

บทที่ 4

วิธีดำเนินการศึกษาวิจัย

การวิเคราะห์ผลของความหนาขึ้นทดสอบต่อการทดสอบความต้านทานในการแตกร้าว ภายใต้สภาวะความเค้นระนาบของท่อเหล็ก ASME SA-335 Gr P22 ในบทนี้กล่าวถึง วัสดุที่ใช้ในการศึกษาวิจัย รูปร่างและขนาดของชิ้นทดสอบ เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาวิจัย การทดสอบและการเก็บรวบรวมข้อมูล ตามลำดับ

วัสดุที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

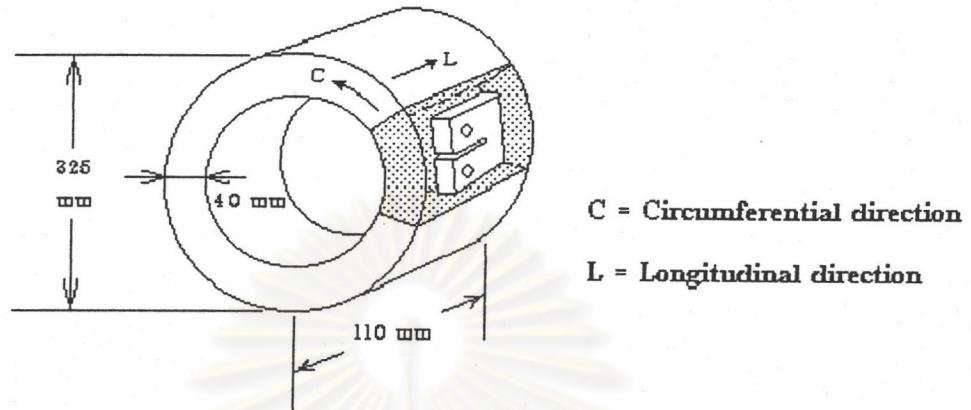
ASME SA-335 Gr P22 มีชื่อเรียกตามมาตรฐานว่า “Seamless Ferritic Alloy Steel Pipe” เป็นท่อเหล็กกล้าใช้งานที่อุณหภูมิและความดันสูง มีองค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกล ดังแสดงในตารางที่ 4.1 และตารางที่ 4.2 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.1 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของท่อเหล็ก ASME SA-335 Gr P22 (wt.%)

C	Mn	P	S	Si	Cr	Mo
0.087	0.531	0.014	0.007	0.230	1.186	0.761

ตารางที่ 4.2 แสดงคุณสมบัติทางกลของท่อเหล็ก ASME SA-335 Gr P22

σ_{ys} (MPa)	σ_{ut} (MPa)	E (GPa)	% Elongation	U	BHN
376	515	185	25	0.33	140



รูปที่ 4.2 แสดงลักษณะการจัดวางแนวของชิ้นทดสอบ

ตารางที่ 4.3 แสดงขนาดของชิ้นทดสอบที่ใช้ในการศึกษาวิจัย แบ่งตามกลุ่มของความหนา

กลุ่มที่	ความหนา , B (mm)	ความกว้าง , W (mm)	จำนวน (ชิ้น)
1	15.00	50.80	3
2	17.50	50.80	3
3	20.00	50.80	3
4	23.00	50.80	3
5	25.40	50.80	3

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

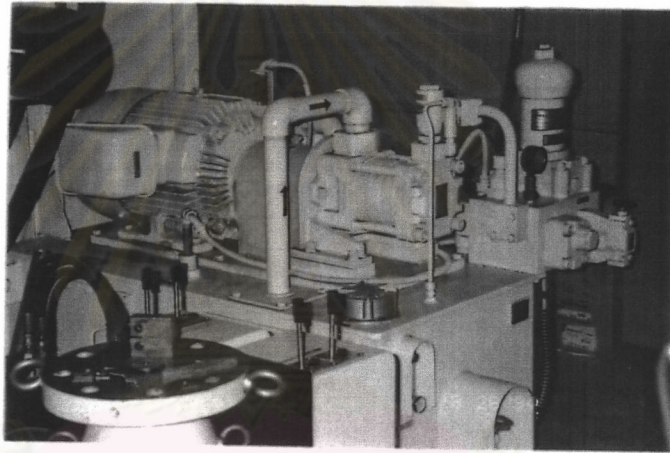
เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ เป็นเครื่องทดสอบแบบ hydraulic servo testing machine ยี่ห้อ SAGINOMIYA ขนาด 30 ตัน และมีอุปกรณ์เพิ่มเติมดังนี้ คือ

