

## บทที่ 3



### วธดดำเนินการววจย

#### 3.1 อุปกรณ์ให้ความรอน

##### 3.1.1 เตอบไฟฟ้า

#### 3.2 เครื่องมือสำหรับเตรยมผิวซนงาน

##### 3.2.1 วัสดุสำหรับทำเรอน

##### 3.2.2 เครื่องทำเรอนชนิดรอน

##### 3.2.3 กระดาษทราย ผ่าสัทหลากสำหรับซดมัน และผงอะลูมินาขนาด 0.05 ไมครอน

##### 3.2.4 เครื่องซดผิวซนงาน

#### 3.3 เครื่องมือวเคราะห

##### 3.3.1 กล้องจุลทรรศนแบบแสง (Optical Microscopy)

##### 3.3.2 กล้องจุลทรรศนอิเล็กตรอนแบบส่องกวาด (Scanning Electron Microscopy)

##### 3.3.3 กล้องจุลทรรศนอิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน (Transmission Electron Microscopy)

##### 3.3.4 เครื่องทดสอบความแ่งไมโครวิกเกอร์ส (Microvicker Hardness Testing Machine)

##### 3.3.5 เครื่องทดสอบแรงตึง (Universal Tensile Testing Machine)

##### 3.3.6 เครื่องอิมิสซันสเปกโตรสโคปี (Emission Spectroscopy)

#### 3.4 วัตถุบ

3.4.1 ซนงานอินโคเนล เอ็กซ์ 750 ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัทไอเกิ้ลไฮเท็มโปรดักท์ จำกัด

#### 3.5 สารเคมี

3.5.1 สารละลาย Marble Etchant : 10 g.CuSO<sub>4</sub> , 50 ml.HCl & 50 ml.H<sub>2</sub>O

3.5.2 สารละลาย Kalling Etchant : 5 g.CuCl<sub>2</sub> , 100 ml.HCl & 100 ml. Ethanol

3.5.3 สารละลาย Electrolytic Etching: 133 ml. Acetic acid , 25 g.CrO<sub>3</sub> , 7ml.H<sub>2</sub>O

แรงดันไฟฟ้า 10 - 12 โวลต์ อุณหภูมิที่ใช้ 20 - 25 องศาเซลเซียส [10]

### 3.6 ขั้นตอนการทดลอง

3.6.1 อบสลักเกลียว ปลอกสวม และแป้นเกลียวหลังผ่านการกลึงขึ้นรูป (ภาคผนวก ข.) ที่ อุณหภูมิ 885 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็นตัวในอากาศ

3.6.2 บ่มสลักเกลียว ปลอกสวม และแป้นเกลียวหลังผ่านการอบตามข้อ 3.6.1 โดยสลักเกลียวใช้อุณหภูมิบ่มแข็งต่างกันดังนี้

3.6.2.1 บ่มแข็งที่อุณหภูมิ 680 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 ชั่วโมง จำนวน 10 ตัวอย่าง

3.6.2.2 บ่มแข็งที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 ชั่วโมง จำนวน 10 ตัวอย่าง

3.6.2.3 บ่มแข็งที่อุณหภูมิ 720 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 ชั่วโมง จำนวน 10 ตัวอย่าง

3.6.2.4 บ่มแข็งที่อุณหภูมิ 740 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 ชั่วโมง จำนวน 10 ตัวอย่าง

3.6.2.5 บ่มแข็งที่อุณหภูมิ 760 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 ชั่วโมง จำนวน 10 ตัวอย่าง

สลักเกลียวทุกตัวหลังผ่านการบ่มแข็ง ปล่อยให้เย็นตัวในอากาศ สำหรับปลอกสวม และแป้นเกลียว บ่มแข็งที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็นตัวในอากาศ จำนวน 40 ชุด

#### 3.6.3 การตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค

3.6.3.1 วิธีการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบแสง และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกวาด

3.6.3.1.1 ตัดสลักเกลียวในสภาพที่ได้รับ สลักเกลียวหลังผ่านข้อ 3.6.1 และ 3.6.2 ตรงตำแหน่งที่ต้องการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค

3.6.3.1.2 หล่อทำเรือนชิ้นงาน ก่อนที่จะนำไปขัดผิวด้วยกระดาษทรายขนาดหยาบไปถึงละเอียด และขัดมันด้วยผงอะลูมินาขนาด 0.05 ไมครอน ตามลำดับ

3.6.3.1.3 กัดกรตที่ผิวของชิ้นงานด้วยสารละลาย Marble Etchant เป็นเวลา 5 วินาทีที่อุณหภูมิห้อง หรือสารละลาย Kalling Etchant เป็นเวลา 60 วินาที

3.6.3.1.4 ตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบแสง

3.6.3.1.5 ตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกวาด

3.6.3.2 วิธีการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน

3.6.3.2.1 ตัดสลักเกลียวในสภาพที่ได้รับ สลักเกลียวหลังผ่านข้อ 3.6.1 และ 3.6.2 ตรงตำแหน่งที่ต้องการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค มีความหนาไม่เกิน 1.5 มิลลิเมตร ขัดผิว

ด้วยกระดาษทรายขนาดหยาบไปถึงละเอียด ตามลำดับ จนกระทั่งได้ความหนาประมาณ 0.1 มิลลิเมตร

