บทที่ 4
เครื่องมือให้อัตราความเครียดช้า

4.1 คำนำ

ในช่วงหลายปีที่ผ่านมานี้ได้มีการนำเครื่องมือให้อัตราความเครียดช้า (Slow Strain Rate Tensile Machine: SSRT) มาประเมินความไหวตัวต่อการเกิด IGSCC ในวัสดุ เนื่องจากสามารถแสดงวิวัฒนาการของรอยแตกตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงการแตกอย่างสมบูรณ์ในสิ่งแวดล้อมที่ก่อให้เกิดการแตกได้เป็นอย่างดี ในงานวิจัยนี้ได้นำเทคนิค SSRT มาใช้ในการทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของเหล็กกล้าไร้สนิม 304 ที่ผ่านกระบวนการความร้อนเชิงกล เพื่อนำไปสู่แนวทางในการศึกษาผลกระทบของกระบวนการความร้อนเชิงกลต่อการเกิด IGSCC ในเหล็กกล้าไร้สนิม 304

4.2 เครื่องมือให้อัตราความเครียดช้า (SSRT)

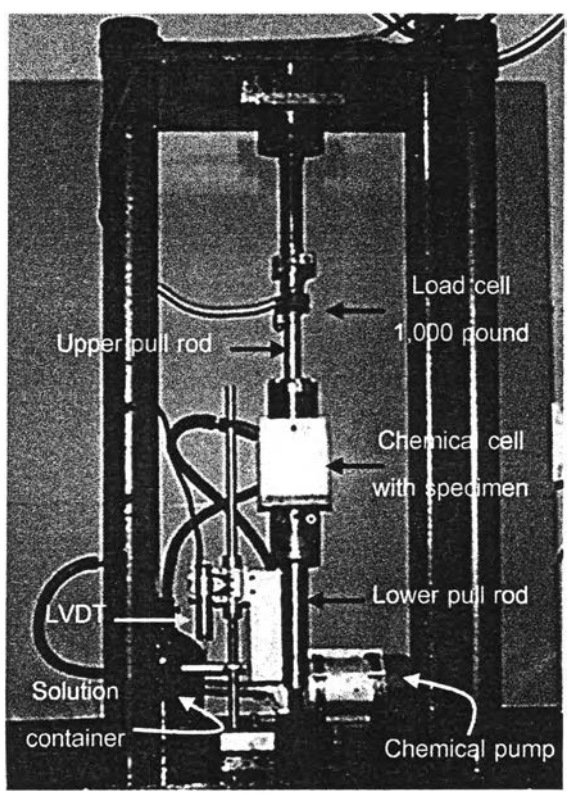
เทคนิคการทดสอบด้วย SSRT สามารถนำมาประยุกต์สภาวะจำลองที่ก่อให้เกิดการกัดกร่อนได้ ซึ่งอัตราความเครียดช้าที่ให้แก่วัสดุในสภาวะจำลองการกัดกร่อนจะสามารถแสดงรอยแตก และพฤติกรรมการขยายตัวของรอยแตกซึ่งบ่งบอกถึงโครงสร้างทางจุลภาคที่มีระดับความไหวตัวต่อการแตกในวัสดุนั้นได้เป็นอย่างดี ระดับความไหวตัวต่อการแตกนั้นแสดงให้เห็นจากการลดลงของคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุ เช่น ค่าความเครียดของวัสดุ ณ จุดแตก (Strain to failure: ε_f), ความเค้น ณ จุดคราก (0.2% Yield Strength: 0.2%YS), ค่าความแข็งสูงสุด (Ultimate Tensile Strength: UTS) และค่าการลดลงของพื้นที่ตัดขวาง ณ รอยแตก (Reduction in Area: RA) เป็นต้น กล่าวคือถ้าวัสดุมีความไหวตัวต่อการแตกสูง ค่าคุณสมบัติเชิงกลที่ได้จากการทดสอบก็จะมีค่าน้อย ดังแสดงในตารางที่ 4.1 ซึ่งแสดงค่า UTS ของเหล็กกล้าไร้สนิม 304 ที่ผ่านการเซนซิไทซ์ที่ 650^{0}C ในเวลาต่างๆกัน [11]

