จำนวนรอบ (รอบ)	ความยาวรอยร้าว ( มม.)			a/w	(da /dN)	$\Delta K$
				ด้านหน้า	ด้านหลัง	ค่าเฉลี่ย			
1	1.500	0.150	932016	5.20	2.14	3.67	0.27		
2	1.380	0.138	1006133	5.94	2.42	4.18	0.28	6.88E-06	19.199
3	1.270	0.127	1120612	6.67	2.71	4.69	0.29	4.45E-06	18.445
4	1.168	0.117	1274216	7.28	3.12	5.20	0.30	3.32E-06	17.687
5	1.075	0.107	1610143	8.03	3.58	5.81	0.31	1.80E-06	17.054
6	0.989	0.099	1952514	8.79	3.71	6.25	0.32	1.30E-06	16.219
7	0.910	0.091	2415916	9.02	4.50	6.76	0.33	1.10E-06	15.480
8	0.837	0.084	2960900	9.76	4.80	7.28	0.34	9.54E-07	14.766
9	0.770	0.077	3616926	10.06	5.48	7.77	0.35	7.47E-07	14.040
10	0.708	0.071	5332514	10.46	6.10	8.28	0.36	2.97E-07	13.354
11	0.652	0.065	7962581	11.60	6.13	8.87	0.37	2.22E-07	12.749
12	0.599	0.060	13516732	12.01	6.73	9.37	0.38	9.09E-08	12.099

ตารางที่ ข.2.2 ข้อมูลผลของการทดสอบชิ้นเหล็กกล้าทดสอบที่ 2 ( $R = 0.1$ )

ลำดับ ที่	ภาระโหลดสูงสุด (ตัน)	ภาระโหลดต่ำสุด (ตัน)	จำนวนรอบ (รอบ)	ความยาวรอยร้าว ( มม.)			a/w	(da /dN)	$\Delta K$
				ด้านหน้า	ด้านหลัง	ค่าเฉลี่ย			
1	1.500	0.150	1106470	5.36	2.04	3.70	0.27		
2	1.380	0.138	1178274	5.59	3.01	4.30	0.28	8.36E-06	19.399
3	1.270	0.127	1253684	5.84	3.80	4.82	0.29	6.90E-06	18.643
4	1.168	0.117	1391110	6.52	4.15	5.34	0.30	3.75E-06	17.876
5	1.075	0.107	1696512	7.17	4.50	5.84	0.31	1.64E-06	17.093
6	0.989	0.099	2151684	7.66	5.12	6.39	0.33	1.22E-06	16.386
7	0.910	0.091	3242648	8.36	5.50	6.93	0.34	4.95E-07	15.666
8	0.837	0.084	4884726	9.00	5.92	7.46	0.35	3.23E-07	14.948
9	0.770	0.077	6790584	9.75	6.32	8.04	0.36	3.02E-07	14.287
10	0.708	0.071	9016512	10.40	6.70	8.55	0.37	2.31E-07	13.586
11	0.652	0.065	12136518	11.02	7.10	9.06	0.38	1.63E-07	12.904
12	0.599	0.060	15558716	11.56	7.58	9.57	0.39	1.49E-07	12.246

ตารางที่ ข.2.3 ข้อมูลผลของการทดสอบขึ้นเหล็กกล้าทดสอบที่ 3 ( $R = 0.1$ )

ลำดับ ที่	ภาระโหลดสูงสุด (ตัน)	ภาระโหลดต่ำสุด (ตัน)	จำนวนรอบ (รอบ)	ความยาวรอยร้าว ( มม.)			a/w	(da /dN)	$\Delta K$
				ด้านหน้า	ด้านหลัง	ค่าเฉลี่ย			
1	1.500	0.150	1320608	2.43	4.81	3.62	0.27		
2	1.380	0.138	1345468	2.84	5.42	4.13	0.28	2.05E-05	19.116
3	1.270	0.127	1391394	3.31	5.99	4.65	0.29	1.13E-05	18.383
4	1.168	0.117	1459258	3.79	6.59	5.19	0.30	7.96E-06	17.673
5	1.075	0.107	1574787	4.20	7.18	5.69	0.31	4.33E-06	16.905
6	0.989	0.099	1726261	4.62	7.80	6.21	0.32	3.43E-06	16.172
7	0.910	0.091	1966891	5.01	8.51	6.76	0.33	2.29E-06	15.480
8	0.837	0.084	2336752	5.42	9.12	7.27	0.34	1.38E-06	14.756
9	0.770	0.077	3102516	5.80	9.80	7.80	0.35	6.92E-07	14.068
10	0.708	0.071	5123427	6.12	10.48	8.30	0.36	2.47E-07	13.371
11	0.652	0.065	8571956	6.42	11.30	8.86	0.37	1.62E-07	12.745
12	0.599	0.060	13418926	6.54	12.28	9.41	0.38	1.13E-07	12.128



ข้อมูลจากการทดสอบ ณ สภาวะการทดสอบที่อัตราส่วนภาวะ ( $R = 0.3$ )

ทดสอบจำนวน 3 ชั้น

ตารางที่ ข.2.4 ข้อมูลผลของการทดสอบชั้นเหล็กกล้าทดสอบที่ 1 ( $R = 0.3$ )

ลำดับ ที่	ภาวะโหลดสูงสุด (ตัน)	ภาวะโหลดต่ำสุด (ตัน)	จำนวนรอบ (รอบ)	ความยาวรอยร้าว ( มม.)			a/w	(da /dN)	$\Delta K$
				ด้านหน้า	ด้านหลัง	ค่าเฉลี่ย			
1	1.500	0.450	1301578	2.08	4.66	3.37	0.27		
2	1.380	0.414	1333488	2.48	5.40	3.94	0.28	1.79E-05	14.621
3	1.270	0.381	1387361	2.90	6.02	4.46	0.29	9.65E-06	14.072
4	1.168	0.350	1474206	3.30	6.62	4.96	0.30	5.76E-06	13.494
5	1.075	0.322	1582681	3.90	6.98	5.44	0.31	4.42E-06	12.897
6	0.989	0.297	1748261	4.50	7.46	5.98	0.32	3.26E-06	12.365
7	0.910	0.273	1975872	4.78	8.22	6.50	0.33	2.28E-06	11.819
8	0.837	0.251	2305762	5.21	8.85	7.03	0.34	1.61E-06	11.288
9	0.770	0.231	3162518	5.70	9.40	7.55	0.35	6.07E-07	10.761
10	0.708	0.212	5129728	5.80	10.38	8.09	0.36	2.75E-07	10.260
11	0.652	0.195	8521628	6.20	11.14	8.67	0.37	1.71E-07	9.796
12	0.599	0.180	13518926	6.54	11.78	9.16	0.38	9.81E-08	9.290

ตารางที่ ข.2.5 ข้อมูลผลของการทดสอบขึ้นเหล็กกล้าทดสอบที่ 2 ( $R = 0.3$ )

