บทที่ 4

กระบวนการและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

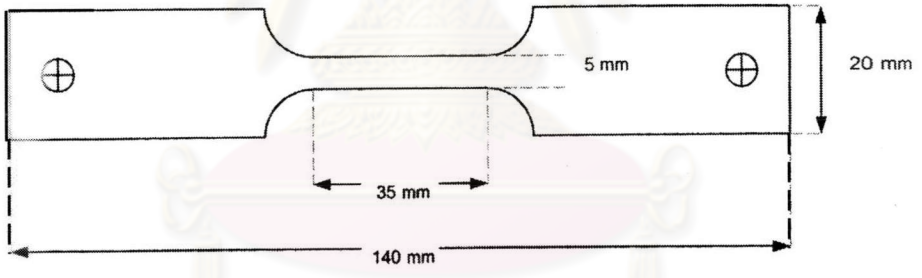
ในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนในการทดสอบคุณสมบัติเชิงกลของเหล็กกล้าไร้สนิม 304 ในสภาวะจำลองที่ประกอบด้วยสารละลายผสมที่ทำให้เกิดการกัดกร่อนอันเนื่องมาจากผลของความเค้น(Stress Corrosion Cracking; SCC) รวมถึงขั้นตอนในการเตรียมชิ้นงานและการทดสอบ Slow Strain Rate Testing; SSRT โดยการทดสอบ SSRT ที่อัตราความเครียดช้าต่างกันนั้นมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งเนื่องจากเป็นแรงผลักดันให้มีการเกิด SCC ในชิ้นงาน ก่อนที่ชิ้นงานจากการทดลองจะถูกนำไปถ่ายภาพด้วย Scanning Electron Microscope; SEM เพื่อศึกษากลไกการเกิด SCC จากผลของอัตราความเครียดช้าต่อไป

4.1 ขั้นตอนการทดลอง

สำหรับขั้นตอนทำการทดลองที่ทำให้เกิด SCC ขึ้นในงานวิจัยนี้ ความไวของวัสดุต่อการเกิด SCC ได้รับการจำลองให้เกิดขึ้นจากผลของปัจจัยควบคุม 2 ปัจจัย ปัจจัยแรกคือระดับความไวของโครงสร้างวัสดุต่อการเกิด SCC ซึ่งเกิดขึ้นในการทดลองเมื่อวัสดุได้รับการเซนซิไทเซชันที่เวลาต่างกัน ผลของการเซนซิไทเซชันจะทำให้ความสามารถต้านทานการกัดกร่อนของวัสดุลดลงตามปริมาณโครเมียมที่ลดลงจากการตกตะกอนที่บริเวณขอบเกรน ส่วนปัจจัยที่สองคือความเสียหายที่เกิดจากการแตกของออกไซด์ฟิล์มที่ผิววัสดุจากการเกิด plastic deformation ซึ่งทำให้เกิดขึ้นในการทดลองจากการที่วัสดุได้รับอัตราความเครียดช้าที่ระดับต่างกัน โดยที่ระดับของอัตราความเครียดช้าที่ให้กับวัสดุจะสัมพันธ์กับช่วงเวลาที่ใช้ในการสร้างออกไซด์ฟิล์มขึ้นใหม่ในบริเวณที่เกิดความเสียหายขณะเดียวกันก็เป็นช่วงเวลาที่การกัดกร่อนเกิดขึ้นบริเวณผิววัสดุที่ปราศจากออกไซด์ฟิล์ม แสดงให้เห็นว่าปริมาณ SCC ควบคุมได้จากระดับอัตราความเครียดช้าที่เปลี่ยนแปลงไป ปัจจัยทั้งสองจะเกิดผลร่วมกันเมื่อนำวัสดุมาทดสอบ SSRT testing ที่ระดับการเซนซิไทเซชันและระดับอัตราความเครียดช้าต่างกัน ในสภาวะสารละลายผสมโซเดียมคลอไรด์ โซเดียมไทโอซัลเฟตและกรดซัลฟุริก ความรุนแรงของการเกิด SCC สังเกตุได้จากปริมาณและขนาดรอยแตกที่เกิดขึ้นบนผิววัสดุซึ่งจะสัมพันธ์กับระดับการเซนซิไทเซชันและระดับอัตราความเครียดช้า นอกจากนั้นความรุนแรงของการเกิด SCC ยังสังเกตได้จากคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุที่เปลี่ยนแปลงไป