ข้อได้เปรียบของเทคนิค SSRT เหนือเทคนิคอื่นๆเช่น เทคนิค constant load และ constant deflection คือใช้เวลาในการทดสอบน้อยกว่า อีกทั้งยังหลีกเลี่ยงปัญหาที่เกิดจากการจำกัดของเวลา ยกตัวอย่างเช่น ในการทดสอบชิ้นงานรูปตัวยู (U-bend specimen) จะไม่ปรากฏการแตกที่ 1,000 ชั่วโมง แต่การแตกจะปรากฏที่ 1,500 ชั่วโมง [34] นอกจากนั้นค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการทดสอบวัสดุด้วยเทคนิค SSRT ยังมีค่าต่ำกว่าการทดสอบด้วยวิธี fracture mechanic crack propagation test เพราะวิธีที่ใช้ในการเตรียมตัวอย่าง และการทดสอบของเทคนิค SSRT นั้นไม่ ยุ่งยาก และซับซ้อนจนเกินไป

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบเหล็กกล้าไร้สนิม 304 ที่ผ่านการเซนซิไทซ์ที่ 650^{0}C ในเวลาต่างกัน ด้วยเครื่อง SSRT ในสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต [11]

เวลาที่ใช้เซนซิไทซ์ (ชั่วโมง)	UTS (MPa)
0	662
2	636
8	567
16	566

เครื่องมือให้อัตราความเครียดช้า (SSRT) ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อทดสอบความไหวตัวของเหล็กกล้าไร้สนิม 304 ในสารละลายกัดกร่อนที่มีการหมุนเวียนอยู่ตลอดเวลาในเซลล์สำหรับใส่สารเคมี (chemical cell) ด้วยอัตราความเครียด (strain rate) ที่ต่ำกว่า 10^{-5} วินาที$^{-1}$ โดยมีองค์ประกอบที่สำคัญคือ pull rod, load cell ขนาด 1,000 ปอนด์ และ Linear Variable Differential Transformer (LVDT) ที่ใช้วัดระยะยืดออกของชิ้นงานทดสอบดังแสดงในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 การทดสอบวัสดุด้วยเครื่อง SSRT ในสภาวะจำลองการกัดกร่อน

จากงานวิจัยที่ผ่านมาของ K. Talerngsuk [11] ซึ่งทำการตรวจสอบอัตราการยืดออกของชิ้นงาน (extension rate) ที่ทดสอบด้วยเครื่อง SSRT เครื่องเดียวกับที่ใช้ในงานวิจัยนี้ พบว่ามีค่าสูงสุดอยู่ที่ 1.8×10^{-4} มม./วินาที ในขณะที่ค่าต่ำสุดอยู่ที่ประมาณ 6.07×10^{-5} มม./วินาที เทียบเท่ากับอัตราความเครียดประมาณ 1.75×10^{-6} วินาที$^{-1}$ ซึ่งมอเตอร์ที่ใช้ในการให้โหลดนั้นจะไม่ตอบสนองที่อัตราความเครียดต่ำกว่านี้ นอกจากนั้นค่าความแข็งของ load cell ที่ใช้มีผลโดยตรงต่อค่าคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุที่ทดสอบ ตัวอย่างเช่นในตารางที่ 4.2 [11] จะเห็นได้ว่าค่า Young's modulus ของเหล็กกล้าไร้สนิม 304 ที่ผ่านการทดสอบด้วย SSRT จากโรงงานมีค่าแตกต่างกันมากเมื่อเทียบกับค่าที่วัดได้จากการทดลอง เนื่องจากวัสดุที่ใช้ทำ load cell มีความแข็งไม่เพียงพอที่จะต้านทานแรงดึงจากมอเตอร์ได้หมด เป็นผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนของค่าโหลดจริงที่ใช้ในการทดสอบวัสดุ อีกทั้งประสิทธิภาพในการอ่านค่าโหลดที่ใช้ในการทดสอบวัสดุนั้นจะแปรผันโดยตรงกับค่า UTS ของวัสดุ กล่าวคือถ้าโหลดที่ให้แก่วัสดุมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับค่าโหลดสูงสุดที่สามารถอ่านค่าได้ ประสิทธิภาพของ load cell ก็จะลดลง ยกตัวอย่างเช่น การทดสอบเหล็กกล้าไร้สนิม 304 ที่มีค่า UTS ประมาณ 950 ปอนด์ โดยใช้ load cell ที่ให้ค่าโหลดสูงสุดได้แค่ประมาณ 1,000 ปอนด์นั้น จะให้ประสิทธิภาพในการทดสอบที่ดีกว่าใช้ load cell ที่ให้ค่าโหลดได้สูงกว่านี้