ลำดับ ที่	ภาระโหลดสูงสุด (ตัน)	ภาระโหลดต่ำสุด (ตัน)	จำนวนรอบ (รอบ)	ความยาวรอยร้าว ( มม.)			a/w	(da /dN)	$\Delta K$
				ด้านหน้า	ด้านหลัง	ค่าเฉลี่ย			
1	1.500	0.450	1021004	4.81	1.99	3.40	0.27		
2	1.380	0.414	1088516	5.32	2.52	3.92	0.28	7.70E-06	14.595
3	1.270	0.381	1171500	5.71	3.09	4.40	0.29	5.78E-06	14.000
4	1.168	0.350	1354206	6.21	3.59	4.90	0.30	2.74E-06	13.428
5	1.075	0.322	1601742	6.72	4.10	5.41	0.31	2.06E-06	12.867
6	0.989	0.297	1951916	7.00	4.94	5.97	0.32	1.60E-06	12.356
7	0.910	0.273	2374518	7.52	5.46	6.49	0.33	1.23E-06	11.810
8	0.837	0.251	3000008	8.10	5.92	7.01	0.34	8.31E-07	11.273
9	0.770	0.231	4142916	8.61	6.49	7.55	0.35	4.72E-07	10.761
10	0.708	0.212	7362518	9.10	7.04	8.07	0.36	1.62E-07	10.246
11	0.652	0.195	13102558	9.64	7.18	8.41	0.36	5.92E-08	9.635

ตารางที่ ข.2.6 ข้อมูลผลของการทดสอบชิ้นเหล็กกล้าทดสอบที่ 3 ( $R = 0.3$ )

ลำดับ ที่	ภาระโหลดสูงสุด (ตัน)	ภาระโหลดต่ำสุด (ตัน)	จำนวนรอบ (รอบ)	ความยาวรอยร้าว ( มม.)			a/w	(da /dN)	$\Delta K$
				ด้านหน้า	ด้านหลัง	ค่าเฉลี่ย			
1	1.500	0.450	1201578	5.80	2.00	3.90	0.28		
2	1.380	0.414	1233488	6.44	2.48	4.46	0.29	1.75E-05	15.295
3	1.270	0.381	1287361	7.18	2.74	4.96	0.30	9.28E-06	14.667
4	1.168	0.350	1365206	7.86	3.10	5.48	0.31	6.68E-06	14.062
5	1.075	0.322	1482671	8.45	3.51	5.98	0.32	4.26E-06	13.440
6	0.989	0.297	1704261	9.18	3.84	6.51	0.33	2.39E-06	12.855
7	0.910	0.273	1987472	9.82	4.30	7.06	0.34	1.94E-06	12.296
8	0.837	0.251	2305762	10.38	4.78	7.58	0.35	1.63E-06	11.720
9	0.770	0.231	3162518	11.03	5.21	8.12	0.36	6.30E-07	11.174
10	0.708	0.212	5129728	11.62	5.74	8.68	0.37	2.85E-07	10.654
11	0.652	0.195	11521628	11.45	6.54	9.00	0.38	4.93E-08	9.996

ข้อมูลจากการทดสอบ ณ สภาวะการทดสอบที่อัตราส่วนภาระ ( $R = 0.5$ )

ทดสอบจำนวน 3 ชั้น

ตารางที่ ข.2.7 ข้อมูลผลของการทดสอบชั้นเหล็กกล้าทดสอบที่ 1 ( $R = 0.5$ )

ลำดับ ที่	ภาระโหลดสูงสุด (ตัน)	ภาระโหลดต่ำสุด (ตัน)	จำนวนรอบ (รอบ)	ความยาวรอยร้าว ( มม.)			a/w	(da /dN)	$\Delta K$
				ด้านหน้า	ด้านหลัง	ค่าเฉลี่ย			
1	1.500	0.750	1252234	5.83	1.81	3.82	0.27		
2	1.380	0.690	1340695	6.31	2.33	4.32	0.28	5.65E-06	10.796
3	1.270	0.635	1493167	6.70	2.96	4.83	0.29	3.34E-06	10.366
4	1.168	0.584	1713739	7.18	3.52	5.35	0.30	2.36E-06	9.943
5	1.075	0.537	1980586	7.56	4.14	5.85	0.31	1.87E-06	9.507
6	0.989	0.494	2334158	8.03	4.75	6.39	0.33	1.53E-06	9.103
7	0.910	0.455	2754409	8.51	5.31	6.91	0.34	1.24E-06	8.691
8	0.837	0.418	3452168	8.89	6.05	7.47	0.35	8.03E-07	8.310
9	0.770	0.385	4487599	9.51	6.51	8.01	0.36	5.22E-07	7.924
10	0.708	0.354	7856421	9.92	7.14	8.53	0.37	1.54E-07	7.538
11	0.652	0.326	10266512	10.40	7.66	9.03	0.38	2.07E-07	7.156
12	0.599	0.300	17525155	10.54	8.32	9.43	0.38	5.51E-08	6.746

ตารางที่ ข.2.8 ข้อมูลผลของการทดสอบชิ้นเหล็กกล้าทดสอบที่ 2 ( $R = 0.5$ )

ลำดับ ที่	ภาระโหลดสูงสุด (ตัน)	ภาระโหลดต่ำสุด (ตัน)	จำนวนรอบ (รอบ)	ความยาวรอยร้าว ( มม.)			a/w	(da /dN)	$\Delta K$
				ด้านหน้า	ด้านหลัง	ค่าเฉลี่ย			
1	1.500	0.750	1253214	4.90	2.45	3.68	0.27		
2	1.380	0.690	1348682	5.11	3.29	4.20	0.28	5.50E-06	10.685
3	1.270	0.635	1492268	5.20	4.28	4.74	0.29	3.76E-06	10.289
4	1.168	0.584	1715754	5.71	4.77	5.24	0.30	2.24E-06	9.857
5	1.075	0.537	1991588	6.20	5.32	5.76	0.31	1.89E-06	9.442
6	0.989	0.494	2334158	6.67	5.97	6.32	0.32	1.63E-06	9.057
7	0.910	0.455	2764412	7.30	6.36	6.83	0.33	1.19E-06	8.643
8	0.837	0.418	3450148	7.79	6.95	7.37	0.34	7.87E-07	8.254
9	0.770	0.385	4489554	8.21	7.53	7.87	0.35	4.81E-07	7.852
10	0.708	0.354	7855446	8.69	8.11	8.40	0.36	1.57E-07	7.476
11	0.652	0.326	10216511	9.12	8.70	8.91	0.37	2.16E-07	7.103
12	0.599	0.300	14851160	9.62	9.27	9.45	0.39	1.15E-07	6.752

ตารางที่ ข.2.9 ข้อมูลผลของการทดสอบชั้นเหล็กกล้าทดสอบที่ 3 ( $R = 0.5$ )

ลำดับ ที่	ภาระโหดสูงสุด (ตัน)	ภาระโหดต่ำสุด (ตัน)	จำนวนรอบ (รอบ)	ความยาวรอยร้าว ( มม.)			a/w	(da/dN)	$\Delta K$
				ด้านหน้า	ด้านหลัง	ค่าเฉลี่ย			
1	1.500	0.750	1310598	2.04	5.18	3.61	0.27		
2	1.380	0.690	1343458	2.65	5.57	4.11	0.28	1.52E-05	10.601
3	1.270	0.635	1392384	3.24	6.02	4.63	0.29	1.06E-05	10.196
4	1.168	0.584	1459258	3.80	6.50	5.15	0.30	7.78E-06	9.787
5	1.075	0.537	1564757	4.48	6.82	5.65	0.31	4.74E-06	9.363
6	0.989	0.494	1726261	5.11	7.31	6.21	0.32	3.47E-06	8.984
7	0.910	0.455	1965872	5.90	7.56	6.73	0.33	2.17E-06	8.582
8	0.837	0.418	2336752	6.42	8.10	7.26	0.34	1.43E-06	8.192
9	0.770	0.385	3092518	7.08	8.52	7.80	0.35	7.15E-07	7.816
10	0.708	0.354	5113828	7.56	9.04	8.30	0.36	2.47E-07	7.428
11	0.652	0.326	8561826	8.11	9.53	8.82	0.37	1.51E-07	7.063
12	0.599	0.300	14518926	8.24	10.30	9.27	0.38	7.55E-08	6.681