1. hydraulic servo actuator ทำหน้าที่จับยึดและให้ภาระดึงแก่ชิ้นทดสอบ
2. hydraulic power supply ทำหน้าที่จ่ายกำลังดันไฮดรอลิกให้กับระบบเพื่อใช้ในการสร้างภาระต่าง ๆ ที่จะกระทำต่อชิ้นทดสอบ
3. computer controller ทำหน้าที่ควบคุมกระบวนการทดสอบต่าง ๆ เช่น การทดสอบแรงดึง การทดสอบหาค่าความต้านทานในการแตกร้าว ฯลฯ รวมไปถึงการบันทึกผลและวิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ
4. กล้อง microscope เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดความยาวรอยแตกร้าวของชิ้นทดสอบ มีกำลังขยายเท่ากับ 100 , 200 , 400 และ 1000 เท่า โดยทำการอ่านความยาวรอยแตกร้าวจากไดอัลเกจซึ่งติดตั้งอยู่กับแท่นวางชิ้นทดสอบ ค่าความยาวรอยแตกร้าวที่อ่านได้จากสเกลในไดอัลเกจมีความละเอียดถึงทศนิยมสองตำแหน่ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.3(a) แสดง Hydraulic Servo Actuator



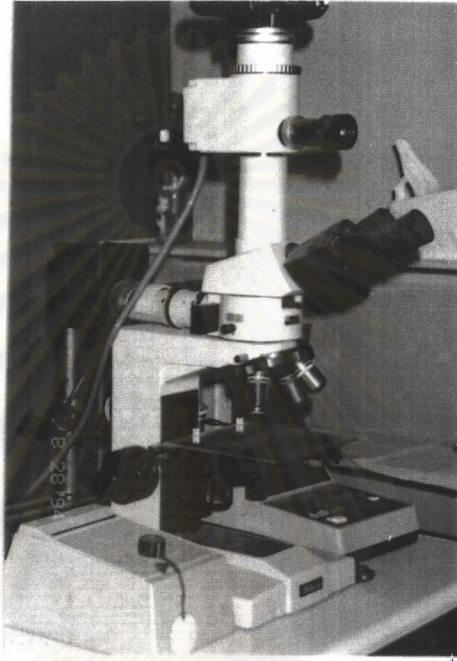
รูปที่ 4.3(b) แสดง Hydraulic Power Supply



รูปที่ 4.3(c) แสดง Computer Controller

รูปที่ 4.3 แสดงภาพของเครื่องทดสอบที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

และทำการวัดความยาวรอยแตกร้าวของหินทดสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์ (microscope) ดังแสดงในรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 แสดงภาพของกล้องจุลทรรศน์ (microscope)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดสอบและการเก็บรวบรวมข้อมูล

การทดสอบและการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามลำดับขั้นของ ASTM E399 ดังนี้

1. ทำการทดสอบหาค่าประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกลต่าง ๆ ของ ASME SA-335 Gr P22
2. สร้างชิ้นทดสอบ (ดูภาคผนวก ข)
3. ทำการสร้างรอยแตกร้าวล้าเริ่มต้น (fatigue precracking) ให้แก่ชิ้นทดสอบจนได้อัตราส่วนของ a/W อยู่ระหว่าง 0.45 ถึง 0.55 ดังนี้

