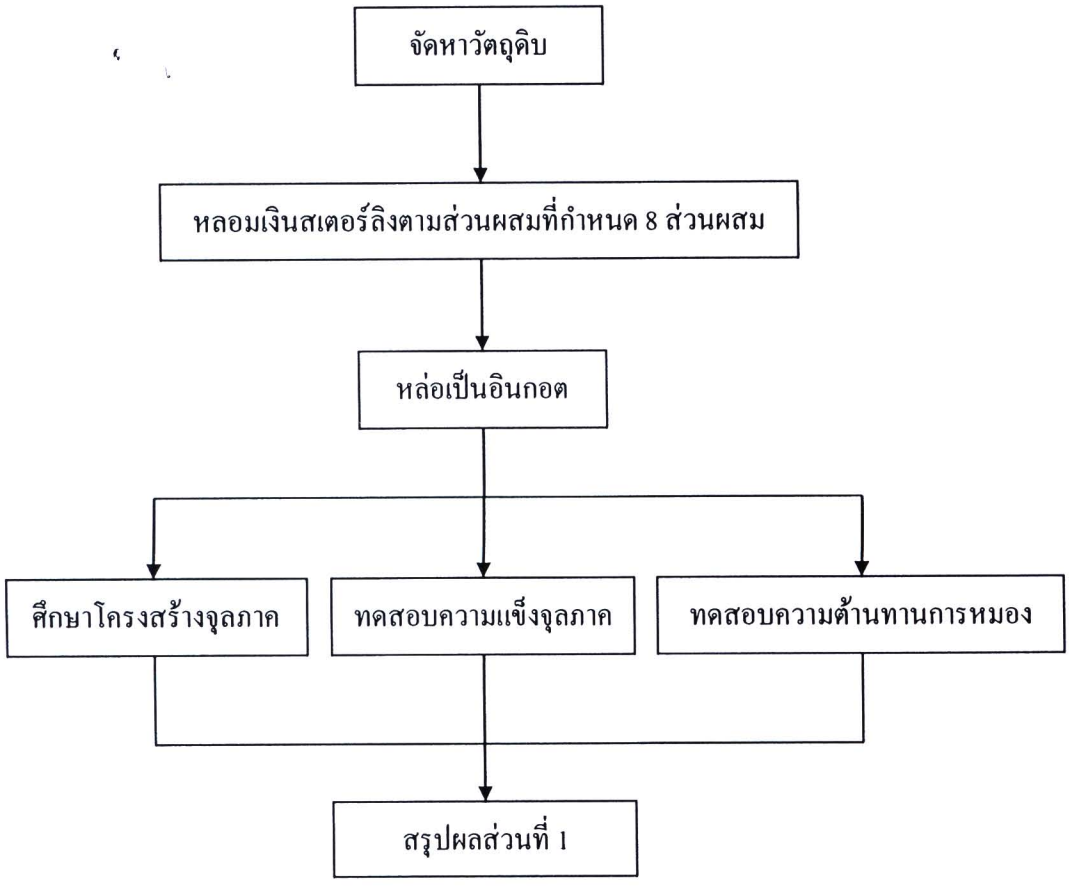
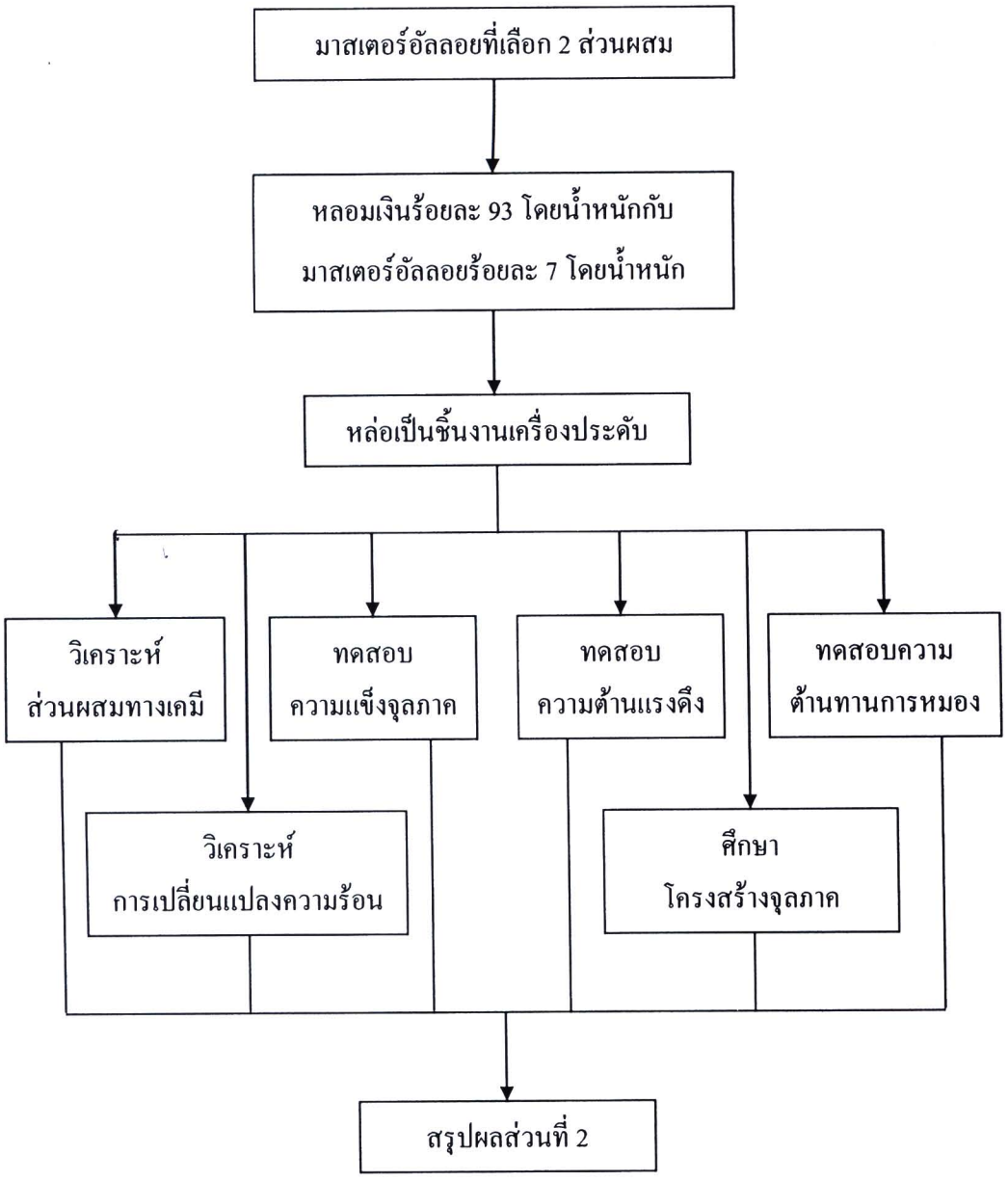
บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย

การดำเนินงานวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 ทำการทดลองที่ห้องปฏิบัติการ ผังการไหลของงานแสดงในรูปที่ 3.1 เริ่มจากจัดหาวัตถุดิบ จากนั้นหลอมเงินสเตอร์ลิง หล่อเป็นอินกอต หาส่วนผสมที่ให้ความแข็งและความต้านทานการหมองที่ดี เลือกมาสเตอร์อัลลอยที่ให้ผลดี 2 ส่วนผสม เพื่อนำไปศึกษาในส่วนที่ 2 ซึ่งเป็นการทดลองที่โรงงาน โดยหล่อเป็นชิ้นงานเครื่องประดับผังการไหลของงานส่วนที่ 2 แสดงดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.1 ผังการไหลของงานส่วนที่ 1 ทดลองที่ห้องปฏิบัติการ