ข้อมูลจากการทดสอบ ณ สภาวะการทดสอบที่อัตราส่วนภาระ ( $R = 0.7$ )

ทดสอบจำนวน 3 ชั้น

ตารางที่ ข.2.10 ข้อมูลผลของการทดสอบชั้นเหล็กกล้าทดสอบที่ 1 ( $R = 0.7$ )

ลำดับ ที่	ภาระโหดสูงสุด (ตัน)	ภาระโหดต่ำสุด (ตัน)	จำนวนรอบ (รอบ)	ความยาวรอยร้าว ( มม.)			a/w	(da /dN)	$\Delta K$
				ด้านหน้า	ด้านหลัง	ค่าเฉลี่ย			
1	1.500	1.050	1247234	5.20	3.20	4.20	0.28		
2	1.380	0.966	1337692	5.74	3.74	4.74	0.29	5.97E-06	6.711
3	1.270	0.889	1493167	6.25	4.25	5.25	0.30	3.28E-06	6.434
4	1.168	0.818	1705733	6.75	4.75	5.75	0.31	2.35E-06	6.153
5	1.075	0.752	1981587	7.27	5.27	6.27	0.32	1.89E-06	5.885
6	0.989	0.692	2334158	7.81	5.81	6.81	0.33	1.53E-06	5.629
7	0.910	0.637	2753403	8.33	6.33	7.33	0.34	1.24E-06	5.368
8	0.837	0.586	3440158	8.85	6.85	7.85	0.35	7.57E-07	5.114
9	0.770	0.539	4497599	9.35	7.35	8.35	0.36	4.73E-07	4.860
10	0.708	0.496	7845401	9.85	7.85	8.85	0.37	1.49E-07	4.615
11	0.652	0.456	10216511	10.37	8.37	9.37	0.38	2.19E-07	4.384
12	0.599	0.420	16131153	11.04	8.50	9.77	0.39	6.76E-08	4.131

ตารางที่ ข.2.11 ข้อมูลผลของการทดสอบชิ้นเหล็กกล้าทดสอบที่ 2 ( $R = 0.7$ )

ลำดับ ที่	ภาระโหลดสูงสุด (ตัน)	ภาระโหลดต่ำสุด (ตัน)	จำนวนรอบ (รอบ)	ความยาวรอยร้าว ( มม.)			a/w	(da /dN)	$\Delta K$
				ด้านหน้า	ด้านหลัง	ค่าเฉลี่ย			
1	1.500	1.050	1237234	3.12	4.50	3.81	0.27		
2	1.380	0.966	1337582	3.59	5.01	4.30	0.28	4.88E-06	6.466
3	1.270	0.889	1489716	4.16	5.48	4.82	0.29	3.42E-06	6.214
4	1.168	0.818	1725753	4.70	5.98	5.34	0.30	2.20E-06	5.961
5	1.075	0.752	1980544	5.20	6.48	5.84	0.31	1.96E-06	5.700
6	0.989	0.692	2334158	5.76	6.94	6.35	0.32	1.44E-06	5.446
7	0.910	0.637	2992303	6.34	7.42	6.88	0.33	8.05E-07	5.204
8	0.837	0.586	3950158	7.62	7.92	7.77	0.35	9.29E-07	5.087
9	0.770	0.539	4407599	7.35	8.43	7.89	0.35	2.62E-07	4.717
10	0.708	0.496	7845401	7.83	8.93	8.38	0.36	1.43E-07	4.480
11	0.652	0.456	11316511	7.87	8.93	8.40	0.36	5.76E-09	4.127



ตารางที่ ข.2.12 ข้อมูลผลของการทดสอบชิ้นเหล็กกล้าทดสอบที่ 3 ( $R = 0.7$ )

ลำดับ ที่	ภาวะโหดสูงสุด (ตัน)	ภาวะโหดต่ำสุด (ตัน)	จำนวนรอบ (รอบ)	ความยาวรอยร้าว ( มม.)			a/w	(da /dN)	$\Delta K$
				ด้านหน้า	ด้านหลัง	ค่าเฉลี่ย			
1	1.500	1.050	1248521	1.42	5.62	3.52	0.27		
2	1.380	0.966	1338566	1.82	6.12	3.97	0.28	4.98E-06	6.283
3	1.270	0.889	1493167	2.38	6.60	4.49	0.29	3.36E-06	6.046
4	1.168	0.818	1715733	2.89	7.09	4.99	0.30	2.25E-06	5.797
5	1.075	0.752	1991587	3.43	7.59	5.51	0.31	1.89E-06	5.558
6	0.989	0.692	2354158	4.05	8.05	6.05	0.32	1.49E-06	5.327
7	0.910	0.637	2755403	4.58	8.54	6.56	0.33	1.27E-06	5.087
8	0.837	0.586	3450452	5.06	9.06	7.06	0.34	7.19E-07	4.848
9	0.770	0.539	4486599	5.58	9.54	7.56	0.35	4.83E-07	4.615
10	0.708	0.496	7858401	6.11	10.05	8.08	0.36	1.54E-07	4.394
11	0.652	0.456	10348511	6.67	10.51	8.59	0.37	2.05E-07	4.177
12	0.599	0.420	15131153	7.19	10.97	9.08	0.38	1.02E-07	3.962

## ภาคผนวก ค

### มาตรฐาน ASTM E647-05 [2] สำหรับการทดสอบ

สำหรับในภาคผนวกนี้เป็นการนำเสนอมาตรฐานการทดสอบ ขั้นตอน และวิธีการหาอัตราการเติบโตของรอยร้าวเนื่องมาจากความล้า ที่ผู้วิจัยได้ใช้เป็นแบบแผนในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้ได้อยู่ภายใต้วิธีการปฏิบัติตาม ขั้นตอน และแนวทางตลอดจนข้อแนะนำต่างๆ ซึ่งระบุตามมาตรฐาน ASTM E647-05 [2]

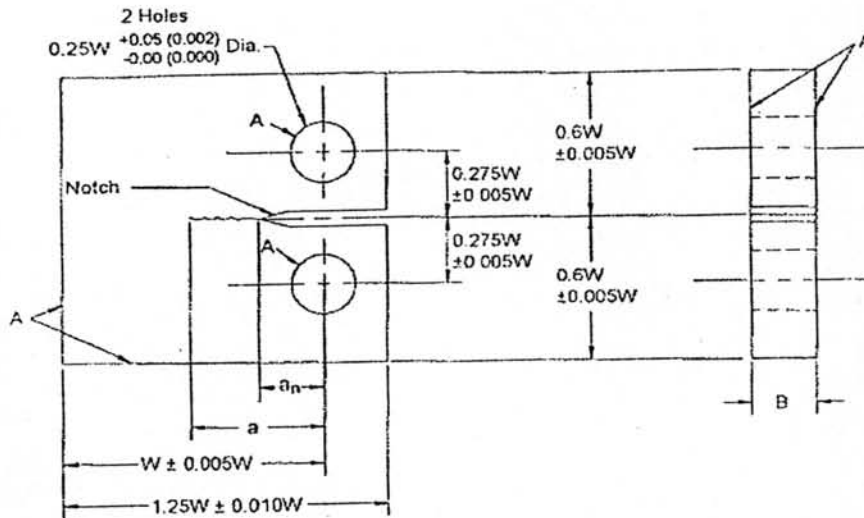
มาตรฐานดังกล่าวนี้ได้ครอบคลุมถึงวิธีการหาอัตราการเติบโตของรอยร้าวเนื่องจากความล้า จาก  $\Delta K_{max}$  ไปจนถึงบริเวณใกล้ขีดเริ่ม  $\Delta K_{th}$  และระบุการทดสอบการหาการเติบโตของรอยร้าวด้วยวิธีการทดสอบดังนี้ คือ การทดสอบแบบลด ( $K$ -decreasing)