ตารางที่ 4.2 การเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพของเหล็กกล้าไร้สนิม 304 ที่ได้จากการทดลองและจากโรงงาน [11]

ลักษณะทางกายภาพ	ข้อมูลที่ได้จากโรงงาน	ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบ
Modulus of Elasticity (Young's modulus) (MPa)	193	15.06
ความเค้น ณ จุดคราก (0.2% yield strength) (MPa)	300	270

4.3 เซลล์สำหรับใส่สารเคมี และระบบหมุนเวียนสารละลาย

ข้อดีประการหนึ่งของเทคนิค SSRT คือสามารถตรวจวัดความไหวตัวต่อการกัดกร่อนในสภาวะจำลองต่างๆที่เอื้ออำนวยให้เกิดการกัดกร่อนได้ ด้วยการใช้เซลล์สำหรับสารเคมีที่มีชิ้นงาน และสารละลายกัดกร่อนบรรจุอยู่ โดยในระหว่างที่ทำการทดสอบด้วยเครื่อง SSRT นั้น สารละลายกัดกร่อนจะมีการเคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลาด้วยกำลังของเครื่องปั๊มสำหรับสารละลายเคมี ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการตกตะกอนของสารละลายอันนำไปสู่การลดลงของประสิทธิภาพการกัดกร่อนชิ้นงานตัวอย่าง การทดสอบความไหวตัวต่อการกัดกร่อนด้วยเครื่อง SSRT ในระบบดังกล่าวนี้ค่อนข้างจะมีอัตราการกัดกร่อนของสารละลายต่อชิ้นงานทดสอบคงที่ เนื่องจากเครื่องปั๊มสำหรับสารละลายเคมีที่ใช้มีประสิทธิภาพพอเพียงที่ทำให้อัตราการหมุนเวียนของสารละลายคงที่ได้ โดยระบบหมุนเวียนสารละลายกัดกร่อนที่ใช้ในงานวิจัยนี้ได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.1

เซลล์สำหรับสารเคมี (chemical cell) ที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อจำลองสภาวะการกัดกร่อนแก่ชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิม 304 ที่ทดสอบด้วยเครื่อง SSRT ซึ่งเซลล์สำหรับใส่สารเคมีนี้จะประกอบไปด้วย 2 ส่วนประกอบ คือเซลล์ส่วนบนที่ทำจากอะคลีลิกแผ่นหนา 2 มม. ในส่วนของผนังเซลล์ที่มีความกว้าง และความยาวเท่ากันคือ 8 ซม. และมีความสูง 4.5 ซม. ในส่วนของฐานเซลล์นั้นทำจากอะคลีลิกแผ่นหนา 4 ซม. ดังรูปที่ ก.1 ในส่วนภาคผนวก ก. ส่วนที่สองคือเซลล์ส่วนล่างที่ทำมาจากอะคลีลิกแผ่นหนา 4 มม. ในส่วนของผนังเซลล์ที่มีความกว้าง และความยาวเท่ากันคือ 9 ซม. และสูง 9.5 ซม. ฐานเซลล์ส่วนล่างนั้นทำมาจากอะคลีลิกแผ่นหนา 1.5 ซม. ดังแสดงในรูปที่ ก.2 และ ก.3 โดยเซลล์สำหรับใส่สารเคมีที่ใช้ในงานวิจัยนี้ถูกออกแบบให้สามารถขยายออกตามความยาวของชิ้นงานที่ยืดออกไปได้โดยไม่มีการสูญเสียระดับของสารละลายกัดกร่อนดังแสดงในรูปที่ ก.4 โดยปริมาตรของเซลล์สำหรับใส่สารเคมีที่ใช้นั้นคำนวณได้เท่ากับ 512 ลูกบาศก์ซม. แต่ในทางปฏิบัติเราต้องการปริมาตรของสารละลายกัดกร่อนที่ใช้ในการทดลองถึง 1,000 ลูกบาศก์ซม.ด้วยกัน

สารละลายที่ใช้ในการจำลองสภาวะการกัดกร่อนเพื่อทดสอบความไหวตัวต่อการเกิด IGSCC ด้วยเครื่อง SSRT ในงานวิจัยนี้คือ สารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต และสารละลายผสมระหว่าง โซเดียมคลอไรด์, โซเดียมไทโอซัลเฟต และกรดซัลฟิวริก ซึ่งวิธีการคำนวณปริมาณ และความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้แสดงได้ดังต่อไปนี้

สารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต ($Na_2S_2O_3.5H_2O$)

ปริมาตรของสารละลายที่เราต้องการ = 1,000 ลูกบาศก์ซม.

