

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับของไทยมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศอย่างมากโดยเฉพาะอุตสาหกรรมเครื่องประดับเงิน จะเห็นได้จากมูลค่าการส่งออกเมื่อเทียบกับสินค้าชนิดอื่นๆ แต่อุตสาหกรรมนี้ยังขาดความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นจึงต้องมีการศึกษาและค้นคว้าในการทำเครื่องประดับให้มีความหลากหลายของชิ้นงานมากขึ้น ถนนวิบูลย์เป็นอีกหนึ่งแหล่งผลิตเครื่องประดับเงินที่มีชื่อเสียงของประเทศ ชิ้นงานที่ได้มีความประณีตและสวยงามด้วยกระบวนการขึ้นรูปเครื่องประดับแบบดั้งเดิมแต่ยังขาดความหลากหลายของผลิตภัณฑ์รวมถึงกระบวนการผลิตด้วย ดังนั้นจึงต้องการพัฒนาวิธีขึ้นรูปเครื่องประดับซึ่งทำให้เกิดการพัฒนาของอุตสาหกรรมนี้สืบต่อไปในอนาคต [1]

กระบวนการขึ้นรูปเครื่องประดับแบบดั้งเดิม [2] นั้นมีหลายวิธีด้วยกัน ยกตัวอย่างเช่น การหล่อตัวเรือนเครื่องประดับแบบหล่อเหวี่ยง การหล่อตัวเรือนเครื่องประดับแบบสูญญากาศ ส่วนการขึ้นรูปตัวเรือนเครื่องประดับด้วยมือ นั้นมีข้อจำกัดทางการผลิตมาก กล่าวคือ อาจทำให้เกิดปัญหาในระหว่างกระบวนการผลิตและก่อให้เกิดอุปสรรคต่อกระบวนการขึ้นรูปตัวเรือนเครื่องประดับได้ง่าย ดังนั้นจึงมีการนำผงของโลหะเงินมาขึ้นรูปเป็นเครื่องประดับ ทำให้ชิ้นงานที่ได้มีความหลากหลายมากกว่ากรรมวิธีการขึ้นรูปเครื่องประดับแบบดั้งเดิม

ผงโลหะเงิน [3] ถูกนำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมต่างๆ มากมาย โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เนื่องจากผงโลหะเงินมีความสามารถในการนำไฟฟ้าที่สูงมาก โดยผลิตภัณฑ์ที่ใช้ผงโลหะเงินเป็นวัสดุหรือส่วนประกอบ ได้แก่ อิเล็กโทรด หน้าสัมผัสของอุปกรณ์ไฟฟ้า แผงวงจร โดยผงโลหะเงินที่นำมาใช้ต้องมีความบริสุทธิ์สูงมากกว่า 99.9 เปอร์เซ็นต์ และมีขนาดผงเฉลี่ยระหว่าง 10 - 100 ไมครอน นอกจากนี้ยังมีการนำผงโลหะเงินเป็นวัสดุหลักของซิลเวอร์เคลย์ [4] ซึ่งผงโลหะเงินเริ่มมีบทบาทต่อแวดวงอุตสาหกรรมต่างๆ อย่างต่อเนื่อง จะเริ่มเข้ามามีบทบาทสำคัญต่อวงการอัญมณีและเครื่องประดับ

กรรมวิธีการผลิตผงโลหะเงินนั้นมีผลกระทบต่อขนาด รูปร่าง โครงสร้างทางจุลภาค ส่วนประกอบทางเคมีของผงโลหะเงินด้วย โดยกรรมวิธีการผลิตโลหะมีหลายวิธีโดยแบ่งประเภท