นอกจากนี้ยังระบุคุณลักษณะของชิ้นงานทดสอบที่กล่าวถึงมีด้วยกัน 2 แบบด้วยกัน คือ แบบ Compact-tension (CT) และ แบบ Middle-tension (MT) ซึ่งมาตรฐานของการทดสอบดังกล่าวนี้ยังไม่จำกัดขอบเขตและชนิดของวัสดุที่จะนำมาใช้ในการดำเนินการทดสอบจะเป็นวัสดุชนิดใดก็ได้

ดังนั้นรายละเอียดของมาตรฐานที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยจะมุ่งเน้นในแบบแรกเท่านั้น คือ แบบ Compact-tension (CT) ซึ่งจะกล่าวถึง ข้อกำหนด และการแนะนำ ขนาดชิ้นงานทดสอบ สลักยึดชิ้นงานทดสอบ ตลอดจนคำแนะนำต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในการดำเนินการวิจัย

### ค.1 การเตรียมขนาดชิ้นงานทดสอบ

การเตรียมรูปแบบลักษณะและขนาดชิ้นงานทดสอบแบบ Compact-tension(CT) ภายใต้มาตรฐาน ASTM E647-05 [2] ดังแสดงในรูปที่ ค.1 ซึ่งมีรายละเอียดโดยระบุคุณลักษณะของชิ้นงานทดสอบดังนี้



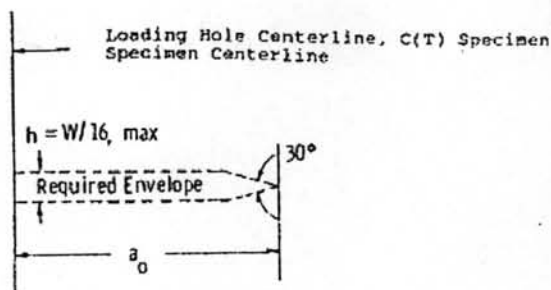
รูปที่ ค.1 ชิ้นงานทดสอบแบบ Compact-tension(CT) ระบุตามมาตรฐาน

ASTM E647-05 [2] สำหรับใช้ในการทดสอบ

1. การเตรียมขนาดของความยาวรอยบากกล (The machined notch,  $a_n$ ) ต้องมีขนาดของความยาวไม่ต่ำกว่า  $0.2W$  ทั้งนี้โดยการวัดระยะจากจุดกึ่งกลางของรูเจาะร้อยสลักของชิ้นงานทดสอบไปจนถึงปลายรอยบากกลซึ่งทำมุม 30 องศา

2. ในขั้นตอนของการทำรอยบาก (Notch preparation) ตามมาตรฐานระบุกรรมวิธีโดยผ่านกรรมวิธีของเครื่องมือ Electrical discharge machining (EDM) ที่มีขนาดเส้นลวดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.25 มม. ในส่วนของกรรมวิธี การเลื่อย (Sawcut) มาตรฐานแนะนำให้ใช้กรรมวิธีนี้สำหรับวัสดุ Aluminium alloys เท่านั้น

สำหรับรายละเอียดของรอยบากกลให้มีระยะห่างของรอยบากกลที่ผ่านกรรมวิธีดังกล่าวให้มีระยะห่างของรอยบากกลในแนวระนาบสมมาตรของรอยบากกลได้สูงสุดที่  $h = \frac{W}{16}$  และที่บริเวณมุมของรอยบากกลให้ทำมุมขนาด 30 องศา ดังแสดงในรูปที่ ค.2



รูปที่ ค.2 ขนาดมาตรฐานของรอยบากกล

3. ขนาดความหนาของชิ้นงานทดสอบ  $B$  ตามมาตรฐานแนะนำให้อยู่ในช่วงความหนา  
ที่  $\frac{W}{20} \leq B \leq \frac{W}{4}$  และนอกจากนี้มาตรฐานยังยอมให้ความหนาของชิ้นงานทดสอบมีขนาด  
ความหนาเพิ่มขึ้นไปจนถึง  $\frac{W}{2}$  ได้

4. ภายหลังจากการสร้างรอยร้าวเริ่มต้นแล้วขนาดของความยาวที่ยังไม่ปรากฏรอยร้าว  
(Specimen's uncracked ligament) จะต้องสอดคล้องกับเงื่อนไขดังนี้

$$W - a \geq \left(\frac{4}{\pi}\right) \left(\frac{K_{\max}}{\sigma_{YS}}\right)^2 \quad (\text{ค.1})$$

โดยกำหนดให้

$(W - a)$  เท่ากับ ความยาวของพื้นที่ที่ยังไม่ปรากฏรอยร้าวทั้งนี้นับจากบริเวณปลายรอยร้าว  
ที่เกิดจากการสร้างรอยร้าวล่า (Precrack) ไปจนถึงอีกขอบด้านหนึ่งของ  
ชิ้นงานทดสอบโดยพิจารณาได้จากรูปที่ ค.1

$K_{\max}$  เท่ากับ ตัวประกอบความเข้มของความเค้นสูงสุด

$\sigma_{YS}$  เท่ากับ ความเค้นต้านแรงดึงคราก (yield stress)

ในส่วนของการหาความเค้นต้านแรงดึงครากที่จุดยิลด์สเตรส (yield stress)  
สามารถทำได้โดยวิธี 0.20 % ออฟเซตยิลด์สเตรส (0.20 % Offset yield stress) กล่าวคือ จาก  
กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดทำการลากเส้นตรงขนานกับเส้นตรงในช่วง

ขีดจำกัดยืดหยุ่นที่ความเครียด (Strain) ประมาณ 0.20 % ซึ่งแล้วแต่คุณสมบัติของวัสดุแต่ละชนิดไปตัดกับเส้นกราฟความเค้นและความเครียดที่จุดใดนั้นถือเป็นจุด ยีลด์สเตรส (yield stress )

## ค.2 วิธีการทดสอบหาอัตราการเติบโตของรอยร้าว

สำหรับวิธีการและขั้นตอนในการทดสอบหาอัตราการเติบโตของรอยร้าวของชิ้นงานทดสอบสามารถที่จะแบ่งขั้นตอนของกระบวนการในการดำเนินการทดสอบออกได้เป็น 2 วิธีการหลักๆ ได้ดังนี้

วิธีการแรก คือ กระบวนการสร้างรอยร้าวล้าก่อนหน้า ซึ่งในขั้นตอนนี้จะกระทำจากบริเวณปลายรอยบากกลที่ท่ามุม 30 องศา ให้มีความยาวของรอยร้าวให้ได้ตามที่มาตรฐานระบุ และได้กำหนดเอาไว้ ทั้งนี้เพื่อให้ผลกระทบบที่มีจากรอยบากกลนั้นถูกขจัดให้หมดไปสำหรับข้อกำหนดในการลดภาระในช่วงวิธีการแรกนี้ การลดภาระไหลดต้องไม่สูงเกิน 20% ของภาระไหลดก่อนหน้า