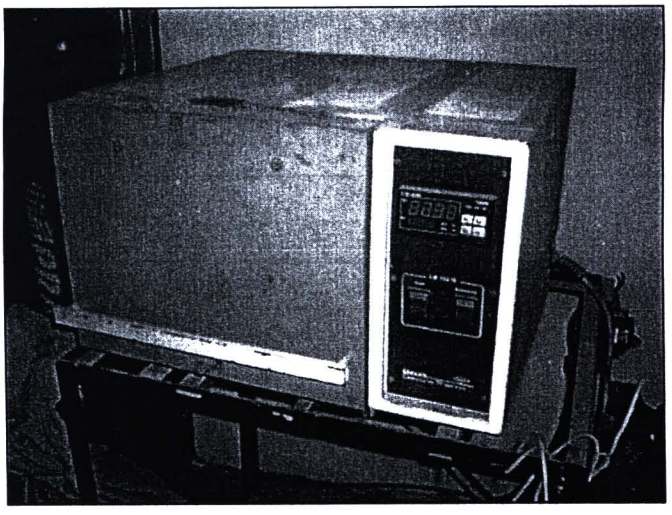
รูปที่ 3.2 ผังการไหลของงานส่วนที่ 2 ทดลองที่โรงงาน

3.1 การหลอมและหล่อโลหะเงินสเตอร์ลิง

กระบวนการหลอมและหล่อโลหะเงินสเตอร์ลิง แบ่งเป็น 2 แบบ แบ่งตามสถานที่ในการหลอม คือ การหลอมในห้องปฏิบัติการ และการหลอมที่โรงงาน

การหลอมและหล่อเงินสเตอร์ลิงในห้องปฏิบัติการ เป็นการหลอมและหล่อในบรรยากาศปกติ มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) อุ่นแม่พิมพ์โลหะใช้อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ด้วยเตาอบรุ่น Linn – Elektrotherm ซึ่งสามารถให้ความร้อนได้สูงสุดถึง 1,200 องศาเซลเซียส แสดงดังรูปที่ 3.3
2) อุ่นเบ้าหลอมที่ทำจากกราไฟต์ให้มีอุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส จากนั้นเริ่มใส่เม็ดเงินบริสุทธิ์ รอจนเงินละลายหมด แล้วใส่เม็ดทองแดงบริสุทธิ์ลงไป รอจนทองแดงละลาย แล้วใส่ดีบุก อินเดียม และอัลลอยตามลำดับที่กำหนดไว้ กวนน้ำโลหะด้วยแท่งกราไฟต์ให้เป็นเนื้อเดียวกัน ขณะกวนน้ำโลหะให้กวนไปในทิศทางเดียวกัน
3) เมื่ออุณหภูมิเตาหลอมถึง 1,000 องศาเซลเซียส และน้ำโลหะเป็นเนื้อเดียวกันแล้ว ซึ่งใช้เวลาทั้งหมดประมาณ 15 นาที จากนั้นนำแม่พิมพ์ออกจากเตาอบ เทน้ำโลหะลงในแม่พิมพ์ ปล่อยให้โลหะเย็นตัวในแบบหล่อเป็นเวลาประมาณ 5 นาที แล้วนำชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ปล่อยให้ชิ้นงานเย็นตัวในอากาศ

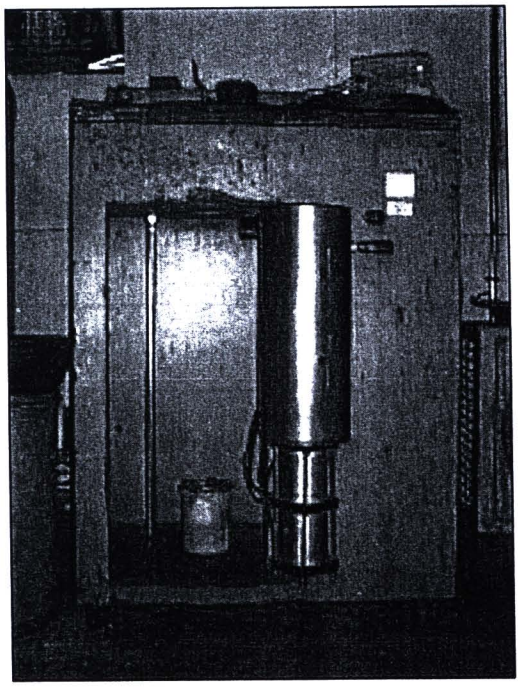


รูปที่ 3.3 เตาสำหรับอุ่นแม่พิมพ์

การหลอมและหล่อเงินสเตอร์ลิงที่โรงงาน เป็นการหลอมและหล่อในระบบสุญญากาศ กระบวนการหลอมและหล่อ ได้แก่ ขั้นตอนการเตรียมมาสเตอร์อัลลอยทองแดงตามส่วนผสมที่กำหนด หลังจากนั้นเป็นขั้นตอนการเตรียมแม่พิมพ์ปูนเพื่อใช้ในการหล่อ และขั้นตอนการหลอมและหล่อในระบบสุญญากาศ

การเตรียมมาสเตอร์อัลลอยทองแดง มีขั้นตอนดังนี้

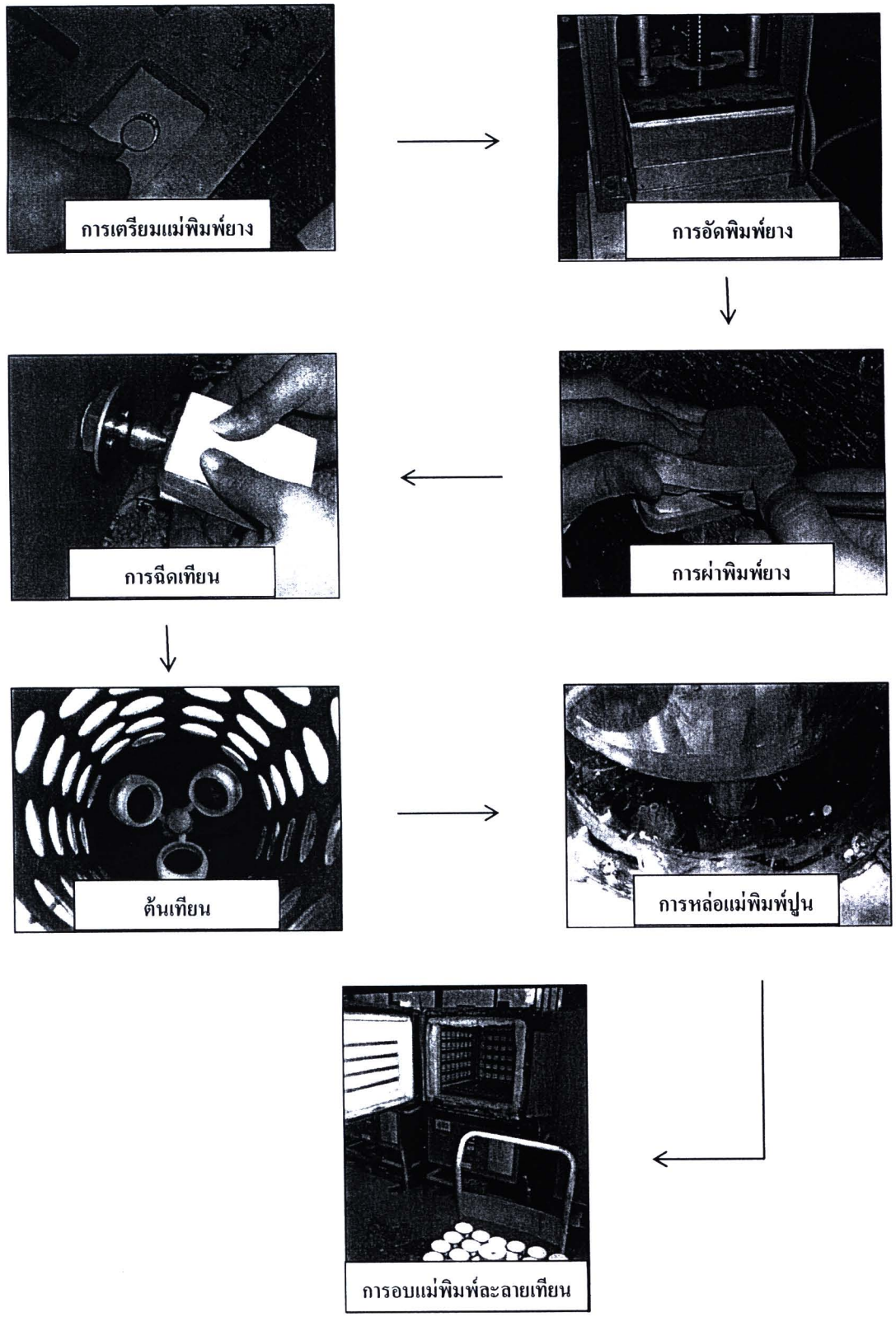
1) อุ่นเบ้าหลอมที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส โดยใช้เตาหลอมเหนี่ยวนำไฟฟ้า ผลิตโดยบริษัท OLD MOON รุ่น GPM100 ดังแสดงในรูปที่ 3.4 จากนั้นใส่เม็ดโลหะทองแดง ดีบุก อินเดียม และอัลลอยชนิดต่างๆ ใช้แท่งกราไฟต์กวนน้ำโลหะไปในทางเดียวกัน เพื่อให้โลหะละลายเข้ากันได้ดีขึ้น ใช้เวลาในการหลอมประมาณ 10 นาที
2) เมื่ออุณหภูมิเตาหลอมถึง 1,130 องศาเซลเซียส น้ำโลหะหลอมเหลวแล้ว จากนั้นเทลงในแม่พิมพ์โลหะแบบราง
3) นำมาสเตอร์อัลลอยทองแดงไปชั่งน้ำหนัก แล้วตัดเป็นชิ้นตามน้ำหนักที่กำหนดไว้ เพื่อนำไปหลอมรวมกับโลหะเงิน เป็นเงินสเตอร์ลิงต่อไป