4.2 การเตรียมชิ้นงาน

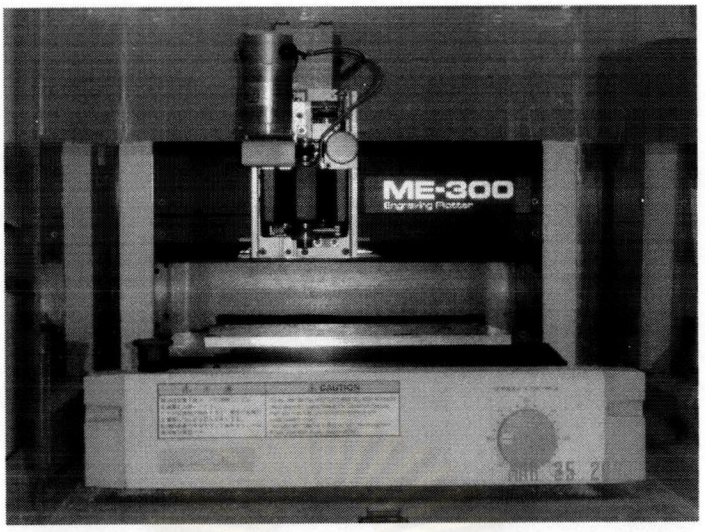
เหล็กกล้าไร้สนิมที่ใช้ในการทดลองทั้งหมดนั้นเป็นเหล็กกล้าไร้สนิมชนิดออสติเนติกเกรด 304 ที่มีจำหน่ายโดยทั่วไปในท้องตลาด สำหรับเหล็กกล้าไร้สนิม 304 ที่ใช้ในการทดลองในงานวิจัยนี้ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัทไทยน๊อคซ์ สตีล จำกัด เหล็กกล้าไร้สนิมที่ได้รับความอนุเคราะห์จากโรงงานผู้ผลิตจะมีลักษณะเป็นแผ่นบาง (metal sheet) มีความหนา 1.2 มิลลิเมตร และมีองค์ประกอบที่สำคัญทางเคมีดังแสดงในตารางที่ 4.1 ก่อนนำมาทดลองเหล็กกล้าไร้สนิมแผ่นจะถูกตัดให้อยู่ในรูปแบบของชิ้นงานที่ใช้ทดสอบโดยการดึง (Tensile specimen) โดยเครื่อง Engraving Plotter ME-300 ซึ่งจะได้ชิ้นงานที่มีขนาดและลักษณะดังรูปที่ 4.1 การทำงานของเครื่องนั้นชิ้นงานจะถูกตัดในลักษณะ Tensile specimen ด้วยหัวกัด TiN-carbide ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร ที่ความเร็ว 6000 rpm. ข้อดีของการตัดชิ้นงานด้วย Engraving Plotter ME-300 คือชิ้นงานที่เสร็จสมบูรณ์จากการตัดด้วยเครื่องมือดังกล่าวจะปราศจากรอยบาก (notch) ที่อาจเกิดขึ้นเนื่องจากกระบวนการที่ใช้ตัดซึ่งจะทำให้เกิดความเค้นตกค้างอยู่ในชิ้นงาน เครื่องตัดชิ้นงาน Engraving Plotter ME-300 แสดงดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.1 ลักษณะ และขนาดชิ้นงานทดสอบแรงดึงที่ใช้กับ SSRT machine ในการทดลอง

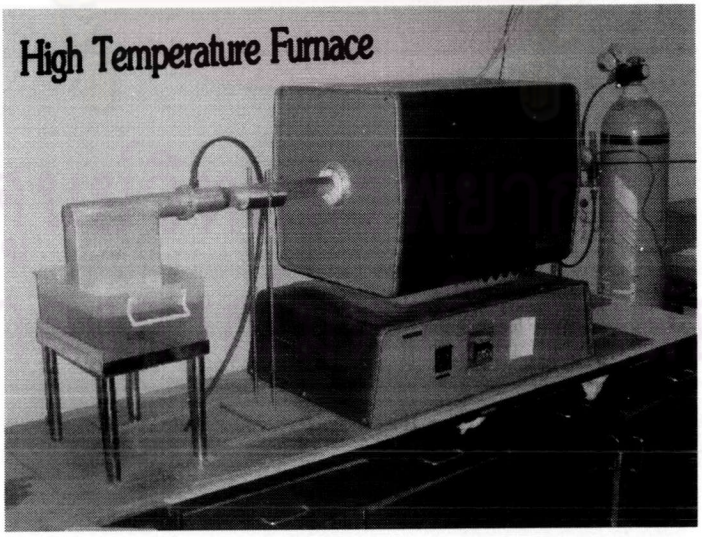
ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบที่สำคัญทางเคมีในเหล็กกล้าไร้สนิม 304 ที่ใช้ในงานวิจัย

Elements	Fe	Cr	Ni	Mn	Si	N	C	P
Weigth (%)	Balance	18.49	9.21	1.07	0.51	0.043	0.044	0.024