ได้ดังนี้ คือ กรรมวิธีทางกลซึ่งเหมาะกับวัสดุที่เปราะและแตกง่าย กรรมวิธีอะตอมไมเซชันสามารถผลิตผงโลหะได้เป็นจำนวนมากแต่อุปกรณ์มีราคาสูง กรรมวิธีทางเคมี มีความง่ายในการผลิต ราคาไม่แพงเนื่องจากไม่ต้องอาศัยเครื่องมือทางเทคนิคเฉพาะที่มีราคาแพง โดยวิธีที่เลือกใช้ในการผลิตผงโลหะเงิน โดยใช้กรรมวิธีทางเคมีแบบการตกผลึกโดยอาศัยของเหลวในการผลิตผงโลหะเงิน โดยอาศัยหลักการการตกผลึกของโลหะเงินซึ่งใช้ตัวกระตุ้นเป็นของเหลว คือ กลีเซอรอล เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในปฏิกิริยาเคมีโดยใช้ตัวรีดิวซ์เป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการตกผลึกของโลหะเงิน เมื่อได้ผงโลหะเงินจึงนำผงโลหะเงินที่ได้มาขึ้นรูปเป็นซิลเวอร์เคลย์

ซิลเวอร์เคลย์ [5] คือ วัสดุที่มีสมบัติคล้ายดินเหนียวซึ่งสามารถนำมาปั้นและตกแต่งรูปแบบได้ตามความต้องการ จึงสามารถที่จะสร้างสรรค์ผลงานได้หลากหลายรูปแบบ โดยซิลเวอร์เคลย์มีส่วนประกอบหลัก คือ ผงโลหะเงิน ตัวประสานช่วยในการยึดจับระหว่างอนุภาค ให้ได้ซิลเวอร์เคลย์ที่มีความยืดหยุ่นสามารถนำมาขึ้นรูปได้ง่าย น้ำช่วยทำให้ทำลายตัวประสานให้เกิดการยึดจับระหว่างอนุภาค ส่วนกระบวนการขึ้นรูป [6] ซิลเวอร์เคลย์มีขั้นตอนดังต่อไปนี้ คือ ปั้นแต่ง อบ ตกแต่ง เผา ผึง ขัดตกแต่ง

จะเห็นได้ว่าซิลเวอร์เคลย์ จึงเป็นวัสดุที่ถูกคิดค้นขึ้นมาเพื่อลดปัญหาที่เกิดจากการขึ้นรูปโดยวิธีการอื่นๆ เช่น การหล่อ ด้วยสมบัติของวัสดุที่สามารถปั้นขึ้นรูปเป็นเครื่องประดับได้ง่าย สามารถปรับเปลี่ยนรูปทรงได้โดยไม่จำเป็นต้องผ่านกระบวนการขึ้นรูปที่มีหลายขั้นตอนและมีข้อจำกัดเหมือนวิธีการขึ้นรูปแบบอื่น จึงทำให้สามารถผลิตผลงานที่มีความซับซ้อนได้หลากหลายในระยะเวลาที่ลดลง เนื่องจากการทดลองเกี่ยวกับการเลือกตัวประสานที่เหมาะสมในกระบวนการผลิตซิลเวอร์เคลย์ ผลปรากฏว่าตัวประสานที่เหมาะสม คือ คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ยังมีปัญหาที่สำคัญในกระบวนการผลิตเกิดขึ้นเนื่องด้วยการเผาผึงที่อุณหภูมิที่ไม่เหมาะสมและมีเปอร์เซ็นต์การหดตัวเชิงปริมาตรที่สูงมากกว่าอาร์เคลย์ต้นแบบ ส่งผลให้ชิ้นงานสำเร็จมีการหดตัวไม่ได้ขนาดตามที่ต้องการ

ในงานวิจัยนี้ จึงสนใจที่จะศึกษาถึงผลกระทบอันเนื่องมาจากอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเผาผึง [5] รวมถึงการศึกษาสมบัติในด้านต่างๆ ของชิ้นงานซิลเวอร์เคลย์ โดยการนำผงโลหะเงินที่ผลิตด้วยกรรมวิธีทางเคมี และนำผงโลหะเงินที่ได้มาขึ้นรูปซิลเวอร์เคลย์โดยผสมกับตัวประสาน คือ คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส และน้ำที่อัตราส่วนที่กำหนดไว้ นำผงคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสตรวจสอบด้วยเครื่องศึกษาการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของสารโดยอาศัยคุณสมบัติทางความร้อน เพื่อหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเผาไล่ตัวประสาน หลังจากนั้นเผาผึงชิ้นงานซิลเวอร์เคลย์ที่อุณหภูมิต่างๆ กัน นำชิ้นงานที่ได้ไปตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscope: SEM) พร้อมทั้งวิเคราะห์สมบัติต่างๆ และศึกษาในรายละเอียดถึงผลกระทบอันเนื่องมาจากอุณหภูมิ ที่อาจมีผลต่อการนำไปใช้งานได้จริงของซิลเวอร์เคลย์