รูปที่ 3.4 เตาหลอมขดลวดเหนี่ยวนำไฟฟ้า

การเตรียมแม่พิมพ์ปูน แสดงดังรูปที่ 3.5 มีขั้นตอนดังนี้

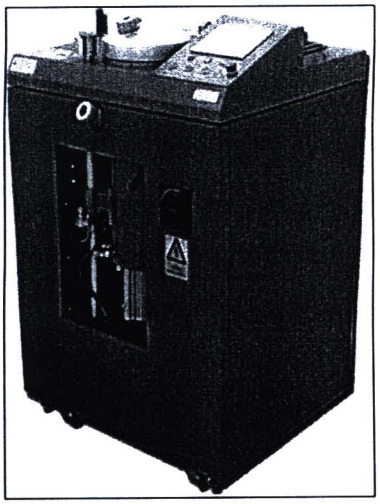
1) เตรียมชิ้นงานต้นแบบ โดยมีการขึ้นรูปด้วยแวกซ์ (Wax) หรือด้วยโลหะ เพื่อนำไปทำแม่พิมพ์ยาง
2) เตรียมแม่พิมพ์ยาง เริ่มจากนำต้นแบบมาอัดเข้ากับยางที่เตรียมไว้ ด้วยเครื่องอัดพิมพ์ยาง ซึ่งแผ่นยางจะหลอมละลายติดกันด้วยแรงดันและอุณหภูมิของเครื่องอัด จากนั้นนำมาแช่น้ำให้เย็น แล้วนำมาผ่าเป็นสองซีกเพื่อเอาต้นแบบออก สุดท้ายจะได้โพรงแบบแม่พิมพ์ยางที่มีรูปร่าง ลักษณะ และขนาดตามแม่พิมพ์
3) นำแม่พิมพ์ยางมาฉีดเทียนด้วยเครื่องฉีดเทียน โดยหลอมละลายเทียนที่อุณหภูมิประมาณ 60-80 องศาเซลเซียส จากนั้นฉีดเทียนให้เข้าไปในแม่พิมพ์ยางจนเต็ม แล้วปล่อยให้เทียนแข็งตัว จึงแกะเอาแบบเทียนออก
4) ทำการหล่อต้นเทียนเป็นแท่งลำต้น เพื่อใช้ยึดกับทางเข้าน้ำโลหะกับแบบเทียน จากนั้นนำแบบเทียนที่ได้ไปติดที่รอบต้นเทียน
5) นำต้นเทียนที่ประกอบเสร็จไปชั่งน้ำหนัก เพื่อนำไปคำนวณหาปริมาณของน้ำโลหะที่จะไปแทนที่เทียนที่หายไป (Lose Wax) จากนั้นนำไปใส่ในเครื่องหล่อปูน โดยด้านบนใช้ผสมปูนกับน้ำ และส่วนล่างใช้ตั้งแบบหล่อปูน ในการหล่อแม่พิมพ์ปูนจะทำพร้อมกับดูดอากาศออกด้วยระบบสุญญากาศ ใช้เวลา 15 นาที เนื่องจากเวลาที่นานกว่านี้จะทำให้ปูนแห้ง จากนั้นนำออกมาตั้งให้ปูนแห้งก่อนนำเข้าตู้อบต่อไป
6) นำแม่พิมพ์ปูนใส่ในตู้อบ เพื่อให้เทียนละลายออกไป จะเหลือเป็นแบบหล่อชิ้นงานในแม่พิมพ์ปูน และการอบแม่พิมพ์จะทำให้แม่พิมพ์แข็งแรง โดยใช้อุณหภูมิ 580 องศาเซลเซียส เวลาในการอบ 1 คืน



รูปที่ 3.5 ขั้นตอนการเตรียมแม่พิมพ์ปูน [53]