รูปที่ 4.2 เครื่องตัดชิ้นงาน Engraving Plotter ME-300

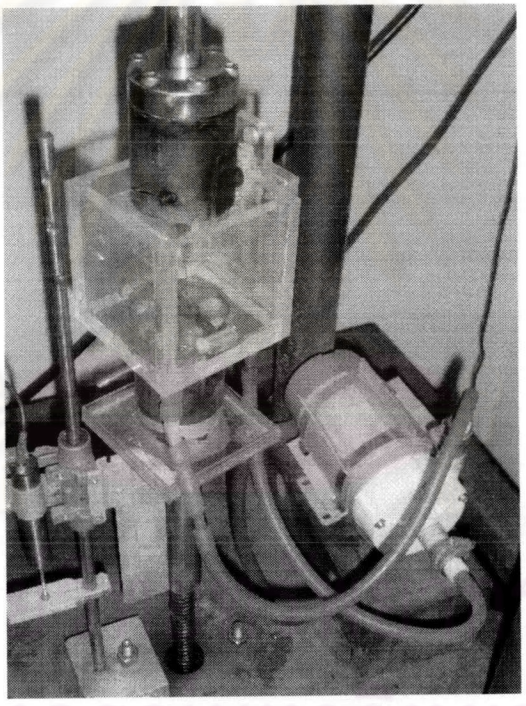
ชิ้นงานที่อยู่ในลักษณะ Tensile specimen จะได้รับการขัดผิวให้เรียบยิ่งขึ้นด้วยเครื่องมือขัดกระดาษทราย (mechanical polishing) ที่ระดับความละเอียดของกระดาษทรายเบอร์ 1500 ในกรณีชิ้นงานที่ต้องผ่านการเซนซิไทเซชันนั้นภายหลังจากการตัดชิ้นงานจะถูกนำเข้าภายในเตาอบอุณหภูมิสูง(แสดงดังรูปที่ 4.3) และได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 650 °C ด้วยระยะเวลาที่แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระดับการเซนซิไทเซชัน จากนั้นชิ้นงานจะถูกทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็วที่อุณภูมิห้องก่อนนำมาขัดจนได้ความละเอียดระดับกระดาษทรายเบอร์ 1500



รูปที่ 4.3 เตาอบอุณหภูมิสูงที่ใช้ในกระบวนการเซนซิไทเซชัน

4.3 การทดสอบชิ้นงานด้วยเครื่องมือทดสอบแรงดึงอัตราความเครียดช้า

ความไวของวัสดุต่อการเกิด SCC จะได้รับการทดสอบโดยวิธี Slow Strain Rate Tensile Testing (SSRT) ที่อุณหภูมิห้องภายใต้สภาวะที่จำลองให้เกิดขึ้นในห้องปฏิบัติการ ก่อนทำการทดสอบ SSRT แอซีโตนจะถูกใช้ทำความสะอาดชิ้นงานโดย ultrasonic cleaner จากนั้นนำมาทดสอบการเกิด SCC ที่รับระดับอัตราความเครียดช้าแตกต่างกันระหว่าง $1.1 \times 10^{-4} - 4.0 \times 10^{-7}$ วินาที$^{-1}$ ในสภาวะสารละลายผสมที่ประกอบด้วยโซเดียมคลอไรด์ และโซเดียมไทโอซัลเฟต ปริมาณ 494.37 และ 110.71 มิลลิกรัมตามลำดับ ผสมกับน้ำกลั่นบริสุทธิ์ปริมาตร 1 ลิตรจากนั้นเติมกรดซัลฟุริกเข้มข้น (98%) ปริมาณ 0.166 ลูกบาศก์เซนติเมตร จะได้สารละลายผสมที่มีค่า pH ประมาณ 3[36] ซึ่งถูกบรรจุอยู่ใน chemical cell ที่ต่อกับระบบหมุนเวียนสารละลายดังแสดงในรูป 4.4



รูป 4.4 ชิ้นงานทดลองที่บรรจุอยู่ใน chemical cell ที่ต่อกับระบบหมุนเวียนสารละลาย

ข้อมูลการทดลอง เช่น load และ strain จะถูกบันทึกและเก็บรวบรวม ณ เวลาต่างๆ โดยการสั่งการผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ที่ควบคุมโดยโปรแกรม LabVIEW ลักษณะรอยแตกที่เกิดขึ้นภายหลังชิ้นงานเกิดความเสียหายจะถูกนำไปตรวจสอบด้วย SEM ผลที่ได้จะถูกนำมาวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลที่เก็บไว้ใน LabVIEW เพื่อทราบถึงกลไกความเสียหายที่เกิดขึ้นจากอัตราความเครียดช้าต่อการเกิด SCC ในเหล็กกล้าไร้สนิม 304