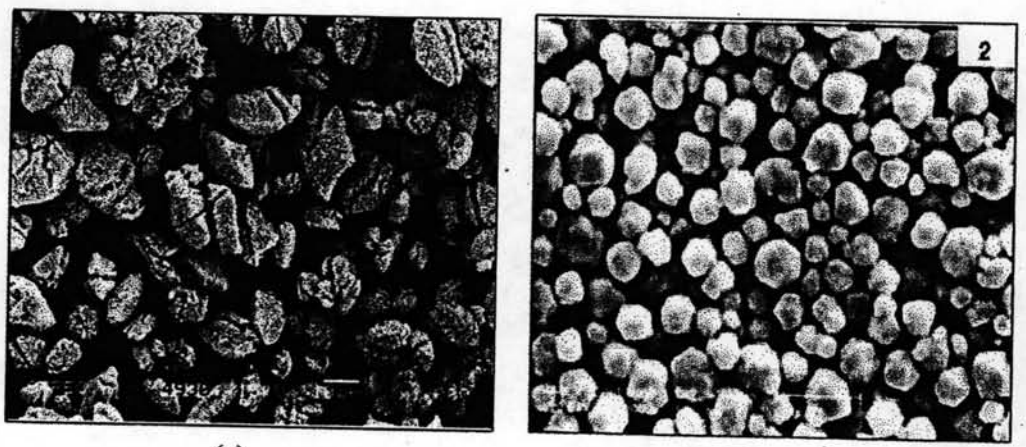
บทที่ 5

อภิปรายการทดลอง

5.1 ผลการผลิตผงโลหะเงิน

จากผลการทดลองการผลิตผงโลหะเงินจากซิลเวอร์ซัลเฟตโดยใช้โซเดียมแอลฮอกไซด์เป็นตัวรีดิวซ์ พบว่า ผงโลหะเงินที่ได้ มีรูปร่างแบบ Granular มีลักษณะกระจายตัว ไม่จับกันเป็นก้อน และมีรูพรุนสูง ดังแสดงในรูปที่ 5.1 (a) และขนาดของผงโลหะเงินที่ได้ พบว่า แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มแรก มีขนาดประมาณ 0.5 um กลุ่มที่สอง มีขนาดประมาณ 38 um และกลุ่มที่ 3 มีขนาดประมาณ 38 um โดยผงโลหะเงินส่วนใหญ่ที่ผลิตได้มีขนาดเฉลี่ยประมาณ 38 um ขนาดที่แตกต่างกันของผงโลหะเงิน มาจาก ช่วงอุณหภูมิการตกผลึกที่แตกต่างกัน ซึ่งจากการทดลอง พบว่า ผงโลหะเงินมีการตกผลึกในช่วงอุณหภูมิ 140 °C – 180 °C การตกผลึกที่อุณหภูมิต่ำให้ผงโลหะเงินที่มีขนาดใหญ่กว่าที่อุณหภูมิสูง เนื่องจากที่อุณหภูมิต่ำ อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะช้ากว่า นิวเคลียสของผงโลหะเงินจะมารวมตัวกัน ทำให้ผงโลหะเงินมีขนาดใหญ่ [14]



(a) (b)

รูปที่ 5.1 ลักษณะผงโลหะเงินที่ผลิตจาก (a) ซิลเวอร์ซัลเฟต (b) ซิลเวอร์ไนเตรท

สำหรับการผลิตผงโลหะเงินจากซิลเวอร์ซัลเฟต ยังเป็นวิธีใหม่ โดยส่วนใหญ่ผงโลหะเงินที่ผลิตด้วยวิธีทางเคมี นิยมผลิตจากซิลเวอร์ไนเตรท ซึ่งผงโลหะเงินที่ได้มีรูปร่างแบบ Polyhedral เนื้อโลหะไม่มีรูพรุน มีการกระจายตัวดี และผงมีขนาดเล็ก ดังแสดงในรูปที่ 5.1(b) [14] เมื่อ