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 1.2.1 เพื่อศึกษาการเตรียมผงโลหะเงินให้มีความบริสุทธิ์ และขนาดตรงตามเงื่อนไขของซิลเวอร์เคลย์
- 1.2.2 เพื่อศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิ ที่เหมาะสมในการทำซิลเวอร์เคลย์
- 1.2.3 เพื่อศึกษาโครงสร้างจุลภาค และสมบัติทางกายภาพของซิลเวอร์เคลย์ที่เตรียมได้

1.3 ขอบเขตของการศึกษาวิจัย

- 1.3.1 ศึกษาค้นคว้ารวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง
- 1.3.2 จัดเตรียมอุปกรณ์และสารเคมี
- 1.3.3 ศึกษาวิธีการเตรียมผงโลหะเงิน ด้วยกรรมวิธีทางเคมีแบบการตกผลึกโดยอาศัยกลีเซอรอล
- 1.3.4 ตรวจสอบผงคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส ด้วยเครื่องศึกษาการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของสาร โดยอาศัยคุณสมบัติทางความร้อน เพื่อหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเผาไล่ตัวประสาน
- 1.3.5 ขึ้นรูปซิลเวอร์เคลย์โดยการผสมผงโลหะเงิน คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส น้ำ จากนั้นเผาผืนที่อุณหภูมิแตกต่างกันเพื่อศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิ
- 1.3.6 ตรวจสอบสมบัติทางกายภาพของซิลเวอร์เคลย์ เช่น ค่าความหนาแน่น ค่าการหดตัว และค่าน้ำหนักหลังเผา
- 1.3.7 ศึกษาถึงวิวัฒนาการของเฟส และ โครงสร้างจุลภาคของซิลเวอร์เคลย์หลังจากการเผาผืนด้วยเทคนิคจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด
- 1.3.8 ศึกษาถึงผลกระทบอันเนื่องมาจากอุณหภูมิการเผาผืนต่อสมบัติของซิลเวอร์เคลย์
- 1.3.9 รวบรวมข้อมูล อภิปรายและสรุปผลการทดลอง

1.4 ประโยชน์ที่จะได้รับจากการศึกษาเชิงทฤษฎี หรือเชิงประยุกต์

- 1.4.1 เพื่อเพิ่มพูนความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับการเตรียมผงโลหะเงินที่มีความบริสุทธิ์สูง
- 1.4.2 เพื่อทราบถึงผลกระทบของอุณหภูมิ ที่เหมาะสมในการทำซิลเวอร์เคลย์
- 1.4.3 เพื่อทราบถึงโครงสร้างจุลภาค และสมบัติทางกายภาพของซิลเวอร์เคลย์ที่เตรียมได้

1.5 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารที่เกี่ยวข้อง

ในปี ค.ศ.2003 Li และ Kim [7] ได้ศึกษาการเตรียมผงโลหะเงินจากซิลเวอร์ไฮดรอกไซด์ โดยเทคนิคไฮโดรเทอมอล ซึ่งทำการทดลองเพื่อศึกษาปฏิกิริยาทางเมอร์โมไดนามิกส์ของการเกิดผงโลหะเงินจากปฏิกิริยาเคมีโดยใช้ซิลเวอร์ไนเตรททำปฏิกิริยากับโซเดียมไฮดรอกไซด์ ได้ซิลเวอร์