ดังนั้นหากเราต้องการสารละลาย $Na_2S_2O_3.5H_2O$ ความเข้มข้น 0.5 M ปริมาณ1,000 ลูกบาศก์ซม

เราต้องใช้ปริมาณของสารละลาย $= \frac{(0.5 \text{ โมล})x(1{,}000 \text{ ลูกบาศก์ซม.})}{(1{,}000 \text{ ลูกบาศก์ซม.})}$

$= 0.5$ โมล

มวลโมเลกุลของ $Na_2S_2O_3.5H_2O$ $= (23 \times 2) + (32 \times 2) + (16 \times 3) + 5 \times \{(2 \times 1) + 16\}$

$= 248$ กรัม

ดังนั้นในการเตรียมสารละลาย 1 โมลต้องชั่ง $Na_2S_2O_3.5H_2O$ ในปริมาณ 248 กรัม แต่ถ้าเราต้องการเตรียมสารละลาย 0.5 โมล เราก็ต้องชั่ง $Na_2S_2O_3.5H_2O$ ในปริมาณเพียง 124 กรัม โดยที่ $Na_2S_2O_3.5H_2O$ ทุกๆ 1 โมล จะประกอบไปด้วย $Na_2S_2O_3$ 1 โมล และ น้ำ 5 โมล ดังนั้นในสารละลาย $Na_2S_2O_3.5H_2O$ 0.5 โมล ก็จะมี $Na_2S_2O_3$ อยู่เท่ากับ 0.5 โมลเช่นกัน

ซึ่งปริมาตรของน้ำกลั่นบริสุทธิ์ปริมาณ 1,000 ลูกบาศก์ซม. จะสามารถเทียบเท่าได้

$= (1{,}000 \text{ ลูกบาศก์ซม.})x\frac{(1 \text{ โมล})x(1 \text{ กรัม})}{(18 \text{ กรัม})x(1 \text{ ลูกบาศก์ซม.})}$

$= 55.55$ โมล

ดังนั้นความเข้มข้นของ $Na_2S_2O_3$ ในน้ำกลั่นสามารถเทียบเท่าได้

$= \frac{0.5 \text{ โมล}}{55.55 \text{ โมล}}$

$= 9.00 \times 10^{-3}$

$= 9{,}000$-ppm

$= 0.9\% Na_2S_2O_3$

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงใช้ไทโอซัลเฟต 9,000-ppm ในการจำลองการกัดกร่อน

สารละลายผสม

ความเข้มข้นของสารละลายผสมที่ใช้ในงานวิจัยนี้ได้นำมาจากบางส่วนของงานวิจัยของ T. Laitinen [9] ซึ่งทดสอบเหล็กกล้าไร้สนิม 304 ใน Cl^- 300 มิลลิกรัม/ลิตร, $S_2O_3^{2-}$ 50 มิลลิกรัม/ลิตร และ SO_4^{2-} มิลลิกรัม/ลิตร, ซึ่งวิธีการคำนวณปริมาณสารเคมีที่ใช้ในงานวิจัยแสดงได้ดังต่อไปนี้

โซเดียมคลอไรด์ (NaCl)

เราต้องการ Cl^- ในปริมาณ = 300 มิลลิกรัม/ลิตร

โดยที่มวลโมเลกุลของ NaCl = 23 + 35.5

= 58.5 กรัม

สมการแสดงปฏิกริยาของ NaCl คือ

$$NaCl \longrightarrow Na^+ + Cl^-$$

หรือ $Cl^- + Na^+ \longrightarrow NaCl$

ดังนั้นถ้า 35.5 + 23 มิลลิกรัม/ลิตร $\longrightarrow$ 58.5 มิลลิกรัม/ลิตร

แต่ถ้าเราต้องการ Cl^- 300 มิลลิกรัม/ลิตร เราต้องชั่ง NaCl ในปริมาณ

$$= \frac{(300 \text{ มิลลิกรัม/ลิตร}) \times (58.5 \text{ มิลลิกรัม/ลิตร})}{(35.5 \text{ มิลลิกรัม/ลิตร})}$$