เปรียบเทียบผงโลหะเงินที่ผลิตจากซิลเวอร์ซัลเฟตและซิลเวอร์ไนเตรท ดังรูปที่ 5.1 เห็นได้ว่า ผงโลหะเงินที่ผลิตจากซิลเวอร์ซัลเฟต มีขนาดใหญ่กว่า และมีรูพรุนสูงกว่า ข้อแตกต่างนี้ เนื่องจากผงโละเงินที่ผลิตจากซิลเวอร์ซัลเฟต พึ่งได้นำมาทดลองผลิตผงโลหะเงิน ยังมิได้มีการควบคุมตัวแปรต่างๆที่มีผลต่อลักษณะ และรูปร่างของผงโลหะเงิน เช่น ค่าpH อุณหภูมิ และ ความเข้มข้นของสารละลาย [13,14] ทำให้ผงโลหะเงินที่ได้มีลักษณะแตกต่างจากผงโลหะเงินที่ผลิตจากซิลเวอร์ไนเตรท

ด้วยลักษณะที่แตกต่างกันของผงโลหะเงินที่ผลิตจากซิลเวอร์ซัลเฟตและซิลเวอร์ไนเตรท ทำให้มีการนำไปใช้ประโยชน์ที่แตกต่างกัน สำหรับผงโลหะเงินที่ผลิตจากซิลเวอร์ซัลเฟต มีรูพรุนสูง จึงมีพื้นที่ผิวมาก เหมาะสมในการนำไปใช้เป็นขั้วอีเล็คโทรดในแบตเตอรี่ และเซลล์เชื้อเพลิง ซึ่งนิยมนำโลหะที่มีรูพรุนมาเป็นวัสดุ [12]

5.2 สภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดตัวประสานด้วยตัวทำละลาย

จากการทดลองการกำจัดตัวประสานด้วยตัวทำละลายทั้ง 4 สภาวะ ซึ่งประกอบด้วย สภาวะ ที่ 1 สภาวะที่ 2 สภาวะที่ 3 และสภาวะที่ 4 โดยในชั่วโมงแรกของการกำจัดตัวประสานทุกสภาวะจะแช่ชิ้นงานในเฮปเทน ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง หลังจากนั้น สภาวะที่ 1 สภาวะที่ 2 และ สภาวะที่ 3 จะเพิ่มอุณหภูมิเป็น 40 , 50 และ 60 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แล้วนำไปอบแห้งที่ 100 องศาเซลเซียส เวลา 50 นาที ส่วนสภาวะที่ 4 หลังจากแช่ชิ้นงานที่ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมงแล้ว จะเพิ่มอุณหภูมิเป็น 50 องศาเซลเซียส แช่ชิ้นงานเป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วนำไปอบแห้งที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วนำกลับไปแช่ในเฮปเทนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ทำตามขั้นตอน จนครบ 10 ชั่วโมง แล้วนำไปอบแห้งที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 50 นาที โดยในสภาวะนี้จะเปลี่ยนตัวทำละลายทุก 2 ชั่วโมง จากผลการทดลองพบว่าสภาวะที่ 2 เป็นสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดตัวประสานด้วยตัวทำละลาย

ในชั่วโมงแรกของทุกสภาวะที่ทำการแช่ชิ้นงานที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เพื่อเป็นการละลาย PW CW และ SA ที่อยู่บริเวณผิวหน้าของชิ้นงาน และเป็นการเปิดช่องทางให้ตัวประสานที่อยู่ภายในสามารถแพร่ออกมาสู่ภายนอกได้ เมื่อมีการเพิ่มอุณหภูมิในขั้นตอนต่อไป

สภาวะที่ 1 และ สภาวะที่ 2 เมื่อเพิ่มอุณหภูมิเป็น 40 และ 50 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ตัวประสานมีอัตราการละลายเพิ่มขึ้น ตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาตรของสารละลายเพิ่มขึ้น แต่เนื่องจากอัตราการละลายและการแพร่ใกล้เคียงกัน ทำให้สารละลายภายในแพร่ออกมาสู่ภายนอกได้หมด ไม่ก่อให้เกิดความดันขึ้นภายในชิ้นงาน ชิ้นงานจึงไม่เกิดความเสียหายขึ้น