วิธีการที่สอง คือ ทำการทดสอบภายใต้แนวทางที่กำหนดของการทดสอบแบบลด  $K$  ( $K$ -decreasing) หรือ Step down load method วิธีการดังกล่าวนี้เป็นขั้นตอนที่กระทำเนื่องจากวิธีการแรกโดยในขณะที่ทำการทดสอบภาระไหลดและอัตราส่วนภาระคงที่ทุกช่วงที่  $P_{max}$  ลดลงแบบ Step down load โดยการกำหนดให้ผลต่างของความยาวรอยร้าวคงที่ทุกช่วง ( $\Delta a$ ) โดยขณะทำการทดสอบนั้นต้องทำการเก็บข้อมูลค่า  $P_{max}$  และค่า  $P_{min}$  ที่ทำการลดภาระไหลดลงมาในแต่ละช่วงของการทดสอบ ในขั้นตอนของการลดภาระไหลด  $P_{max}$  ลงมาในแต่ละช่วงที่ผลต่างของความยาวรอยร้าวคงที่ ( $\Delta a$ ) แบบ Step down load การลดภาระไหลดต้องไม่สูงเกิน 10% ของภาระไหลดก่อนหน้าตลอดจนข้อมูลจำนวนรอบของภาระไหลดที่กระทำ และความยาวรอยร้าวที่ปรากฏอยู่ที่ด้านหน้าและด้านหลังของชิ้นงานทดสอบในแต่ละช่วงเพื่อนำไปประมวลผลและแสดงผลการทดลองออกมาเป็นกราฟแบบ log-log สเกล ในลำดับต่อไป

### ค.3 คำแนะนำและข้อกำหนดสำหรับกระบวนการทดสอบ

#### ตามมาตรฐาน ASTM E647-05 [2]

1. ขนาดความยาวของรอยร้าวก่อนหน้าจะต้องมีค่าไม่น้อยกว่า  $0.1B$  หรือมีค่าเท่ากับ  $h$  (พิจารณาจากรูปที่ ค.2) แต่อย่างไรก็ดีมาตรฐานยอมให้มีขนาดของความยาวรอยร้าวสูงกว่าได้

2. ในการสร้างรอยร้าวก่อนหน้ามาตรฐานยังยอมให้มีการเริ่มต้นการสร้างรอยร้าวก่อนหน้าที่ต่อจากปลายรอยบากกล (Machined notch) ในช่วงต้นของการเติบโตรอยร้าวโดยใช้ภาระโหลดที่ค่าสูงๆ ได้ แต่ต้องทำการลดขนาดภาระลงจนกว่าค่า  $P_{max}$  สุดท้ายในช่วงของการสร้างรอยร้าวก่อนหน้าไม่มากกว่า  $P_{max}$  ในตอนเริ่มต้นทำการทดสอบกับสภาวะการทดสอบที่ได้ทำการกำหนดไว้ ตามมาตรฐานแนะนำให้การลดภาระในช่วงดังกล่าวนี้ การลดขนาดภาระต้องไม่สูงเกินกว่า 20% ของภาระก่อนหน้า ในแต่ละครั้งที่รอยร้าวขยายตัวทั้งนี้เพื่อป้องกันการหยุดการเติบโตของรอยร้าวและเพื่อลดผลของภาระโหลดก่อนหน้า

3. สำหรับการวัดความยาวรอยร้าว (Crack length) มาตรฐานยังแนะนำการวัดความยาวรอยร้าวที่บริเวณด้านหน้าและด้านหลังของชิ้นงานทดสอบต้องไม่ต่ำกว่า 0.25 มม. หรือต้องไม่ต่ำกว่า  $0.002W$  และในขั้นตอนการตรวจวัดความยาวรอยร้าวต้องกระทำในแนวระนาบสมมาตรเท่านั้น แต่อย่างไรก็ตามมาตรฐานยังยอมให้วัดความยาวรอยร้าวที่สูงกว่าได้ สำหรับชิ้นงานทดสอบที่ค่า  $W > 127$  มม. (การวัดความยาวต้องไม่ต่ำกว่า 0.25 มม.)

ถ้าหากในกรณีที่มีการตรวจวัดความยาวรอยร้าวที่บริเวณด้านหน้าและด้านหลังของชิ้นงานทดสอบมีความแตกต่างกันของความยาวรอยร้าวเกิน  $0.25B$  ตามมาตรฐานจะถือว่าข้อมูลที่ได้นั้นไม่ถูกต้อง (invalid) ทั้งในขณะที่ทำการสร้างรอยร้าวก่อนหน้าและขณะทำการทดสอบหาอัตราการเติบโตของรอยร้าว

4. ในการปรับระดับของภาระโหลด (Load level) และความถี่ที่ใช้ใช้งาน สามารถส่งผลต่อการเติบโตของรอยร้าวทำให้อัตราการเติบโตของรอยร้าวเกิดการแกว่งตัวได้ ฉะนั้นการที่มีการเพื่อให้รอยร้าวได้มีการเติบโตหรือขยายตัวได้เพียงพอก่อนที่จะเข้าสู่ในช่วงของการเปลี่ยนแปลงภาระโหลดจะเป็นแนวทางหนึ่งที่ทำให้อัตราการเติบโตของรอยร้าวเข้าสู่สภาวะคงตัวได้

สำหรับการแกว่งตัวของอัตราการเติบโตของรอยร้าวสามารถที่จะเกิดขึ้นได้และจะหายไปทั้งนี้ขึ้นกับระยะเวลาการทดสอบที่ใช้ในขั้นตอนของการทดสอบ และถ้าหากในช่วงเวลาการทดสอบ

เกิดการหยุดชะงักของการกระทำของภาระไหลไม่ว่าจะเป็นกรณีก็ตามมาตรฐานจะถือว่าข้อมูลที่ได้อาจมาในช่วงระยะเวลาการทดสอบดังกล่าวใช้ไม่ได้ (Invalid)

5. สำหรับในการทดสอบหาอัตราการเติบโตของรอยร้าวแบบ การทดสอบแบบลด ( $K$ -decreasing) ขั้นตอนของวิธีการดังกล่าวนี้จะเริ่มต้นที่ระดับค่าของภาระไหลที่มีค่าเท่ากับหรือสูงกว่า ณ ภาระไหลสูงสุดที่กระทำในช่วงต่อจากการสร้างรอยร้าวก่อนหน้าซึ่งจะต้องเริ่มทำการบันทึกข้อมูลที่ผลต่างของคงที่ในทุกช่วงที่ทำการลดระดับค่าภาระไหล ซึ่งกระทำเช่นนี้เรื่อยไปจนกระทั่งพิสัยตัวประกอบความเข้มของความเค้น ( $\Delta K$ ) มีค่าต่ำสุด

นอกจากในช่วงการทดสอบแบบลด ( $K$ -decreasing) จะถูกกำหนดให้มีการลดภาระที่ต้องไม่สูงเกินกว่า 10% และเป็นลักษณะของการลดลงของภาระไหลแบบ Shedding load และมีความต่อเนื่อง สามารถที่จะทำการตอบตรวจสอบการลดลงของภาระไหล  $P_{\max}$  ได้จากสมการดังนี้

$$(P_{\max 1} - P_{\max 2}) / P_{\max 1} \leq 0.02 \quad (\text{ค.2})$$

โดยกำหนด  $P_{\max 1}$  เท่ากับ ค่าภาระไหลสูงสุดของภาระก่อนหน้า

$P_{\max 2}$  เท่ากับ ค่าภาระไหลสูงสุดที่ทำการลดลงต่อจากค่าภาระไหลสูงสุดของภาระก่อนหน้า