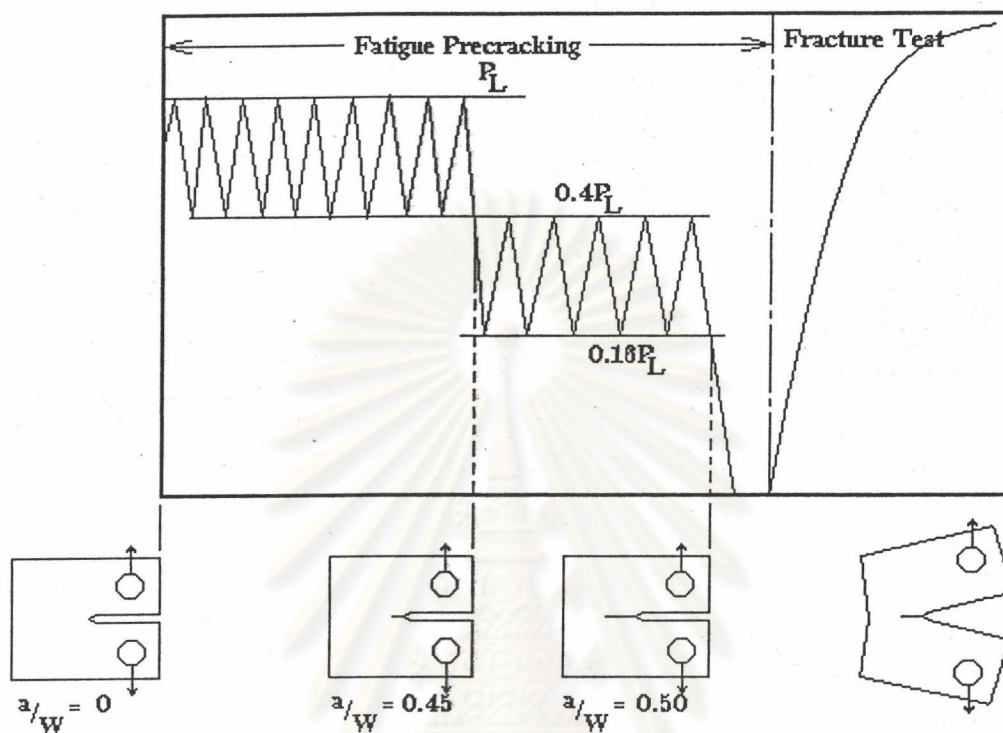
3.1 ทำการคำนวณภาระสูงสุดที่ใช้ในการสร้างรอยแตกร้าวล้า P_L ของชิ้นทดสอบแต่ละชิ้น จาก

$$P_L = \frac{Bb_0^2\sigma_{ys}}{2W + a_0}$$

เมื่อ

- B แทน ความหนาของชิ้นทดสอบ
- b_0 แทน ความยาวของ ligament
- a_0 แทน ความยาวของรอยบาก
- W แทน ความกว้างของชิ้นทดสอบ
- σ_{ys} แทน ความต้านแรงดึงครากของวัสดุ

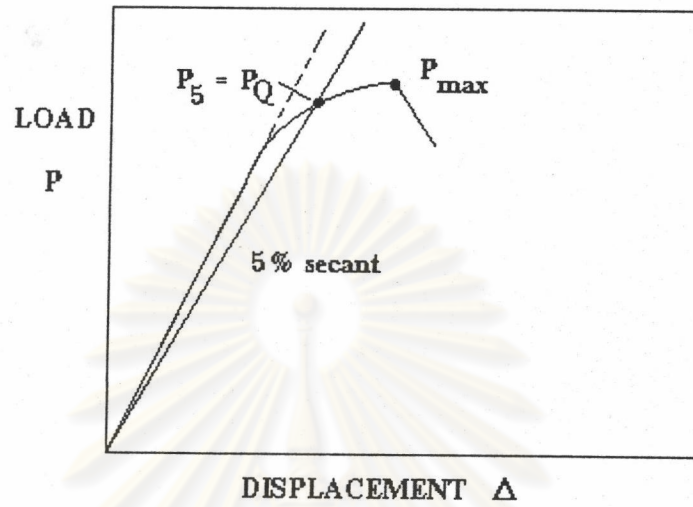
3.2 กำหนดแบบของภาระล้าเป็นแบบรูปคลื่นไซน์ (sine wave) ใช้ความถี่ 50 Hz และทำการทดสอบที่อุณหภูมิห้อง ดังแสดงในรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 แสดงขั้นตอนการสร้างรอยแตกร้าวล้าให้กับชิ้นทดสอบ