3.6.3.2.2 กัดชิ้นงานให้บางในสารละลายกรดด้วยเครื่องกัดบางกระแสไฟฟ้า (Electro polishing machine) จนชิ้นงานมีความบางขนาดแสงส่องผ่านได้ นำไปตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาคโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องผ่าน

### 3.6.4 การตรวจสอบความแข็ง

ทดสอบความแข็งด้วยเครื่องทดสอบความแข็งแบบไมโครวิกเกอร์ส ใช้น้ำหนักกด 500 กรัม (มีหน่วยเป็น  $HV_{500}$ ) ใช้เวลาทดสอบ 15 วินาที โดยทดสอบความแข็งของสลักเกลียว ดังนี้

3.6.4.1 สลักเกลียวในสภาพที่ได้รับ

3.6.4.2 สลักเกลียวหลังผ่านข้อ 3.6.1 และ 3.6.2

3.6.4.3 สลักเกลียวหลังผ่านการทดสอบการคลายความเค้นที่อุณหภูมิ 650 องศาเซลเซียส และ 760 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 500, 1,000, 1,500 และ 2,000 ชั่วโมง

### 3.6.5 การตรวจสอบความต้านแรงดึง

ทดสอบความต้านแรงดึงด้วยเครื่องทดสอบแรงดึง ใช้ความเร็วของปากจับชิ้นงาน 1 มิลลิเมตรต่อนาที ตามมาตรฐาน ASTM E 8 [11] โดยทดสอบความต้านแรงดึงของสลักเกลียว ดังนี้

3.6.5.1 สลักเกลียวในสภาพที่ได้รับ

3.6.5.2 สลักเกลียวหลังผ่านข้อ 3.6.1 และ 3.6.2

3.6.5.3 สลักเกลียวหลังผ่านการทดสอบการคลายความเค้นที่อุณหภูมิ 650 และ 760 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 500, 1,000, 1,500 และ 2,000 ชั่วโมง

### 3.6.6 ขั้นตอนทดสอบการคลายความเค้นของสลักเกลียวหลังทดสอบที่อุณหภูมิสูง

3.6.6.1 วัดความยาวสลักเกลียวด้วยเวอร์เนียคาลิเปอร์ ความละเอียด 0.01 มิลลิเมตร และถ่ายรูป

3.6.6.2 ประกอบสลักเกลียวกับปลอกสวมและแป้นเกลียวเข้าด้วยกัน บนเครื่องทดสอบแรงดึง (ภาคผนวก ข.) ให้ความเค้นดึงเริ่มต้นที่สลักเกลียว 450 เมกะพาสคาล [4]

3.6.6.3 วัดความยาวของสลักเกลียวที่ประกอบกับปลอกสวม และแป้นเกลียว

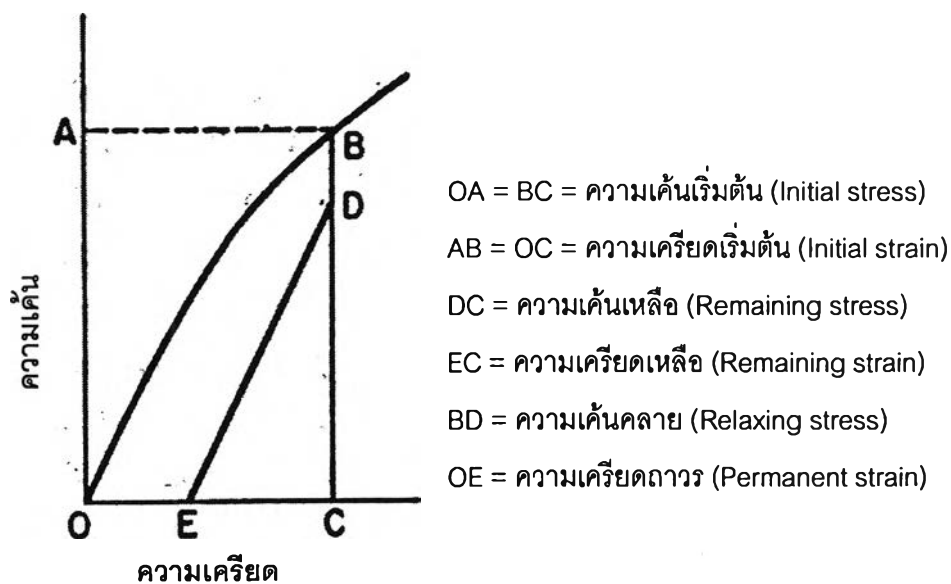
3.6.6.4 ทดสอบการคลายความเค้นของสลักเกลียว ที่อุณหภูมิ 650 และ 760 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 500, 1,000, 1,500 และ 2,000 ชั่วโมง

3.6.6.5 วัดความยาวของสลักเกลียวหลังทดสอบการคลายความเค้น ตามข้อ 3.6.6.4

3.6.6.6 ทดสอบแรงดึงของสลักเกลียว เปรียบเทียบสมบัติเชิงกลที่เปลี่ยนแปลงไป

3.6.6.7 หาค่าการคลายความเค้นของสลักเกลียว โดยเปรียบเทียบกราฟความเค้น-ความเครียด และการยืดตัวของสลักเกลียวก่อนและหลังทดสอบการคลายความเค้น ดังแสดงในรูปที่ 3.1 ตามมาตรฐาน ASTM E 328-86 [12]

3.6.6.8 วิเคราะห์และสรุปผล



รูปที่ 3.1 กราฟความเค้น-ความเครียด เพื่อหาการคลายความเค้นของสลักเกลียว [12]