ไฮดรอกไซด์ออกมา หลังจากนั้นนำซิลเวอร์ไฮดรอกไซด์ที่ได้มาทำปฏิกิริยากับแก๊สไฮโดรเจน จนได้ผงโลหะเงินที่มีรูปร่างเป็นทรงกลม จากการศึกษาผลกระทบของค่า pH ค่า pH ที่ใช้แตกต่างกันและถูกควบคุมโดยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาและขนาดอนุภาค ผลปรากฏว่าผงโลหะเงินที่ได้ในทุกค่า pH ที่ได้มีปริมาณของผงโลหะเงินมากกว่า 99.9999% ผลกระทบจากอุณหภูมิมีผลโดยตรงต่อปฏิกิริยา โดยที่อุณหภูมิต่ำๆ ผงโลหะเงินจะมีการกระจายตัวอนุภาคที่ดีกว่า และผลจากความดันทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเกิดได้ดีขึ้นในช่วงเวลาหนึ่ง และหลังจากนั้นอัตราการเกิดปฏิกิริยาก็ลดลงตามลำดับ

ต่อมาในปี ค.ศ.2005 Sinha และ Sharma [8] ได้ศึกษาเตรียมผงโลหะเงินจากกรรมวิธีกลีเซอรอล โดยใช้ซิลเวอร์ไนเตรทและกลีเซอรอล ภายใต้สภาวะอุณหภูมิต่ำกว่า 175°C โดยใช้ตัวกลีเซอรอลเป็นตัวรีดิวซ์ โดยผงโลหะเงินที่เตรียมได้นำไปตรวจสอบด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนด้วยรังสีเอกซ์ กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด และการวิเคราะห์ทางเคมี โดยผงโลหะเงินที่ได้มีสารอื่นปะปนอยู่เล็กน้อย เช่น ออกซิเจน < 0.040, คาร์บอน < 0.035, ไฮโดรเจน < 90 ppm ผงโลหะเงินที่ได้มีความบริสุทธิ์ 99.9% และมีรูปร่างเป็นทรงกลม โดยขนาดอนุภาคของผงโลหะเงินมีขนาดเฉลี่ยประมาณ 1.5 – 11 ไมครอน และผลจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนด้วยรังสีเอกซ์ ปรากฏว่ามีเงินเป็นองค์ประกอบหลักของผงเงินที่ได้จากกรรมวิธีนี้

ในปีเดียวกัน Hirasawa และ Ido [9] ได้ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของผงโลหะเงินสำหรับซิลเวอร์เคลย์ โดยการผสมผงโลหะเงินที่มีขนาดอนุภาคเล็กกว่า 2 ไมครอน เข้ากับผงโลหะเงินที่มีขนาดอนุภาค 2 - 100 ไมครอน (50 - 95wt%) ตัวประสาน (8wt%) น้ำมันมะกอก (0.01 - 3wt%) และน้ำ โดยได้ทำการศึกษาขนาดและอัตราส่วนของผงโลหะเงิน ผลที่ได้ขนาดที่เหมาะสม คือ ใช้ผงโลหะเงินขนาด 1 ไมครอน ผสมกับ 5 ไมครอน โดยใช้อัตราส่วน 30wt% และ 70wt% และยังสามารถศึกษาเกี่ยวกับส่วนผสมที่เหมาะสมในการผลิตซิลเวอร์เคลย์ พบว่าอัตราส่วนที่เหมาะสม คือ ผงโลหะเงิน 80%, เซลลูโลส 7.5%, สารลดแรงตึงผิว 2.3% และน้ำ 10.2% โดยผลที่ได้ปรากฏว่าสามารถทนแรงดึงได้ถึง 100 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร และมีความหนาแน่น 8.7 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร

ในปีเดียวกัน Songping และ Shuyuan [10] ได้ศึกษาการเตรียมผงโลหะเงินโดยใช้กรดแอสคอร์บิกเป็นตัวรีดิวซ์ ผสมกับผงซิลเวอร์ไนเตรท ผลปรากฏว่าผงโลหะเงินที่ได้มีรูปร่างเป็นทรงกลม และมีการกระจายตัวของอนุภาคอย่างสม่ำเสมอ ผลกระทบจากอุณหภูมิจาก 20 - 60°C ค่า pH และปริมาณของสารลดแรงตึงผิวที่ต่างกัน ส่งผลให้ผงโลหะเงินที่ได้มีขนาดอนุภาคที่ต่างกัน โดยมีขนาดเฉลี่ย 1 - 3.1 ไมครอน นำผงโลหะเงินวิเคราะห์ด้วย เครื่องศึกษาการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของสารโดยอาศัยคุณสมบัติทางความร้อน และนำผงโลหะเงินไปประยุกต์ใช้ใน MLCI