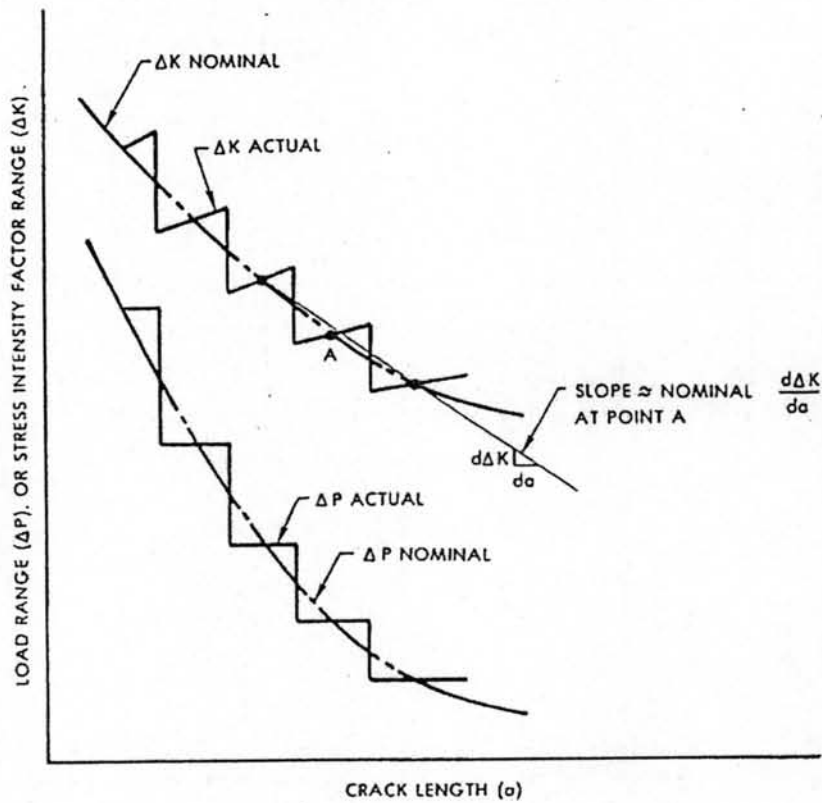
จากภาระไหลก่อนหน้าในแต่ละครั้งแล้วยังมีข้อพิจารณาอื่นอีกที่ใช้ควบคุมการลดภาระไหลเช่น

$$C = \frac{1}{K} \left| \frac{dK}{da} \right| > -0.08 \text{ mm}^{-1} \quad (\text{ค.3ก})$$

โดยกำหนด

$$C = \frac{1}{K} \left| \frac{dK}{da} \right| = \frac{1}{\Delta K} \left| \frac{d(\Delta K)}{da} \right| = \frac{1}{K_{\min}} \left| \frac{dK_{\min}}{da} \right| = \frac{1}{K_{\max}} \left| \frac{dK_{\max}}{da} \right| \quad (\text{ค.3ข})$$

ข้อแนะนำตามมาตรฐานยังกำหนดให้อัตราส่วนภาวะ  $R$  และ  $C$  ในช่วงของการทดสอบแบบลด ( $K$ -decreasing) เป็นค่าคงที่



รูปที่ ค.3 การลดลงของภาวะไหลดของการทดสอบแบบลด

( $K$ -decreasing) ในลักษณะการลดลงแบบ Shedding step

6. สำหรับค่าช่วงของการวัดความยาวรอยร้าวของชิ้นงานทดสอบโดยเลือกใช้รูปที่กำหนดแบบ Compact-tension(CT) ที่มาตรฐานแนะนำไว้มีดังนี้

$$\Delta a \leq 0.04W \quad \text{สำหรับ} \quad 0.25 \leq \frac{a}{W} \leq 0.40 \quad (\text{ค.4ก})$$

$$\Delta a \leq 0.02W \quad \text{สำหรับ} \quad 0.40 \leq \frac{a}{W} \leq 0.60 \quad (\text{ค.4ข})$$

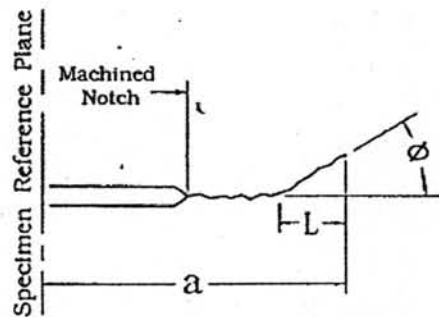
$$\Delta a \leq 0.01W \quad \text{สำหรับ} \quad \frac{a}{W} \geq 0.60 \quad (\text{ค.4ค})$$



จากช่วงดังกล่าวนี้ค่า  $\Delta a$  ต่ำสุดที่มาตรฐานยอมรับได้ คือ 0.25 มม. หรืออาจต่ำกว่าได้ซึ่งหาได้จากความสัมพันธ์ที่ว่า  $\Delta a$  ต่ำสุดมีค่าประมาณ 10 เท่า ของความเที่ยงตรงที่หาได้จากการวัด

แต่สำหรับการทดสอบแบบลด ( $K$ - decreasing) ที่ผู้วิจัยใช้ในการดำเนินการทดสอบนี้ ผู้วิจัยยึดตามมาตรฐานแนะนำให้มีค่าของผลต่างความยาวรอยร้าวในแต่ละช่วงของการปรับภาระโหลดลดลงที่  $\Delta a = 0.50$  มม.

7. ที่ตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่งของเส้นทางการเติบโตของรอยร้าวในขณะดำเนินการทดสอบ รอยร้าวที่เติบโตนั้นเกิดการเบี่ยงเบนจากระนาบสามมาตรมากกว่า 20 องศา โดยมีระยะทางเท่ากับ  $0.1W$  หรือมากกว่าจะถือว่าข้อมูลที่ได้จากการทดสอบจะถือเป็นข้อมูลที่ไม่ถูกต้องในส่วนของเส้นทางการเติบโตของรอยร้าวที่อยู่ในช่วงน้อยกว่า หรือ เท่ากับ 10 องศา ถึง 20 องศา จะถือเป็นข้อมูลการทดสอบที่ถูกต้องซึ่งพิจารณาได้จากรูปที่ ค.4



รูปที่ ค.4 เส้นทางการเบี่ยงเบนของการเติบโตรอยร้าว

โดยเส้นทางการเติบโตรอยร้าวเคลื่อนจากแนวระนาบสมมาตร

8. สำหรับอุปกรณ์การตรวจวัดหาเส้นทางการเติบโตรอยร้าวแล้ว มาตรฐานแนะนำให้ใช้กล้องไมโครสโคปที่มีกำลังขยายต่ำอยู่ในช่วง 20 ถึง 50 เท่า (20x ถึง 50x) ในขั้นตอนของการเฝ้าติดตามการเติบโตของรอยร้าวมาตรฐานแนะนำให้ทำเครื่องหมายลงบนชิ้นงานทดสอบได้โดยตรงและใช้ไฟส่องตรวจหาการขยายตัวของรอยร้าว ณ บริเวณปลายรอยร้าว (Crack tip) นอกจากนี้มาตรฐานยังแนะนำให้ใช้สเกลชนิดที่ทำจากพลาสติก (polyester scale) ติดเข้ากับ

ชั้นงานทดสอบเพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้องกว่าซึ่งจะช่วยลดข้อผิดพลาดในขณะที่ทำการตรวจวัดได้ในอีก  
ระดับหนึ่ง

9. ในการคำนวณหาพิสัยตัวประกอบความเข้มของความเค้นที่ได้จากการทดสอบโดย  
เลือกแบบชั้นงานทดสอบแบบ Compact-tension (CT) สามารถหาค่าได้จาก

$$\Delta K = \frac{\Delta P}{B\sqrt{W}} \cdot \frac{(2+\alpha)}{(1-\alpha)^2} \cdot (0.886 + 4.64\alpha - 13.32\alpha^2 + 14.72\alpha^3 - 5.6\alpha^4)$$

.....(ค.5)

โดยกำหนด

$\alpha$  เท่ากับ  $\frac{a}{W}$  สำหรับข้อมูลที่ถูกต้องค่าของ  $\frac{a}{W} \geq 0.2$

$B$  เท่ากับ ความหนาของชั้นงานทดสอบ (มม.)