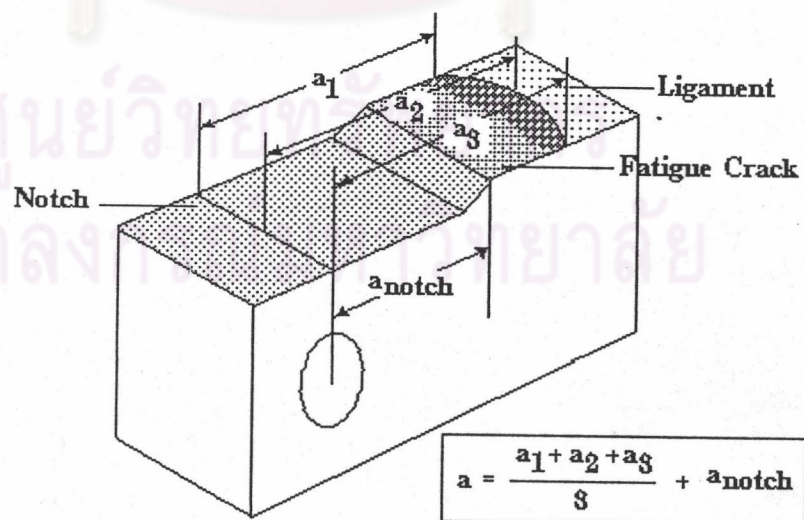
4. ทำการทดสอบการแตกร้าว โดยการให้ภาระดึงแบบ monotonic tension จนชิ้นทดสอบแยกออกจากกัน ในระหว่างการทดสอบข้อมูลของ load และ displacement จะถูกบันทึกอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา ดังแสดงในรูปที่ 4.6

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.6 แสดง Load - Displacement Record

5. ทำการวัดความยาวรอยแตกร้าวด้วยกล้องจุลทรรศน์ ดังแสดงในรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 แสดงตำแหน่งในการวัดความยาวของรอยแตกร้าว

6. นำภาระ P_Q ที่หาได้จาก P- Δ record ในรูปที่ 4.5 มาคำนวณ K_Q จากสมการ

$$K_Q = \frac{P_Q}{B\sqrt{W}} f\left(\frac{a}{W}\right)$$

เมื่อ

P_Q แทน ภาระที่หาได้จาก P- Δ record

B แทน ความหนาของชั้นทดสอบ

W แทน ความกว้างของชั้นทดสอบ

$$f\left(\frac{a}{W}\right) = \frac{\left(2 + \frac{a}{W}\right)}{\left(1 - \frac{a}{W}\right)^{3/2}} \left[0.886 + 4.64\left(\frac{a}{W}\right) - 13.32\left(\frac{a}{W}\right)^2 + 14.72\left(\frac{a}{W}\right)^3 - 5.6\left(\frac{a}{W}\right)^4 \right]$$

หรือหาได้จากตารางที่ 4.4

7. นำ K_Q ที่คำนวณได้ไปพล็อตแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง K_Q และความหนา B

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าของ $f(a/W)$ ในช่วง $0.45 \leq a/W \leq 0.75$ (ASTM E992. 1984 : 754)

a/W	$f(a/W)$	a/W	$f(a/W)$	a/W	$f(a/W)$
0.450	8.340	0.555	11.563	0.660	17.651
0.455	8.458	0.560	11.767	0.665	18.082
0.460	8.580	0.565	11.978	0.670	18.510
0.465	8.704	0.570	12.196	0.675	18.970
0.470	8.830	0.575	12.420	0.680	19.441
0.475	8.960	0.580	12.651	0.685	19.936
0.480	9.093	0.585	12.890	0.690	20.451
0.485	8.230	0.590	13.136	0.695	20.990
0.490	9.369	0.595	13.391	0.700	21.552
0.495	9.512	0.600	13.654	0.705	22.139
0.500	9.659	0.605	13.926	0.710	22.753
0.505	9.810	0.610	14.208	0.715	23.395
0.510	9.964	0.615	14.499	0.720	24.068
0.515	10.123	0.620	14.801	0.725	24.772
0.520	10.286	0.625	15.113	0.730	25.511
0.525	10.453	0.630	15.437	0.735	26.286
0.530	10.625	0.635	15.773	0.740	27.100
0.535	10.802	0.640	16.121	0.745	27.955
0.540	10984	0.645	16.482	0.750	28.856
0.545	11.172	0.650	16.860		
0.550	11.364	0.655	17.264		