การหลอมและหล่อเงินสเตอร์ลิงระบบสุญญากาศ

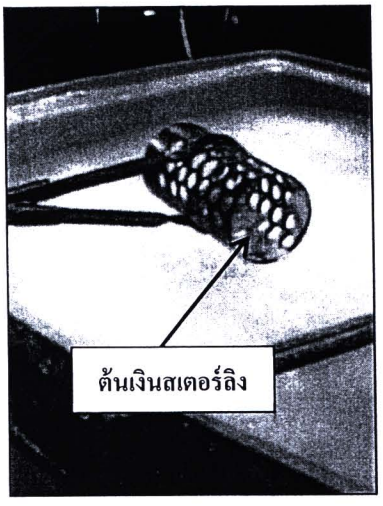
- เริ่มจากนำโลหะเงินบริสุทธิ์ร้อยละ 93.00 โดยน้ำหนัก และมาสเตอร์อัลลอยทองแดงร้อยละ 7.00 โดยน้ำหนัก มาหลอมโดยใช้เครื่องหล่อสุญญากาศแบบมีแรงดัน ผลิตโดยบริษัท OLD - MOON รุ่น OMC 1 แสดงในรูปที่ 3.6 (ก) แหล่งจ่ายไฟ 380 โวลต์ กระแสไฟ 12 กิโลโวลต์ แอมแปร์ กำลังไฟฟ้า 10 กิโลวัตต์ ความถี่ 10 กิโลเฮิรตซ์ อุณหภูมิใช้งานสูงสุด 1,650 องศาเซลเซียส ใช้ก๊าซไนโตรเจนความดัน 6-8 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ปกคลุมเพื่อป้องกันการเกิดออกซิไดซ์ระหว่างการหลอมโลหะ ระบบระบายความร้อนแบบ 2 ใบพัด พร้อมปั๊มน้ำ สามารถใส่เบ้าหลอมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 70 x 115 มิลลิเมตร จุเงินได้ 1 กิโลกรัม
- การหลอมทำโดยช่างผู้ชำนาญ ซึ่งกำหนดอุณหภูมิที่ใช้ในการหล่อ คือ 1,130 องศาเซลเซียส เนื่องจากรูปแบบของชิ้นงานมีหลายแบบในต้นเดียว ทำให้ต้องใช้อุณหภูมิในการหล่อที่สูงขึ้น เพื่อให้น้ำโลหะเต็มแบบหล่อ การหลอมเริ่มจากนำโลหะเงินบริสุทธิ์ และมาสเตอร์อัลลอยทองแดงตามส่วนผสมที่กำหนดใส่เบ้าที่อยู่ในเตา ดังรูปที่ 3.6 (ข) เมื่ออุณหภูมิเตาถึง 1,130 องศาเซลเซียส และส่วนผสมละลายเข้ากันดีแล้ว ใช้เวลาในช่วงการหลอมนี้ 4 นาที ระหว่างที่โลหะเงินหลอมมีการกวนน้ำโลหะด้วยระบบการสั่นอัตโนมัติของเครื่อง เพื่อให้น้ำโลหะหลอมเข้ากันได้ดีขึ้น โดยแต่ละส่วนผสมจะทำการกวนน้ำโลหะในจำนวนครั้งที่เท่ากัน
- นำแม่พิมพ์ปูนที่อยู่ในตู้อบมาใส่ในเครื่องหล่อสุญญากาศ จากนั้นระบบจะดูดน้ำโลหะลงในแม่พิมพ์ปูนที่อยู่ด้านล่าง ระยะนี้ใช้เวลาประมาณ 150 วินาที จากนั้นนำแม่พิมพ์ปูนออกจากเครื่องหล่อ จากรูปที่ 3.6 (ค) แสดงการนำแม่พิมพ์ปูนออกจากเครื่องหล่อ
- นำแม่พิมพ์ปูนไปล้าง โดยนำไปแช่ในถังน้ำจนเหลือแต่ต้นเงิน อยู่ภายในโครงเหล็กของแม่พิมพ์ปูน ดังแสดงในรูปที่ 3.6 (ง)
- นำต้นเงินสเตอร์ลิงเป่าลมร้อนให้แห้ง ดังรูปที่ 3.6 (จ) แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก เพื่อบันทึกน้ำหนักที่ได้หลังจากการหล่อ
- ตัดชิ้นงานออกจากต้นเงิน เพื่อนำไปวิเคราะห์ส่วนผสมทางเคมี ศึกษาโครงสร้างจุลภาค ทดสอบสมบัติเชิงกล ทดสอบความต้านทานการหมองและวิเคราะห์จุดหลอมเหลวต่อไป จากรูปที่ 3.6 (ฉ)



(ก)

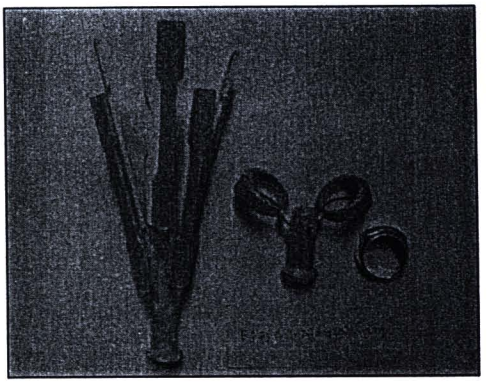
(ข)

(ค)



(ง)

(จ)

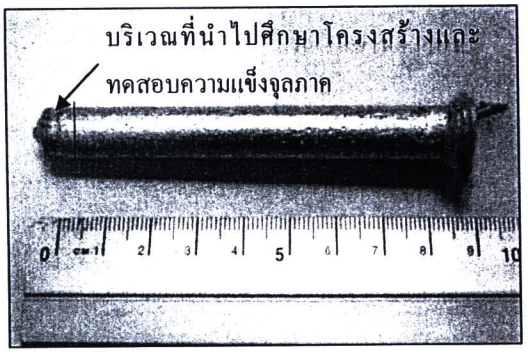


(ฉ)

รูปที่ 3.6 ขั้นตอนการหล่อเงินสเตอร์ลิงด้วยระบบสุญญากาศ

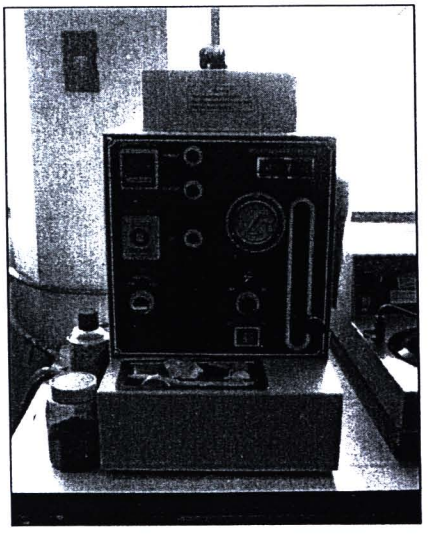
3.2 การเตรียมชิ้นงานสำหรับศึกษาโครงสร้างจุลภาค

(ก) การตัดชิ้นงาน (Cutting) เนื่องจากชิ้นงานที่ได้จากการหล่อมีลักษณะเป็นแท่งยาว แสดงดังรูปที่ 3.7 จึงต้องมีการตัดให้ขนาดเหมาะสม ปกติชิ้นงานควรมีความสูงไม่เกิน 5 มิลลิเมตร สำหรับการศึกษาโครงสร้างและทดสอบความแข็งจุลภาคใช้ชิ้นงานเดียวกัน



รูปที่ 3.7 บริเวณของชิ้นงานหล่อที่ถูกตัด

(ข) การทำที่จับยึดชิ้นงานแบบร้อน (Hot Mounting) เนื่องจากชิ้นงานมีขนาดเล็ก จึงต้องทำที่จับยึดเพื่อให้สะดวกในการจับสำหรับขัดผิว โดยใช้วิธีอัดเรซินขึ้นรูปแบบร้อน ใช้เครื่องที่ผลิตโดยบริษัท Seimitsu รุ่น QM-32 แสดงในรูปที่ 3.8 สภาวะการอัดเรซิ่นใช้อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 นาที ใช้ความดัน 50-70 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร



รูปที่ 3.8 เครื่องอัดเรซิ่นขึ้นรูปแบบร้อน

(ค) การขัดหยาบ (Grinding) ด้วยกระดาษทราย เป็นการขัดผิวเพื่อกำจัดเนื้องานโลหะที่เกิดการเสียรูปเนื่องจากการตัด ขั้นตอนนี้เริ่มจากการขัดด้วยกระดาษทรายเรียงจากขนาดทรายหยาบไปละเอียดโดยใช้กระดาษทรายเบอร์ 240, 400, 600, 800, 1000 และ 1200 ตามลำดับ ใช้เครื่องขัดที่ผลิตโดยบริษัท STRUERS รุ่น LaboPol-1 แสดงในรูปที่ 3.9 ความเร็ว 250 รอบต่อนาที ในขณะขัดชิ้นงานต้องเปิดน้ำให้ไหลผ่านชิ้นงาน เพื่อเป็นการระบายความร้อนที่เกิดจากการเสียดสีและไล่เศษเนื้องานให้ออกไป โดยในการขัดกระดาษทรายต้องออกแรงกดให้เหมาะสม และขัดให้ไปในทิศทางเดียวกัน เมื่อชิ้นงานเรียบและไม่มีรอยขูดลึกจึงเปลี่ยนเบอร์กระดาษทราย และหมุนชิ้นงาน 90 องศา เพื่อเปลี่ยนทิศทางในการขัด เมื่อขัดกระดาษทรายจนถึงเบอร์ 1200 จะได้ผิวหน้าชิ้นงานที่เรียบ โดยระหว่างขัดควรขัดให้ได้ระนาบ