= 494.37 มิลลิกรัม/ลิตร

นั่นหมายความว่าในการเตรียมสารละลายผสมเราต้องใช้ NaCl ปริมาณ 494.37 มิลลิกรัม เพื่อผสมกับน้ำกลั่น 1 ลิตร

สารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต ($Na_2S_2O_3.5H_2O$)

เราต้องการ $S_2O_3^{2-}$ ในปริมาณ = 50 มิลลิกรัม/ลิตร

โดยที่มวลโมเลกุลของ $Na_2S_2O_3.5H_2O$ = 248 กรัม

สมการแสดงปฏิกริยาของสารละลาย $Na_2S_2O_3.5H_2O$ คือ

$$Na_2S_2O_3.5H_2O \longrightarrow 2Na^+ + S_2O_3^{2-} + 5H_2O$$

หรือ $$2Na^+ + S_2O_3^{2-} + 5H_2O \longrightarrow Na_2S_2O_3.5H_2O$$

ดังนั้น 46 + 112 + 90 มิลลิกรัม/ลิตร ⟶ 248 มิลลิกรัม/ลิตร

แต่ถ้าเราต้องการ Cl^- 50 มิลลิกรัม/ลิตร เราต้องชั่ง $Na_2S_2O_3$ ในปริมาณ

$$= \frac{(50 \text{ มิลลิกรัม/ลิตร}) \times (248 \text{ มิลลิกรัม/ลิตร})}{(112 \text{ มิลลิกรัม/ลิตร})}$$

= 110.71 มิลลิกรัม/ลิตร

นั่นหมายความว่าในการเตรียมสารละลายผสมเราต้องใช้ $Na_2S_2O_3.5H_2O$ ปริมาณ 110.71 มิลลิกรัม/ลิตร สำหรับน้ำกลั่นปริมาณ 1 ลิตร

กรดซัลฟิวริก (H_2SO_4)

กรดซัลฟิวริกที่ใช้วิเคราะห์มีความเข้มข้นของเนื้อกรดอยู่ 98% โดยปริมาตร มีค่าความหนาแน่นเท่ากับ 1.84 กรัม/ลูกบาศก์ซม. ซึ่งวิธีคำนวณปริมาณ SO_4^{2-} สำหรับน้ำกลั่น 1 ลิตร เพื่อเตรียมสารละลายผสมแสดงดังต่อไปนี้

จากสมการ ปริมาตร (V) $= \frac{m}{\rho}$

= (300 มิลลิกรัม) / (1.84 กรัม/ลูกบาศก์ซม.)

= (300 x 10^{-3} กรัม) / (1.84 กรัม/ลูกบาศก์ซม.)

= 0.163 ลูกบาศก์ซม.

ดังนั้นเราต้องใช้ SO_4^{2-} ปริมาณ 0.163 ลูกบาศก์ซม.เพื่อผสมกับน้ำกลั่น 1 ลิตร

กรดซัลฟิวริก 98% โดยปริมาตรหมายถึง ในสารละลายกรดซัลฟิวริก 100 ลูกบาศก์ซม. จะมีเนื้อกรดอยู่ 98 ลูกบาศก์ซม ดังนั้นถ้าเราต้องการเนื้อกรดซัลฟิวริก 0.163 ลูกบาศก์ซม เราต้องใช้สารละลายกรดซัลฟิวริกปริมาณ