สภาวะที่ 3 เมื่อเพิ่มอุณหภูมิเป็น 60 องศาเซลเซียส อัตราการละลายของตัวประสานเพิ่มสูงขึ้นและมากกว่า สภาวะที่ 1 และสภาวะที่ 2 เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงกว่า ทำให้ปริมาตรสารละลายมากกว่า ขณะที่การแพร่ของสารละลายออกมาสู่ภายนอกคงที่ ทำให้เกิดความดันขึ้นภายในชิ้นงาน เมื่อปริมาตรของสารละลายเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จึงดันให้ผิวชิ้นงานเกิดรอยแตกขึ้น

สภาวะที่ 4 เมื่อเพิ่มอุณหภูมิเป็น 50 องศาเซลเซียส การละลายของตัวประสานมีเพิ่มขึ้น แต่การละลายกับการแพร่มีอัตราใกล้เคียงกัน จึงไม่เกิดความดันขึ้นในชิ้นงาน และเมื่อนำชิ้นงานไปอบแห้งเป็นการดึงเอาตัวประสานที่อยู่ภายในออกมาสู่ผิว ทำให้ปริมาณของสารละลายภายในไม่มากเกินไปที่จะก่อให้เกิดความดันขึ้นในชิ้นงาน ชิ้นงานจึงไม่เกิดความเสียหายขึ้น

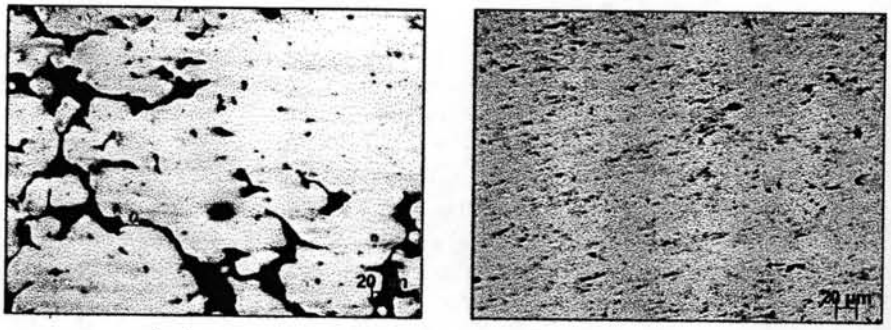
จากผลการทดลองของการกำจัดตัวประสานด้วยตัวทำละลาย ทั้ง 4 สภาวะ พบว่า สภาวะที่ 2 สภาวะที่ 3 และสภาวะที่ 4 มีค่าเปอร์เซ็นต์การกำจัดตัวประสานใกล้เคียงกัน และมีค่าสูงกว่าสภาวะที่ 1 แต่เมื่อพิจารณาความเสียหายที่เกิดขึ้นกับชิ้นงาน พบว่าสภาวะที่ 3 ชิ้นงานมีความเสียหายเกิดขึ้น ส่วนสภาวะที่ 2 และสภาวะที่ 4 ไม่มีความเสียหายเกิดขึ้นกับชิ้นงาน เมื่อพิจารณาถึงขั้นตอนการทดลอง พบว่า สภาวะที่ 2 มีวิธีการทดลองที่สะดวกกว่า ซึ่งให้ผลการทดลองที่เหมือนกับสภาวะที่ 4 ดังนั้น สภาวะที่ 2 จึงเป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุด ในการกำจัดตัวประสานด้วยตัวทำละลาย