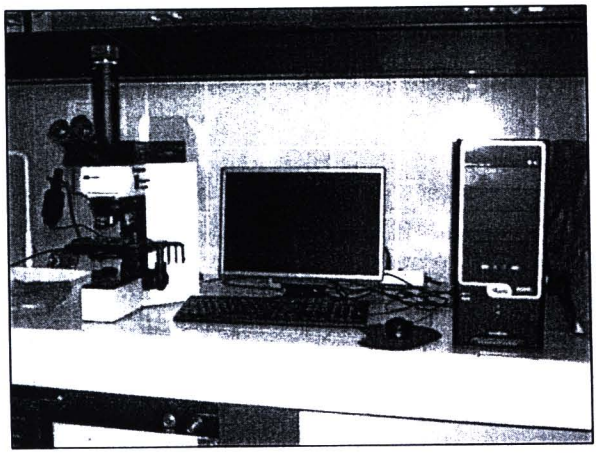
(ง) การขัดเงา (Polishing) เป็นการขัดเพื่อลบรอยของกระดาษทรายออก ขั้นตอนนี้ใช้ผงอะลูมินาขนาด 1 และ 0.05 ไมครอน ตามลำดับ ล้างผิวหน้าชิ้นงานด้วยน้ำให้สะอาดและเป่าด้วยลมร้อนให้แห้ง

(จ) การกัดกรด (Etching) เป็นการนำชิ้นงานไปกัดผิวหน้าด้วยสารละลายกรด ซึ่งประกอบด้วย CrO_3 2 กรัม H_2SO_4 2 มิลลิลิตร และ H_2O 500 มิลลิลิตร เป็นระยะเวลาประมาณ 2 นาที แล้วล้างด้วยน้ำเปล่าและเป่าให้แห้ง

รูปที่ 3.9 เครื่องขัดหยาบและขัดละเอียด

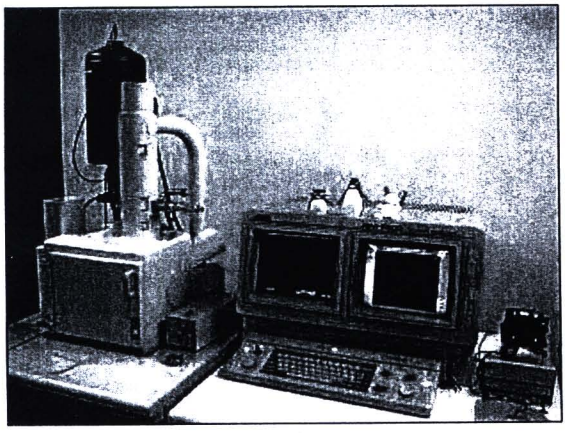
3.3 การศึกษาโครงสร้างจุลภาค

การศึกษาโครงสร้างจุลภาค ทำได้โดยนำชิ้นงานที่ผ่านการเตรียมผิวหน้ามาถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์แสง แสดงดังรูปที่ 3.10 รุ่น Olympus BH กำลังไฟฟ้า 100 วัตต์ ความต่างศักย์ 12 โวลต์ ระยะโฟกัสสูงสุด 25 มิลลิเมตร เลนส์ใกล้ตากำลังขยาย 10 เท่า เลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยาย 5, 10, 20, 50 และ 100 เท่า ขนาดชิ้นงานหนาสูงสุด 65 มิลลิเมตร เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ใช้โปรแกรม Motic Images Plus - 2.0 ML สำหรับถ่ายภาพ

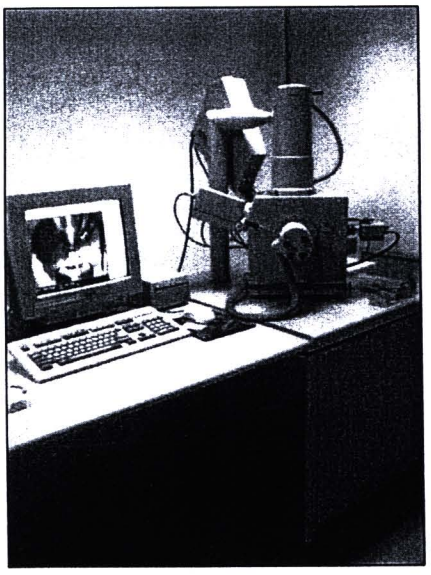


รูปที่ 3.10 กล้องจุลทรรศน์แบบแสง

ในการศึกษาโครงสร้างจุลภาคที่มีกำลังขยายสูงกว่า 100 เท่า ใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด 2 รุ่น ได้แก่ รุ่น JSM 5800 และ XL30CP ดังแสดงในรูปที่ 3.11 (ก)-(ข) ตามลำดับ กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดรุ่น JSM 5800 ผลิตโดยบริษัท JEOL ของสายวิชาเทคโนโลยีวัสดุ คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ใช้ไส้หลอดทังสเตน กำลังแยกภาพสูงสุด 5 นาโนเมตร ที่ 30 กิโลวัตต์ มี Energy Dispersive Spectrometer (EDS) วิเคราะห์ส่วนผสมได้ตั้งแต่ธาตุโซเดียมเป็นต้นไป บันทึกภาพด้วยแผ่นดิสก์ขนาด 3.5 นิ้ว (Floppy - Disk 3.5") และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด รุ่น XL30CP ผลิตโดยบริษัท Philips ของสถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ใช้ไส้หลอดทังสเตน กำลังแยกภาพสูงสุด 3.5 นาโนเมตร ที่ 30 กิโลโวลต์ พร้อมกับตรวจสอบส่วนผสมทางเคมีของเฟสต่างๆ ด้วยเทคนิค Energy Dispersive X-ray Spectrometer (EDS X-ray) สามารถวิเคราะห์ได้ตั้งแต่ธาตุคาร์บอนเป็นต้นไป บันทึกภาพในแผ่นซีดี และแฟลชไดร์ฟ (Flash Diver)



(ก)

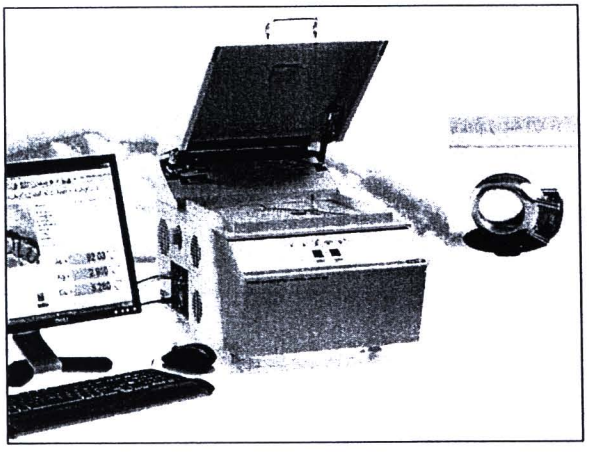


(ข)

รูปที่ 3.11 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด
(ก) JEOL JSM 5800 (ข) Philips XL30CP