$W$  เท่ากับ ระยะของความยาวจากกึ่งกลางรูเจาะร้อยสลักจนถึงขอบอีกด้านหนึ่งของ  
ชั้นงานทดสอบ (มม.)

## ภาคผนวก ง

### การตรวจสอบความเป็นกลศาสตร์การแตกหักยืดหยุ่นเชิงเส้น

(linear elastic fracture mechanics, LEFM) ของขนาดชิ้นเหล็กกล้าทดสอบ

ผลจากขั้นตอนการผลิตชิ้นเหล็กกล้าทดสอบที่  $W$  วัดขนาดได้เท่ากับ 51.00 mm. ซึ่งมีขนาดลดลงจากที่คำนวณไว้ ( $W = 52.00 \text{ mm} \pm 0.26 \text{ mm}$ .) และเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้อง ดังนั้นจึงได้ทำการตรวจสอบขนาดของชิ้นเหล็กกล้าทดสอบตามแนวทางความต้านทานการแตกหักจากมาตรฐาน ASTM E399-05 [26] และในส่วนของความหนา  $B$  จากรายละเอียดตามมาตรฐาน ASTM E647-05 [2] ระบุว่า การทดสอบภายใต้มาตรฐานดังกล่าวไม่จำกัดขนาดความหนาของชิ้นเหล็กกล้าทดสอบและเพื่อเป็นการตรวจสอบ ดังนั้นจึงใช้ค่า  $B$ ,  $a$  และ  $W$  เป็นเกณฑ์เพื่อเปรียบเทียบกับความต้านทานการแตกหักจากมาตรฐาน ASTM E399-05 [26] โดยต้องสอดคล้องกับเงื่อนไขดังนี้

$$(W - a) , a , B \geq 2.5 \left[ \frac{K_{IC}}{\sigma_{YS}} \right]^2 \quad (.ง.1)$$

การคำนวณหาค่า  $K_{IC}$

โดยที่  $K_{IC}$  คือ ตัวประกอบความต้านทานการแตกหักในสภาวะความเครียดระนาบ (plane strain fracture toughness) ซึ่งคำนวณได้ดังนี้

$$K_{IC} = \frac{P}{B\sqrt{W}} \cdot f\left(\frac{a}{W}\right) \quad (.ง.2)$$

โดยที่  $P$  คือ ขนาดภาระกระทำที่ใช้ในการทดสอบ  $1.9 \pm 0.6$  ตัน  
ดังนั้นจึงใช้ค่า  $P$  สูงสุดขนาด 2.5 ตัน ในการคำนวณ  
ซึ่งเท่ากับ  $24.525 \text{ kN} (2500 \text{ kg} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{sec}^2})$

$B$  คือ ความหนาของชิ้นเหล็กกล้าทดสอบขนาด 0.0254 m. (25.40 mm.)

$W$  คือ ระยะจากกึ่งกลางรูเจาะร้อยสลักบนชิ้นเหล็กกล้าทดสอบถึงด้านตรงข้าม มีขนาดเท่ากับ 0.051 m. (51.00 mm.)

$f\left(\frac{a}{W}\right)$  คือ ตัวประกอบเรขาคณิตโดยสัมพันธ์กับลักษณะของชิ้นเหล็กกล้าทดสอบ  
แบบ Compact-tension (CT specimen)

สำหรับชิ้นเหล็กกล้าทดสอบแบบ Compact-tension (CT specimen) ความสัมพันธ์ที่ใช้  
หาค่า  $f\left(\frac{a}{W}\right)$  พิจารณาจากรูปที่ 2.4 ดังนี้ คือ

$$f\left(\frac{a}{W}\right) = \frac{\left(2 + \frac{a}{W}\right) \left[0.886 + 4.64\left(\frac{a}{W}\right) - 13.32\left(\frac{a}{W}\right)^2 + 14.72\left(\frac{a}{W}\right)^3 - 5.60\left(\frac{a}{W}\right)^4\right]}{\left(1 - \frac{a}{W}\right)^{\frac{3}{2}}}$$

..... (ง.3)

ผลจากการทดสอบชิ้นเหล็กกล้าจำนวน 12 ชิ้น พบว่าขนาดความยาวรอยร้าวต่อความ  
กว้างของชิ้นเหล็กกล้าทดสอบ ( $a/W$ ) ถูกกระทำภายใต้ภาระกระทำเป็นรอบ ( $N$ ) จนสิ้นสุด  
กระบวนการทดสอบใน 1 ชิ้น ในหนึ่งการทดสอบสำหรับอัตราส่วนภาระ ( $R$ ) หนึ่งค่านั้น  
ผลที่ได้จากการทดสอบโดยส่วนใหญ่อยู่ในช่วง ( $0.27 \leq \frac{a}{W} \leq 0.38$ ) ดังนั้นจึงใช้เป็นเกณฑ์ใน  
การคำนวณโดยสัมพันธ์กับชิ้นเหล็กกล้าทดสอบแบบ Compact-tension (CT specimen) ให้อยู่  
ในรูปของ  $f\left(\frac{a}{W}\right)$  ดังสรุปผลการคำนวณในตารางที่ ง.1

สำหรับการพิจารณาส่วนที่ยังไม่ปรากฏรอยร้าวบนชิ้นเหล็กกล้าทดสอบ ( $W - a$ ) การหา  
ขนาดความยาวรอยร้าว ( $a$ ) หาได้จากขนาดความยาวรอยร้าวจากกึ่งกลางรูเจาะร้อยสลักจนถึง  
ปลายรอยบากกลมมีขนาด 10.20 mm. รวมกับความยาวรอยร้าวเฉลี่ยที่เติบโตจากปลายรอยบาก  
กลจนถึงปลายรอยร้าวหลังจากการทดสอบเสร็จสิ้นในส่วนนี้เมื่อพิจารณาจากผลการ  
ทดสอบชิ้นเหล็กกล้าทดสอบจำนวน 12 ชิ้น ขนาดของความยาวรอยร้าวเฉลี่ยอยู่ในช่วง  
 $8.40 \text{ mm.} < a_{\text{avg.}} < 9.57 \text{ mm.}$  จึงใช้ขนาดความยาวรอยร้าวเฉลี่ยสูงสุดคำนวณหาขนาดความ  
ยาวรอยร้าว ( $a$ ) ได้เท่ากับ 19.77 mm. ดังนั้นส่วนที่ยังไม่ปรากฏรอยร้าวบนชิ้นเหล็กกล้าทดสอบ  
( $W - a$ ) เท่ากับ 31.23 mm.(51.00 mm.-19.77 mm.) เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบกับ  
ความต้านทานการแตกหัก

ตารางที่ ง.1 สรุปผลของขนาดความยาวรอยร้าวต่อความกว้างของชั้นเหล็กกล้า

ทดสอบ ( $a/W$ ) ในรูปที่สัมพันธ์กับชั้นเหล็กกล้าทดสอบ CT-Specimen

ลำดับที่	$a/w$	$f(a/W)$
1	0.27	5.196
2	0.28	5.335
3	0.29	5.477
4	0.30	5.621
5	0.31	5.768
6	0.32	5.918
7	0.33	6.072
8	0.34	6.230
9	0.35	6.392
10	0.36	6.558
11	0.37	6.730
12*	0.38	6.907

