

รายการรูปประกอบ

รูป		หน้า
2.1	แผนภาพสมมูลของโลหะผสมนิกเกิลอะลูมิเนียมบรอนซ์ (Cu-Al-5Ni-5Fe)	5
2.2	โครงสร้างทางจุลภาคของโลหะผสมนิกเกิลอะลูมิเนียมบรอนซ์	7
2.3	แผนผังการเปลี่ยนเฟสของโลหะผสมนิกเกิลอะลูมิเนียมบรอนซ์ในระหว่างการเย็นตัว	9
2.4	การทดสอบการกัดกร่อนบริเวณรอยแยกของโลหะผสมนิกเกิลอะลูมิเนียมบรอนซ์ โดยการแช่ในสารละลาย NaCl ความเข้มข้น 3.5% เป็นเวลา 1 เดือน	12
2.5	ภาพถ่ายโครงสร้างจุลภาคโลหะผสมนิกเกิลอะลูมิเนียมบรอนซ์ ที่เกิดการสูญเสียธาตุเชิงบริเวณเฟส β'	13
2.6	โลหะผสมนิกเกิลอะลูมิเนียมบรอนซ์ที่เกิดการกัดกร่อนร่วมกับการกัดเซาะ	13
2.7	เกรนอสเทนไนต์ของเหล็กผสมวานาเดียมหลังการชุบขึ้นรูปร้อนที่อุณหภูมิและอัตราการเย็นตัวต่างๆ	17
2.8	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียด จากการขึ้นรูปที่ช่วงอุณหภูมิต่างๆ ด้วยอัตราความเครียด 1 s^{-1} ของเหล็กคาร์บอนต่ำเกรด ST15	19
2.9	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราความเครียดแข็ง (Work-hardening rate) และความเค้นและความเค้นจริงของทองแดงและโลหะผสมทองแดงและอะลูมิเนียม ที่กดขึ้นรูปที่อุณหภูมิห้องด้วยค่าอัตราความเครียด 1000 s^{-1}	20
2.10	ภาพถ่ายโครงสร้างจุลภาคของโลหะผสมนิกเกิลอะลูมิเนียมบรอนซ์ จากอุณหภูมิ $1,000^{\circ}\text{C}$ แล้วเย็นตัวอย่างช้าๆ จนถึงอุณหภูมิต่างๆ แล้วจึงเย็นตัวอย่างรวดเร็วโดยการจุ่มในน้ำ	21
2.11	โครงสร้างจุลภาคของโลหะผสมนิกเกิลอะลูมิเนียมบรอนซ์หลังการทดสอบภายใต้กรรมวิธีทางความร้อนที่แตกต่างกัน	23
2.12	ค่าเฉลี่ยอัตราการกัดกร่อนของโลหะผสมนิกเกิลอะลูมิเนียมบรอนซ์ภายใต้สภาวะที่แตกต่างกัน หลังทดสอบการกัดกร่อน 120 ชั่วโมง	24
2.13	โครงสร้างจุลภาคของโลหะผสมนิกเกิลอะลูมิเนียมบรอนซ์ หลังการอบปกติที่อุณหภูมิต่างๆ	25
3.1	ขั้นตอนการดำเนินงาน	27
3.2	โลหะผสมนิกเกิลอะลูมิเนียมบรอนซ์ที่เตรียมจากการหล่อ	28
3.3	โครงสร้างจุลภาคของโลหะผสมนิกเกิลอะลูมิเนียมบรอนซ์ที่เตรียมจากการหล่อ	29
3.4	โครงสร้างจุลภาคของโลหะผสมนิกเกิลอะลูมิเนียมบรอนซ์ที่ผ่านกระบวนการโซลิมิไนซ์	31
3.5	หลักการทำงานของกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด	34
3.6	ระดับพลังงานจากอิเล็กตรอนที่หลุดออกจากชิ้นงาน	35

รูป	หน้า
3.7	37
3.8	38
3.9	39
3.10	40
3.11	41
4.1	44
4.2	47
4.3	47
4.4	48
4.5	48
4.6	49
4.7	49
4.8	50
4.9	51
4.10	52
4.11	55