3.4 การวิเคราะห์ส่วนผสมทางเคมี

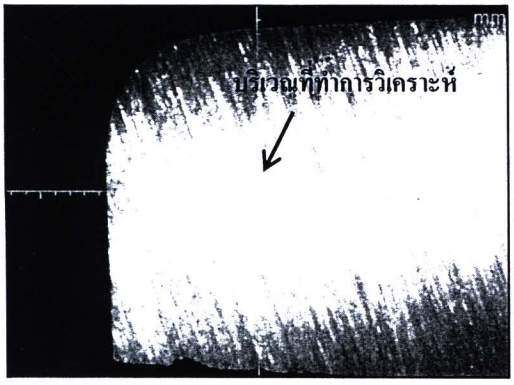
การวิเคราะห์ส่วนผสมทางเคมีด้วยเทคนิค X-ray Fluorescence (XRF) ดำเนินการวิเคราะห์ที่บริษัท ดีทแฮล์ม จำกัด ผลิตโดยบริษัท Fischer รุ่น XAN 120 ดังรูปที่ 3.12



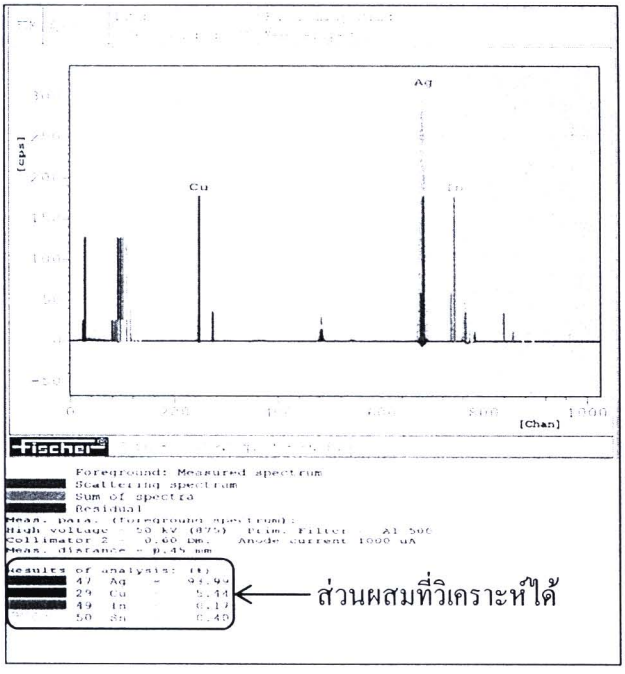
รูปที่ 3.12 เครื่องตรวจสอบส่วนผสมแบบ XRF

การเตรียมชิ้นงานสำหรับวิเคราะห์ เนื่องจากใช้ชิ้นงานเดียวกับการศึกษาโครงสร้างและทดสอบความแข็งจุลภาค จึงไม่ต้องเตรียมชิ้นงานใหม่ เพียงทำความสะอาดผิวหน้าให้สะอาด เพื่อวิเคราะห์ต่อไป สำหรับขั้นตอนการวิเคราะห์ ทำได้ดังนี้

1) นำชิ้นงานบริเวณที่ต้องการวิเคราะห์ตั้งให้แนบสนิทกับช่องที่เปิดรับรังสี ดังรูปที่ 3.13
2) เปิดโปรแกรม Fischer WinFTM ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้สำหรับวิเคราะห์ส่วนผสม จากรูปที่ 3.14 แสดงผลการวิเคราะห์ส่วนผสมที่ได้จากโปรมแกรม Fischer WinFTM ประกอบด้วย สเปกตรัมของธาตุ และปริมาณธาตุที่วิเคราะห์ได้ (หน่วยเป็นร้อยละ)

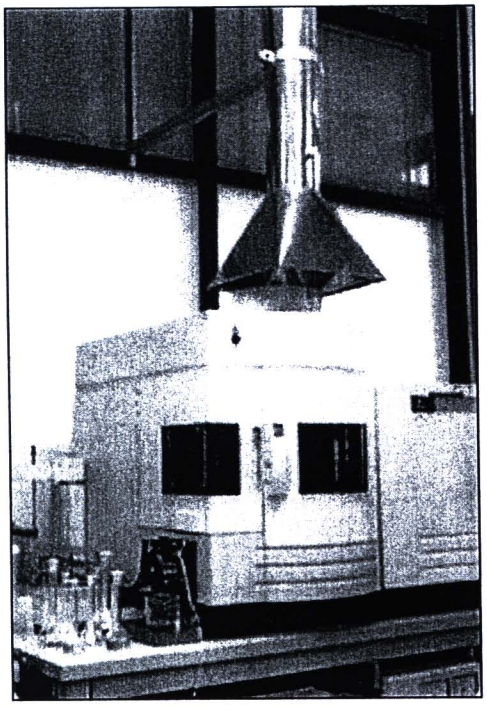


รูปที่ 3.13 บริเวณผิวชิ้นงานที่ต้องการวิเคราะห์



รูปที่ 3.14 สเปกตรัมของธาตุ และปริมาณที่วิเคราะห์ได้

การวิเคราะห์ส่วนผสมทางเคมีด้วยวิธี ICP-OES ที่สถาบันวิจัยอัญมณีและเครื่องประดับแห่งชาติ (GIT) เครื่องตรวจสอบส่วนผสมผลิตโดย บริษัท PerkinElmer รุ่น 4300 DV ดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 เครื่องตรวจสอบส่วนผสมแบบ ICP-OES

การเตรียมตัวอย่างสำหรับใช้วิเคราะห์ ทำได้โดย

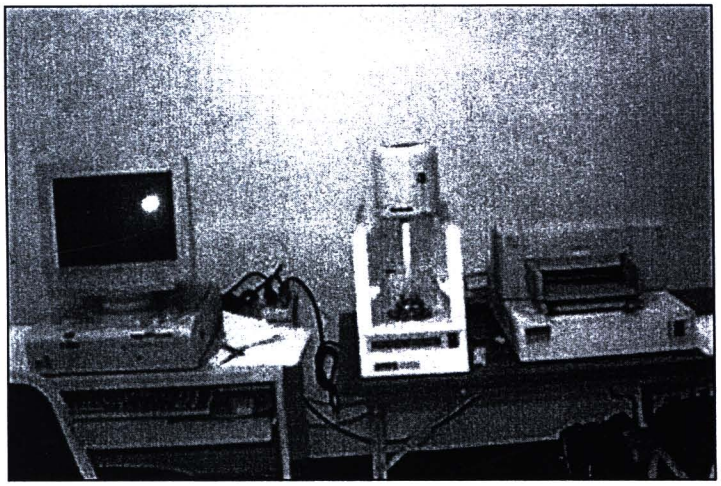
1) ชั่งน้ำหนักผงตัวอย่างประมาณ 0.5 กรัม ละลายด้วยกรดไนตริกเข้มข้น
2) ทิ้งไว้จนละลายหมด นำไปผสมน้ำให้ได้ปริมาตรรวม 50 มิลลิลิตร

ขั้นตอนการวิเคราะห์ ทำได้โดย

1) ฉีดสารละลายเข้าไปในเครื่อง สารละลายจะถูกฉีดเป็นละอองแล้วถูกทำให้แห้งเป็นไอและกลายเป็นอะตอม เมื่ออะตอมถูกกระตุ้นจะเปล่งแสงเฉพาะออกมา
2) แสงเฉพาะจะผ่านเข้าไปสู่เครื่อง แล้วตกลงบนตัวตรวจจับเพื่อวัดค่าสัญญาณ แล้วจึงแปลงเป็นความเข้มข้น

3.5 การวิเคราะห์สมบัติทางความร้อน

ชิ้นงานนำส่งวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนด้วยวิธี Differential Thermal Analysis (DTA) โดยใช้เครื่องของภาควิชาวิศวกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ผลิตโดยบริษัท Perkin Elmer รุ่น DTA 7 ดังรูปที่ 3.16 มีขั้นตอนการตรวจสอบหาสมบัติทางความร้อนดังนี้