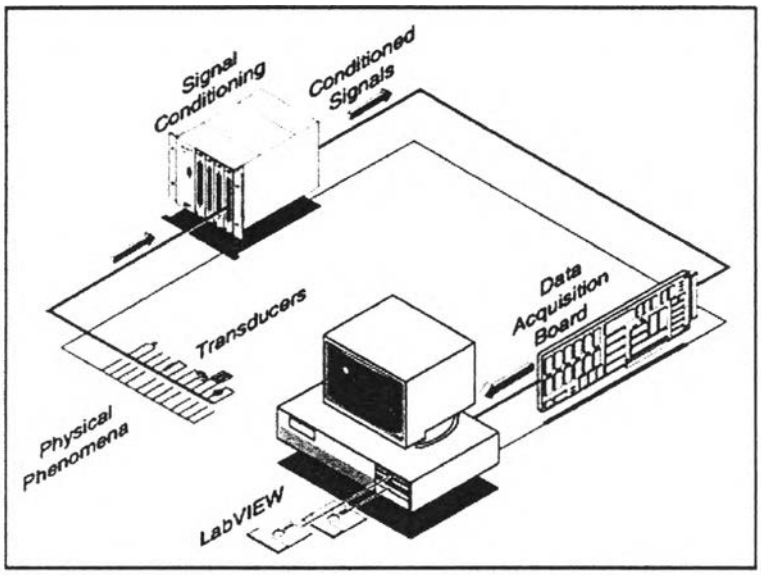
$$= \frac{(0.163 \text{ ลูกบาศก์ซม})x(100 \text{ ลูกบาศก์ซม})}{(98 \text{ ลูกบาศก์ซม})}$$

$$= 0.166 \text{ ลูกบาศก์ซม}$$

นั่นหมายความว่าในการเตรียมสารละลายผสมเราต้องใช้กรดซัลฟิวริกปริมาณ 0.166 ลูกบาศก์ซม เพื่อผสมกับน้ำกลั่น 1 ลิตร

4.4 ระบบการเก็บรวบรวมข้อมูล (Data Acquisition System)

ระบบเก็บรวบรวม และประมวลผลข้อมูลการทดสอบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สามารถดำเนินการบน Microsolf Windows ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้กับเครื่อง SSRT ที่ใช้ทดสอบชิ้นงานตัวอย่างในงานวิจัยนี้ เนื่องจากมีความสะดวกรวดเร็ว และมีความแม่นยำสูงในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยข้อมูลดิบที่ได้จากการทดสอบจะถูกส่งออกมาจากตัว Load cell ในส่วนของข้อมูลแรงดึงที่ใช้ และ LVDT ในส่วนของระยะยืดของชิ้นงานที่เกิดขึ้น ไปสู่กล่องควบคุมซึ่งมีลักษณะของสัญญาณเป็นอนาลอก โดยจะถูกส่งต่อไปเก็บไว้ที่บอร์ดสำหรับเก็บข้อมูล (Data Acquisition board) เพื่อรอการแปลงสัญญาณเป็นดิจิตอลด้วยตัวแปลงสัญญาณ (A/D converter) แล้วนำเข้าสู่กระบวนการประมวลผลด้วยโปรแกรม LabVIEW ดังแสดงในรูปที่ 4.2 ซึ่งแสดงระบบการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ประยุกต์ใช้ทั่วไปกับอุปกรณ์ หรือเครื่องมือทางวิศวกรรม และวิทยาศาสตร์ โดยกระบวนการที่กล่าวมานี้ดำเนินการภายใต้ความสามารถของโปรแกรม LabVIEW เวอร์ชั่น 4.0 ซึ่งเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีศักยภาพ และความยืดหยุ่นที่ดีพอต่อการวิเคราะห์ และเก็บรวมรวมข้อมูล LabVIEW เป็นโปรแกรมสำหรับประยุกต์ใช้กับเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ และวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งถูกพัฒนาให้คล้ายคลึงกับโปรแกรมภาษา C แต่ LabVIEW เป็นโปรแกรมกราฟฟิกที่เป็นภาษา G โดยใช้การเขียน flow-chart ในรูปแบบของ block-diagram ที่ประกอบไปด้วย icons และ terminology ต่างๆทางวิทยาศาสตร์ และวิศวกรรมศาสตร์ขึ้นมาควบคุมการทำงานของโปรแกรม รายละเอียดสำหรับการใช้โปรแกรม LabVIEW จะถูกกล่าวถึงในส่วนของภาคผนวก ข. [35]