รูป	หน้า
4.12 โครงสร้างจุลภาคของโลหะผสมนิกเกิลอะลูมิเนียมบรอนซ์หลังการกดขึ้นรูปร้อนที่อุณหภูมิ 800°C และเย็นตัวลงด้วยอัตราการเย็นตัว 100°C/s	55
4.13 โครงสร้างจุลภาคของโลหะผสมนิกเกิลอะลูมิเนียมบรอนซ์หลังการกดขึ้นรูปร้อนที่อุณหภูมิ 870°C และเย็นตัวลงด้วยอัตราการเย็นตัว 40°C/s	56
4.14 โครงสร้างจุลภาคของโลหะผสมนิกเกิลอะลูมิเนียมบรอนซ์หลังการกดขึ้นรูปร้อนที่อุณหภูมิ 870°C และเย็นตัวลงด้วยอัตราการเย็นตัว 100°C/s	56
4.15 โครงสร้างจุลภาคของโลหะผสมนิกเกิลอะลูมิเนียมบรอนซ์หลังการกดขึ้นรูปร้อนที่อุณหภูมิ 900°C และเย็นตัวลงด้วยอัตราการเย็นตัว 40°C/s	57
4.16 โครงสร้างจุลภาคของโลหะผสมนิกเกิลอะลูมิเนียมบรอนซ์หลังการกดขึ้นรูปร้อนที่อุณหภูมิ 900°C และเย็นตัวลงด้วยอัตราการเย็นตัว 100°C/s	57
4.17 โครงสร้างจุลภาคของโลหะผสมนิกเกิลอะลูมิเนียมบรอนซ์หลังการกดขึ้นรูปร้อนที่อุณหภูมิ 950°C และเย็นตัวลงด้วยอัตราการเย็นตัว 40°C/s	58
4.18 โครงสร้างจุลภาคของโลหะผสมนิกเกิลอะลูมิเนียมบรอนซ์หลังการกดขึ้นรูปร้อนที่อุณหภูมิ 950°C และเย็นตัวลงด้วยอัตราการเย็นตัว 100°C/s	58
4.19 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ปริมาณเฟส β' และอุณหภูมิการกดขึ้นรูปร้อนของโลหะผสมนิกเกิลอะลูมิเนียมบรอนซ์	59
4.20 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแข็งและอุณหภูมิการกดขึ้นรูปร้อนของโลหะผสมนิกเกิลอะลูมิเนียมบรอนซ์	60
4.21 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความเค้นที่ใช้ในการขึ้นรูป และปริมาณเฟส β' ของการกดขึ้นรูปร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ และเย็นตัวลงด้วยอัตราการเย็นตัว 40°C/s	62
4.22 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ความเค้นที่ใช้ในการขึ้นรูป และปริมาณเฟส β' ของการกดขึ้นรูปร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ และเย็นตัวลงด้วยอัตราการเย็นตัว 100°C/s	63
ก.1 กราฟอัตราการเย็นตัวของการอบทางความร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ และเย็นตัวลงอย่างรวดเร็วของโลหะผสมนิกเกิลอะลูมิเนียมบรอนซ์ด้วยเครื่องไคลาโตมิเตอร์	72
ก.2 กราฟอัตราการเย็นตัวของการกดขึ้นรูปร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ และอัตราการเย็นตัว 40°C/s ของโลหะผสมนิกเกิลอะลูมิเนียมบรอนซ์ด้วยเครื่องไคลาโตมิเตอร์	73
ก.3 กราฟอัตราการเย็นตัวของการกดขึ้นรูปร้อนที่อุณหภูมิต่างๆ และอัตราการเย็นตัว 100°C/s ของโลหะผสมนิกเกิลอะลูมิเนียมบรอนซ์ด้วยเครื่องไคลาโตมิเตอร์	74
ข.1 โครงสร้างจุลภาคหลังอบทางความร้อนที่อุณหภูมิ 750°C และเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว	76
ข.2 โครงสร้างจุลภาคหลังอบทางความร้อนที่อุณหภูมิ 800°C และเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว	76

รูป	หน้า	
ข.3	โครงสร้างจุลภาคหลังอบทางความร้อนที่อุณหภูมิ 870°C และเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว	77
ข.4	โครงสร้างจุลภาคหลังอบทางความร้อนที่อุณหภูมิ 900°C และเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว	77
ข.5	โครงสร้างจุลภาคหลังอบทางความร้อนที่อุณหภูมิ 950°C และเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว	78
ข.6	โครงสร้างจุลภาคหลังอบทางความร้อนที่อุณหภูมิ 1,000°C และเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว	78
ข.7	โครงสร้างจุลภาคหลังกดขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 800°C และอัตราการเย็นตัว 40°C/s	79
ข.8	โครงสร้างจุลภาคหลังกดขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 800°C และอัตราการเย็นตัว 100°C/s	79
ข.9	โครงสร้างจุลภาคหลังกดขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 870°C และอัตราการเย็นตัว 40°C/s	80
ข.10	โครงสร้างจุลภาคหลังกดขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 870°C และอัตราการเย็นตัว 100°C/s	80
ข.11	โครงสร้างจุลภาคหลังกดขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 900°C และอัตราการเย็นตัว 40°C/s	81
ข.12	โครงสร้างจุลภาคหลังกดขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 900°C และอัตราการเย็นตัว 100°C/s	81
ข.13	โครงสร้างจุลภาคหลังกดขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 950°C และอัตราการเย็นตัว 40°C/s	82
ข.14	โครงสร้างจุลภาคหลังกดขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 950°C และอัตราการเย็นตัว 100°C/s	82
จ.1	กราฟความเค้นจริงและความเครียดจริงของโลหะผสมนิกเกิลอะลูมิเนียมบรอนซ์จากการกดขึ้นรูปร้อนที่อุณหภูมิและอัตราการเย็นตัว 40 และ 100°C/s	90