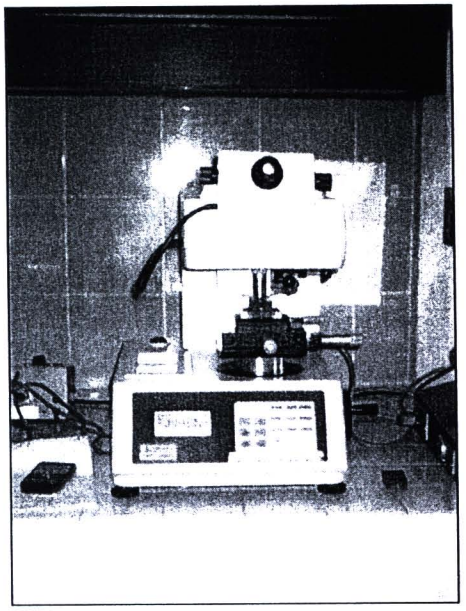
รูปที่ 3.16 เครื่องตรวจสอบอุณหภูมิหลอมเหลว DTA

ขั้นตอนการวิเคราะห์สมบัติทางความร้อนของชิ้นงานเงินสเตอร์ลิง ด้วยเครื่อง DTA

1) ตะไบชิ้นงานให้เป็นผง น้ำหนักประมาณ 20 มิลลิกรัม จากนั้นชั่งตัวอย่างรวมกับถ้วยใส่ตัวอย่างซึ่งทำจากอะลูมินา และเติมผงอะลูมินาให้มีน้ำหนักเท่ากับชิ้นงานตัวอย่างที่อยู่ในถ้วยใส่ชิ้นงานอ้างอิง เมื่อได้น้ำหนักตามต้องการนำเข้าเครื่องทดสอบ
2) ตั้งโปรแกรมการทำงานของเครื่อง โดยกำหนดอัตราการให้ความร้อนเป็น 10 องศาเซลเซียสต่อนาที ตั้งอุณหภูมิเริ่มต้นการทำงานเป็น 400 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิสูงสุดที่ต้องการคือ 1,200 องศาเซลเซียส
3) ให้ความร้อนกับชิ้นงานตัวอย่างและสารอ้างอิง จะมีการเปลี่ยนแปลงความร้อนในลักษณะของการดูดหรือการคายความร้อน เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของระดับพลังงานภายใน การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจะถูกตรวจวัดค่าความแตกต่างของอุณหภูมิตัวอย่าง และสารอ้างอิง จะแสดงผลในรูปของกราฟระหว่างความร้อนที่เปลี่ยนไปกับอุณหภูมิ

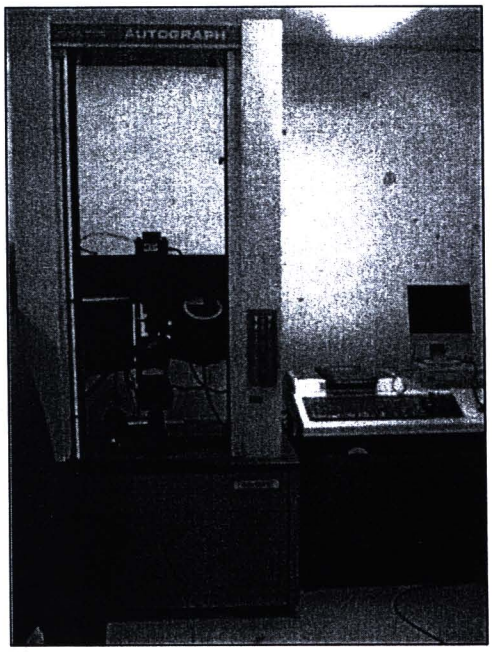
3.6 การทดสอบสมบัติทางกล

การทดสอบความแข็ง ใช้ชิ้นงานเดียวกับชิ้นงานที่ใช้ตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค ทดสอบโดยเครื่องวัดความแข็งสเกลวิกเกอร์ ผลิตโดยบริษัท Shimadzu รุ่น HMV-2000 ดังรูปที่ 3.17 โดยใช้หัวกดเพชรรูปปิรามิดฐานสี่เหลี่ยมจัตุรัสมุมยอด 136 องศา กำลังขยายเลนส์ใกล้ตา 10 เท่า กำลังขยายเลนส์ใกล้วัตถุ 10 และ 50 เท่า ใช้น้ำหนักกดในการทดสอบ 200 กรัม เป็นเวลา 15 วินาที โดยวัดความแข็งชิ้นงานละ 10 จุด วัดขนาดรอยกดทั้ง 2 แกน (d1 และd2) เมื่อวัดค่าได้แล้วสั่งให้เครื่องคำนวณค่าความแข็งและแสดงผลออกมาที่หน้าจอ

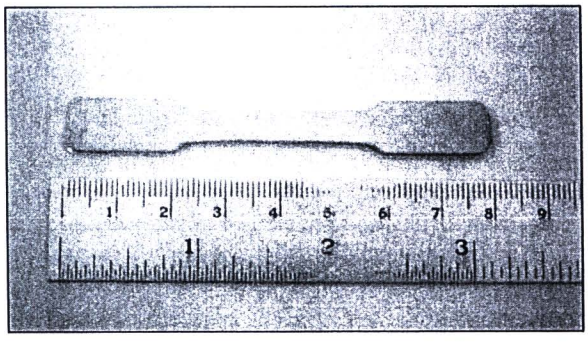


รูปที่ 3.17 เครื่องวัดความแข็ง

การทดสอบความต้านทานแรงดึง ใช้เครื่องทดสอบชนิด Universal Testing Machine ผลิตโดยบริษัท Shimadzu รุ่น AG - 10TB ดังรูปที่ 3.18 ใช้ความเร็วในการทดสอบ 3 มิลลิเมตรต่อวินาที เพื่อศึกษาสมบัติทางกล ขนาดชิ้นงานมีความกว้างช่วงระยะที่ศึกษา (Gage Length) 6 มิลลิเมตร ความหนา 2 มิลลิเมตร และยาว 80 มิลลิเมตร ตามมาตรฐาน ASTM E8M แสดงในรูปที่ 3.19 ทดสอบแรงดึงส่วนผสมละ 2 ชิ้น เนื่องจากชิ้นงานมีจำนวนจำกัด



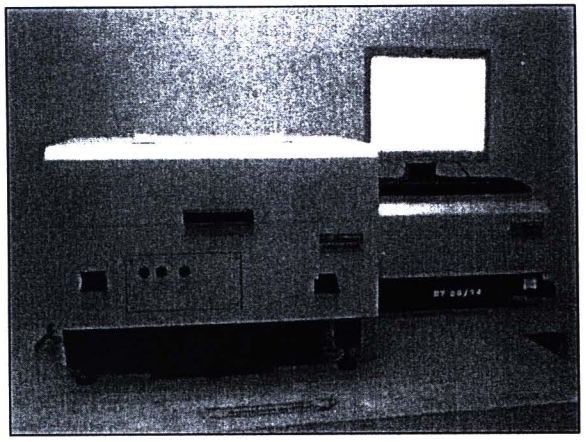
รูปที่ 3.18 เครื่องทดสอบแรงดึง



รูปที่ 3.19 ชิ้นงานทดสอบแรงดึง

3.7 การทดสอบความต้านทานการหมอง

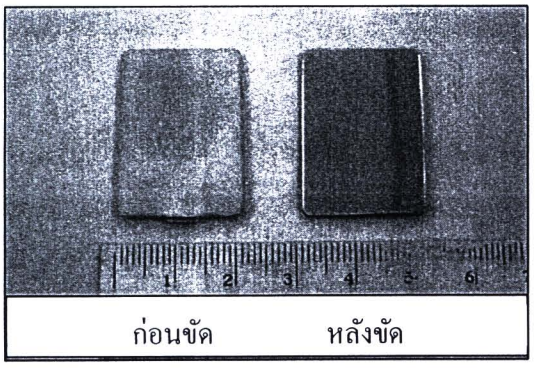
การทดสอบความต้านทานการหมองทำได้โดยการวัดค่าการเปลี่ยนแปลงสีของชิ้นงานก่อนนำไปแช่ไว้ในไอของสารละลายอิ่มตัวโซเดียมซัลไฟด์ (Na_2S) ที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส เครื่องมือที่ใช้วัดการเปลี่ยนแปลงสี ใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ผลิตโดยบริษัท Shimadzu รุ่น UV-3100 ดังรูปที่ 3.20 ใช้แหล่งกำเนิดแสงมาตรฐาน D65 มุมมองในสภาวะการวัดมีค่าคงที่ใช้ 10 องศา ใช้โปรแกรม Color Analysis ในการวัดค่า L*a*b*