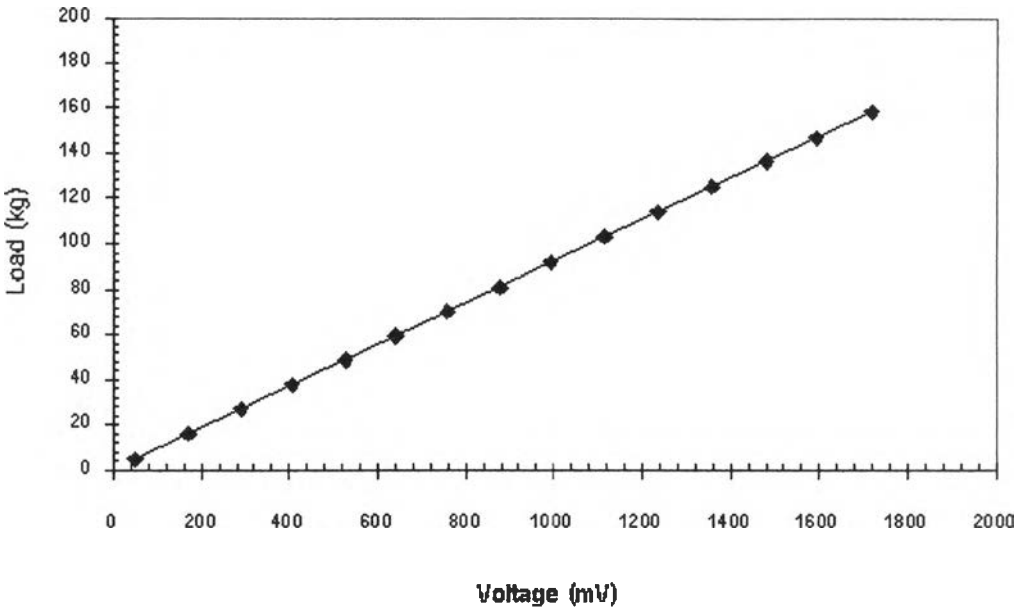
รูปที่ 4.2 ระบบการเก็บรวบรวมข้อมูล (Data Acquisition system: DAQ system) [35]

ข้อมูลที่ได้จาก LabVIEW จะอยู่ในรูปของความต่างศักย์ ซึ่งสามารถนำมาแปลงกลับไปเป็นค่าแรงดึงที่ใช้จริง และค่าระยะยืดที่เกิดขึ้นจริงได้ ด้วยการปรับเทียบมาตราฐาน (calibrate) จากความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ โปรแกรม LabVIEW ประมวลผลออกมา กับค่าจริงที่อ่านได้จากเครื่อง SSRT โดยกราฟความสัมพันธ์ดังกล่าวได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.3 ซึ่งค่าที่ผ่านการปรับเทียบแล้วนั้นจะถูกนำไปคำนวณค่าความเค้น (stress: σ) และความเครียด (strain: ε) ของชิ้นงานทดสอบด้วยสมการ

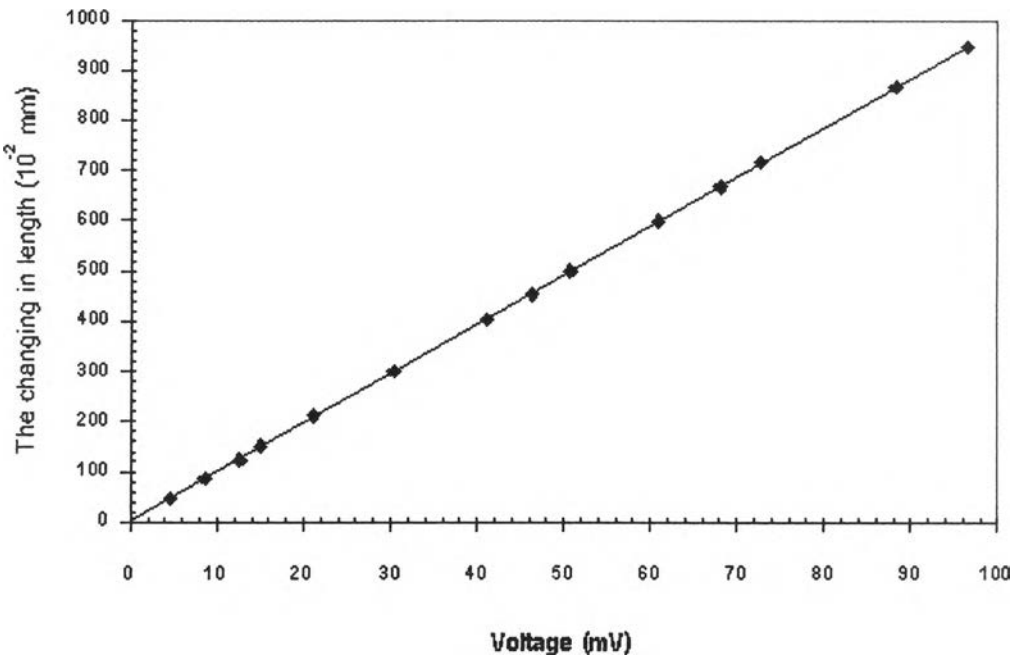
$$\sigma\ (\text{MPa}) = \frac{\text{load (กก.)} \times 9.8\ (\text{มม.}/\text{วินาที}^2)}{\text{A (มม.}^2)} \tag{4.1}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta L\ (10^{-2}\ \text{มม.})}{L_0\ (10^{-2}\ \text{มม.})} \tag{4.2}$$