สำหรับทุกๆ สภาวะของการกำจัดตัวประสาน พบว่า หลังจากกำจัดตัวประสานครบ 10 ชั่วโมง สามารถกำจัดตัวประสานได้น้อย มีสาเหตุจาก ชิ้นงานขึ้นรูปด้วยการอัดขึ้นรูปทำให้ที่บริเวณผิวหน้าของชิ้นงานมีความหนาแน่นสูงกว่าที่บริเวณภายในชิ้นงาน ทำให้ตัวทำละลายแทรกซึมเข้าไปละลายตัวประสานที่อยู่ภายในได้ยาก และตัวประสานที่ถูกตัวทำละลาย ละลายเป็นสารละลายก็แพร่ออกมาสู่ภายนอกได้ยาก และด้วยรูปร่างของผงโลหะเงินที่มีรูพรุนสูง ตัวประสานที่ถูกละลายเป็นสารละลาย สามารถแพร่ออกมาภายนอกได้ยากขึ้น และตัวประสานที่ใช้ มี PP เป็นส่วนประกอบหลัก PP เป็นตัวประสานที่ทำหน้าที่เพิ่มความแข็งแรงให้แก่ชิ้นงานซึ่งไม่ละลาย ในตัวทำละลายเฮปเทน จึงเป็นตัวขัดขวางการแพร่ของตัวทำละลายและโมเลกุลส่วนผสมที่ละลายออกจากชิ้นงานสู่ตัวทำละลาย

5.3 ผลของอุณหภูมิและเวลาการเผาผนึก

ความหนาแน่นและความแข็งของชิ้นงานเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิและเวลาการเผาผนึกที่เพิ่มขึ้น เนื่องจาก ที่อุณหภูมิสูง อะตอมสามารถเคลื่อนที่ได้ดีกว่าที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งเป็นไปด้วยกลไกลการแพร่ โดยถูกกระตุ้นด้วยความร้อน ดังนั้นที่อุณหภูมิสูง อะตอมจึงสามารถเคลื่อนที่ได้มากกว่า อนุภาคเกิดการเชื่อมติดกันได้ง่ายและเร็วกว่า ทำให้การเผาผนึกที่อุณหภูมิสูง ชิ้นงานจึงรูพรุนน้อย

และมีการหดตัวมากกว่า ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลอง ดังรูปที่ 5.2 ซึ่งแสดงภาพถ่ายรูพรุนของชิ้นงานที่เผาผนึกที่เวลา 800 องศาเซลเซียส 3 ชั่วโมง และ 900 องศาเซลเซียส 3 ชั่วโมง



(a) (b)

รูปที่ 5.2 ภาพถ่ายลักษณะรูพรุนในชิ้นงานที่เผาผนึกที่ (a) 800°C 3ชั่วโมง
(b) 900°C 3ชั่วโมง

การเผาผนึกที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส ในชิ้นงานมีรูพรุนมาก เนื้อโลหะยังประสานตัวเป็นเนื้อเดียวกันไม่มากนัก ส่งผลให้ค่าความหนาแน่นและค่าความแข็งของชิ้นงาน มีค่าน้อยกว่าการเผาผนึกที่อุณหภูมิ 870 และ 900 องศาเซลเซียส ส่วนการเผาผนึกที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส ชิ้นงานมีรูพรุนน้อย และมีขนาดเล็ก เนื้อโลหะมีการประสานเป็นเนื้อเดียวกันมากขึ้น ทำให้มีค่าความหนาแน่นและค่าความแข็งสูงกว่า สำหรับเวลาในการเผาผนึกเมื่อเวลาในการเผาผนึกเพิ่มขึ้นจำนวนของรูพรุนลดน้อยลง เนื้อโลหะมีการเชื่อมต่อ ประสานเป็นเนื้อเดียวกันมากขึ้น ส่งผลให้เมื่อเวลาการเผาผนึกเพิ่มขึ้น ค่าความหนาแน่นและค่าความแข็งของชิ้นงานเพิ่มขึ้น

เมื่อพิจารณาจากค่าความหนาแน่น ความแข็ง และ ลักษณะโครงสร้าง อุณหภูมิการเผาผนึกที่ 800 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่ต่ำเกินไปในการเผาผนึก และเวลา 2 ชั่วโมงเป็นเวลาที่น้อยเกินไป สำหรับอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเผาผนึก ได้แก่ 900 องศาเซลเซียส เวลา 3 ชั่วโมง