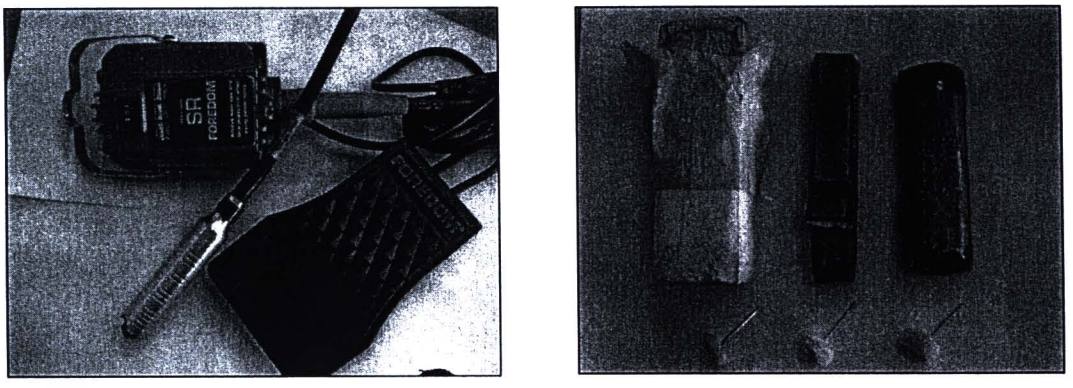
รูปที่ 3.20 เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์

การทดสอบความต้านทานการหมองต้องมีการเตรียมชิ้นงานทดสอบ มีขั้นตอนดังนี้

1) เตรียมชิ้นงานทดสอบจากงานหล่อให้มีขนาดกว้าง 20 มิลลิเมตร และยาว 30 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.21
2) นำไปเตรียมผิวชิ้นงานโดยการขัดด้วยกระดาษทรายเบอร์ 800, 1000, และ1200 ตามลำดับ
3) นำชิ้นงานไปขัดละเอียด เพื่อลบรอยกระดาษทราย และขัดเงาด้วยเครื่องขัด (Foredom) ใช้ล้อผ้าขัด และยาขัดเครื่องประดับ 3 ชนิด คือ ยาขัดสีขาวยี่ห้อ Hyfin ยาขัดสีเขียวยี่ห้อ Dialux Green และยาขัดสีแดงยี่ห้อ Shark ดังแสดงในรูปที่ 3.22 (ก) และ (ข) ตามลำดับ
4) จากนั้นนำไปล้างด้วยน้ำกลั่นในเครื่องอัลตราโซนิค เป็นเวลา 120 วินาที และเป่าให้แห้ง



รูปที่ 3.21 ชิ้นงานทดสอบก่อนและหลังขัดเงาผิว



(ก) (ข)

รูปที่ 3.22 อุปกรณ์สำหรับขัดเงาชิ้นงาน (ก) เครื่องขัด (ข) ยาขัด และล้อขัดเงา

การเตรียมสารละลายอิ่มตัวโซเดียมซัลไฟด์ มีขั้นตอนดังนี้

1) เริ่มจากการละลายเกล็ดของโซเดียมซัลไฟด์ในน้ำ เพื่อให้เกิดเป็นสารละลายอิ่มตัว โดยสังเกตได้จากการมีเกล็ดของโซเดียมซัลไฟด์ที่ไม่สามารถละลายน้ำได้อยู่ที่ก้นภาชนะจำนวนหนึ่ง ในการทดลองนี้ใช้ประมาณ 43 กรัมต่อน้ำ 1 ลิตร
2) ระหว่างที่โซเดียมซัลไฟด์ละลายอุณหภูมิของสารละลายจะสูงขึ้น ดังนั้นเมื่อได้สารละลายอิ่มตัวของโซเดียมซัลไฟด์แล้ว ต้องรอให้อุณหภูมิลดลงเหลือ 32 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิห้อง (นำเทอร์โมมิเตอร์จุ่มในน้ำธรรมดาแล้วตั้งไว้ในห้อง เพื่อตรวจสอบอุณหภูมิห้องขณะทำการทดลอง)
3) ในการทดลองได้แช่ชิ้นงานไว้ในไอเป็นเวลา 15, 30, 45 และ 60 นาที ตามลำดับ

การเปลี่ยนแปลงสีของชิ้นงาน ทำโดยนำชิ้นงานก่อนแช่ในไอสารละลายอิ่มตัวโซเดียมซัลไฟด์ไปวัดค่าสีเริ่มต้นก่อน จากนั้นนำไปแช่ในไอเมื่อเวลาผ่านไป 15 นาที นำชิ้นงานไปวัดค่าสีที่เปลี่ยนไปจากเดิม ทำเช่นนี้จนครบ 60 นาที หลังจากนั้นนำค่าสีที่วัดได้มาคำนวณหาค่าการเปลี่ยนแปลงสี (Color Difference : DE*) ดังสมการนี้

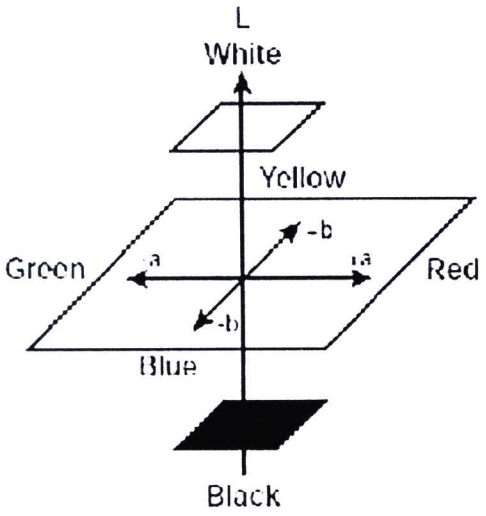
$$DE^* = \sqrt{\left(L_2^* - L_1^*\right)^2 + \left(a_2^* - a_1^*\right)^2 + \left(b_2^* - b_1^*\right)^2}$$

โดยที่ L_1^* และ L_2^* คือ ค่าความสว่างของชิ้นงานก่อนและหลังทดสอบตามลำดับ

a_1^* และ a_2^* คือ ค่าสีแดง-เขียวของชิ้นงานก่อนและหลังทดสอบตามลำดับ

b_1^* และ b_2^* คือ ค่าสีน้ำเงิน-เหลืองของชิ้นงานก่อนและหลังทดสอบตามลำดับ

ตามมาตรฐาน CIELAB มีการกำหนดค่าปริภูมิสี ระบบ L*a*b* ดังรูปที่ 3.23



รูปที่ 3.23 ปริภูมิสีในระบบ L*-a*-b* [34]