โดยที่ A คือพื้นที่ตัดขวางบริเวณ gauge length ของชิ้นงานที่มีความเค้นเข้าถึง ΔL คือ ค่าความยาว gauge length ที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละช่วงของเวลาที่ใช้ในการทดสอบ และ L_0 คือความยาว gauge length เริ่มต้น ผลการทดสอบชิ้นงานด้วยเครื่อง SSRT สามารถแสดงได้ในรูปของกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเค้น และความเครียดดังรูปที่ 4.4 ซึ่งสามารถนำไปวิเคราะห์ค่าคุณสมบัติเชิงกลต่างๆของวัสดุอันนำไปสู่ระดับความไหวตัวต่อการเกิด IGSCC ในวัสดุได้ต่อไป

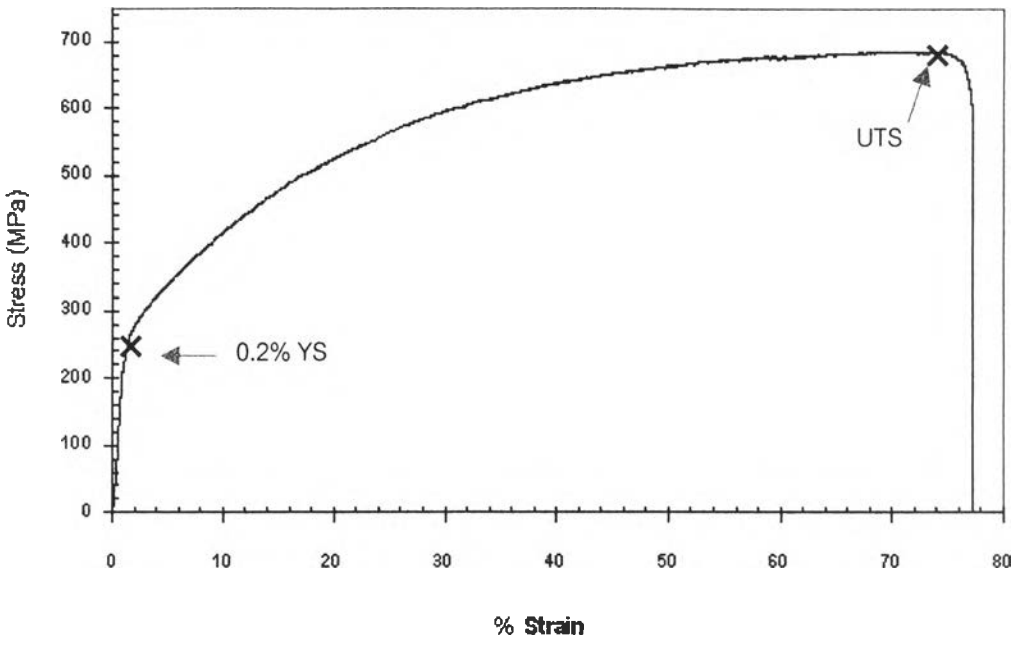


รูปที่ 4.3 (a) กราฟ calibrate แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงดึงที่อ่านได้จาก LabVIEW ในรูปของความต่างศักย์ กับค่าแรงดึงจริงที่อ่านได้จากเครื่อง SSRT



รูปที่ 4.3 (b) กราฟ calibrate ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการเปลี่ยนแปลงความยาว gauge length ของชิ้นงานที่อ่านได้จาก LabVIEW ในรูปของความต่างศักย์ และค่าจริงที่อ่านได้จาก SSRT

I20306407



รูปที่ 4.4 ตัวอย่างแสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเค้น และค่าความเครียดของเหล็กกล้าไร้สนิม 304 ที่ถูกทดสอบด้วยเครื่อง SSRT