หมายเหตุ : เลือกใช้ข้อมูลในลำดับที่ 12\* เนื่องจากเป็นผลที่มีการเปลี่ยนแปลงขนาดรอยร้าวต่อความกว้างของชั้นเหล็กกล้าทดสอบมากที่สุดที่  $f(a/W) = 6.907$

ดังนั้นการคำนวณหาตัวประกอบความต้านทานการแตกหักในสภาวะความเครียดระนาบ (plane strain fracture toughness) จากสมการ (ง.1) คือ

$$\begin{aligned}
 K_{IC} &= \frac{P}{B\sqrt{W}} \cdot f\left(\frac{a}{W}\right) \\
 &= \frac{24.525kN}{(0.0254m)(0.051m)^{1/2}} \times 6.907 \\
 &= 29.531MPa\sqrt{m}
 \end{aligned}$$

สำหรับค่า  $\sigma_{ys}$  คือ ความเค้นด้านแรงดึงคราก (yield stress) สำหรับเหล็กกล้าทดสอบ JIS SCM 440 จากตารางที่ ก.2 คุณสมบัติทางกลของเหล็กกล้า JIS SCM 440 ค่าความเค้นด้านแรงดึงคราก (yield stress) มีค่าเท่ากับ  $875.03 \text{ MPa}$  ดังนั้นนำค่ามาแทนในสมการ (ง.1) โดยสอดคล้องตามเงื่อนไขและคำนวณผลได้ดังนี้

$$\begin{aligned} (W - a), a, B &\geq 2.5 \left[ \frac{K_{IC}}{\sigma_{ys}} \right]^2 = 2.5 \left( \frac{29.531 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}}{875.03 \text{ MPa}} \right)^2 \\ &= 2.847 \times 10^{-3} \text{ m.} \\ &= 2.847 \text{ mm.} \end{aligned}$$

$$\text{ดังนั้น } (W - a), a, B \geq 2.847 \text{ mm.}$$

จากการคำนวณสามารถสรุปผลได้ว่าพื้นที่ในส่วนที่ยังไม่ปรากฏรอยร้าวบนชิ้นเหล็กกล้าทดสอบภายหลังจากการทดสอบเสร็จสิ้น ( $W - a$ ) เท่ากับ 31.23 mm. มีค่ามากกว่า 2.847 mm. ขนาดความยาวรอยร้าว ( $a$ ) เท่ากับ 19.77 mm. มีค่ามากกว่า 2.847 mm. และความหนาชิ้นเหล็กกล้าทดสอบที่ใช้ในการทดสอบขนาด 25.40 mm. มีค่ามากกว่า 2.847 mm. ซึ่งแสดงว่าการทดสอบอยู่ภายใต้เงื่อนไขของการทดสอบหาความต้านทานการแตกหัก (fracture toughness) และรูปแบบการทดสอบยังอยู่ในสถานะของกลศาสตร์การแตกหักยืดหยุ่นเชิงเส้น (linear elastic fracture mechanics, LEFM) ดังนั้นผลของข้อมูลที่ได้จากการทดสอบถือเป็นข้อมูลที่ถูกต้องและยอมรับได้

## ภาคผนวก จ

### ศัพท์เทคนิค

สำหรับในส่วนเนื้อหาของภาคผนวก จ นี้ได้รวบรวมความหมายการกล่าวถึงศัพท์เทคนิคที่เป็นภาษาอังกฤษทั้งที่พบจากการอ่านงานวิจัยของนักวิจัยท่านอื่นๆ และที่นำมาประกอบในงานวิทยานิพนธ์ดังกล่าวนี้เพื่อก่อให้เกิดความเข้าใจในทิศทางเดียวกัน

#### ภาษาไทย

#### ภาษาอังกฤษ

การเติบโตของรอยร้าว	Crack growth
การเตรียมรอยบากกล	Notch preparation
การหน่วง	Retardation
กลศาสตร์การแตกหัก	Fracture mechanics
กลศาสตร์การแตกหักยืดหยุ่นเชิงเส้น	Linear elastic fracture mechanics
ขนาดของรอยร้าว	Crack size
ความเค้น	Stress
ความเครียด	Strain
ความเค้นที่ระยะไกลๆ	Far-field stress
ความเค้นระนาบ	Plane stress
ความเค้นส่วนเปลี่ยน	Alternating stress
ความเค้นเฉลี่ย	Mean stress
ความเค้นตกค้าง	Residual stress
ความเครียดระนาบ	Plane strain
ความต้านทานการแตกหัก	Fracture toughness
ความเค้นต้านแรงดึงคราก	Yield strength
ความเสียหายแบบเปราะ	Brittle fracture

ความยาวรอยร้าว	Crack length
ตัวประกอบความเข้มของความเค้น	Stress intensity factor
ตัวประกอบเรขาคณิต	Geometry factor
บริเวณไม่ปรากฏรอยร้าว	Uncracked ligament
บริเวณเสียรูปแบบพลาสติก	Plastic zone
แบบจำลองแถบคราก	Strip yield model
พิสัยความเค้น	Stress range
พิสัยตัวประกอบความเข้มของความเค้น	Stress intensity factor range
พิสัยตัวประกอบความเข้มของความเค้น	Threshold stress intensity factor range
ใกล้ขีดเริ่มความล้า	
ฟังก์ชันความเค้น	Stress function
ฟังก์ชันความเค้นเชิงซ้อน	Complex stress function
ภาระ	Load
ภาระกระทำเป็นรอบ	Cyclic load
ภาระกระทำเป็นรอบแบบแอมพลิจูดคงที่	Constant amplitude loading
ภาระกระทำเป็นรอบแบบแอมพลิจูดเปลี่ยนแปลง	Variable amplitude loading
ภาระสถิตย์	Static load
รอยร้าว	Crack
รอยบากกล	Machined notch
รอยร้าวปิดเข้าหากัน	Crack closure
วิธีการทดลอง	Experimental method
วิธีเชิงตัวเลข	Numerical method
วิธีเชิงวิเคราะห์	Analytical method



สนามความเค้น

Stress field

สภาวะคงตัว

Steady state

อายุความล้า

Fatigue life

อัตราการเติบโตของรอยร้าวเนื่องจากความล้า

Fatigue crack growth rate

อัตราส่วนภาระ

Load ratio

แอมพลิจูดความเค้น

Stress amplitude

## ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายสมประสงค์ บริรักษ์กุล เกิดเมื่อวันที่ 10 ตุลาคม พ.ศ. 2514 ที่ ตำบลท่าใหม่ อำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี ได้สำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต จาก ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม เมื่อปีการศึกษา 2538 ภายหลังจบการศึกษาได้สอบคัดเลือกเข้าร่วมทำงาน กับกลุ่มวิศวกรอาวุโส ฝ่ายการออกแบบระบบโรงกลั่นน้ำมัน จากประเทศเกาหลีใต้ ( South of Korea / Daelim Engineering ) ภายใต้กลุ่มบริหารงานวิศวกรรมการออกแบบและวางแผนระบบโรงกลั่นน้ำมันประจำประเทศไทย ที่ บริษัท ไทยแดลิม จำกัด ( Thai Daelim Co.,Ltd. ) ในตำแหน่งงาน วิศวกรเครื่องกล ฝ่ายการออกแบบและควบคุมเครื่องจักรกลประจำโครงการงานก่อสร้างโรงงานผลิตเม็ดพลาสติกคุณภาพสูง บริษัท Thai ABS Co., Ltd. ที่จังหวัดระยอง เป็นระยะเวลา 5 ปี จากนั้นได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2547