ในปีเดียวกัน เกศณี และคณะ [11] ได้ศึกษาการผลิตผงโลหะเงินด้วยกระบวนการทางเคมี โดยการทดลองคือผสมซิลเวอร์ไนเตรทกับกลีเซอรอล โดยการศึกษาปัจจัยต่างๆ ของกระบวนการ

ผลิตโลหะเงิน โดยใช้อุณหภูมิ 120°C, 130°C, 140°C, 150°C พบว่าเมื่ออุณหภูมิในการทดลองเพิ่มขึ้น จะทำให้ได้ปริมาณของผงโลหะเงินเพิ่มขึ้น เนื่องจากอุณหภูมิที่มากขึ้นเป็นการเร่งการเกิดปฏิกิริยา แสดงว่าน้ำหนักของผงโลหะเงินที่ได้แปรผันตามอุณหภูมิ และศึกษาอัตราเร็วการกวน โดยใช้ อัตราเร็วในการกวน 575, 805, 1035 รอบ/นาที พบว่าเมื่ออัตราเร็วสูงขึ้น ทำให้ได้ผงโลหะเงินลดลง ทำให้ขัดขวางการเกิดปฏิกิริยา แสดงว่าน้ำหนักของผงโลหะเงินแปรผกผันกับอัตราการกวน จากการ วิเคราะห์ด้วยเครื่องวัดขนาดอนุภาค พบว่าผงโลหะเงินที่ได้มีขนาดอยู่ในช่วง 0.09 - 0.11 ไมครอน สรุปแล้วขนาดของผงโลหะเงินไม่ได้ขึ้นกับอุณหภูมิและอัตราเร็วในการกวนที่แตกต่างกัน

ต่อมาในปี ค.ศ.2006 Hirasawa และ Ido [12] ได้ศึกษาอัตราส่วนของผงโลหะเงินที่แตกต่าง กัน โดยใช้ผงโลหะเงิน(50 – 95wt%) ตัวประสาน(8wt%) น้ำมันมะกอก(0.1 - 3wt%) สารลดแรงตึงผิว(0.03 - 3wt%) นอกนั้นเป็นน้ำ โดยแบ่งการทดลองเป็น 5 แบบ คือ การทดลองที่ 1 คือ ผสมผง โลหะเงินที่มีขนาดอนุภาค 1 ไมครอน กับ 5 ไมครอน การทดลองที่ 2 คือ ผสมผงโลหะเงินที่มีขนาด อนุภาค 1.5 ไมครอน กับ 5 ไมครอน การทดลองที่ 3 คือ ผสมผงโลหะเงินที่มีขนาดอนุภาค 0.5 ไมครอน กับ 5 ไมครอน การทดลองที่ 4 คือ ผสมผงโลหะเงินที่มีขนาดอนุภาค 0.8 ไมครอน กับ 5 ไมครอน การทดลองที่ 5 คือ เป็นการผสมเซลล์โลส สารลดแรงตึงผิว และน้ำมันมะกอกที่อัตราส่วน ที่แตกต่างกัน เข้ากับผงโลหะเงินที่มีขนาดอนุภาค 1 ไมครอน กับ 5 ไมครอน นำทุกชิ้นงานที่ได้เผา ผนีกที่อุณหภูมิ 600°C หลังจากนั้นวัดค่าแรงดึงและค่าความหนาแน่น ผลที่ได้ปรากฏว่าผงโลหะเงินที่ ได้มีลักษณะเป็นทรงกลม และที่มีอัตราส่วนที่มีผงโลหะเงิน 30wt% ของการทดลองที่ 4 มีค่าความ หนาแน่นสูงสุด

ในปีเดียวกัน ชนะชัย และ นรุตม์ [1] ได้ศึกษาอิทธิพลของตัวประสานที่เหมาะสมใน กระบวนการผลิตซิลเวอร์เคลย์ โดยใช้ตัวประสานตระกูลเซลล์โลส หรือ โพลีไวนิลแอลกอฮอล์ ผสม กับผงโลหะเงินที่มีขนาดตั้งแต่ 1-50 ไมครอน เผาผนีกที่อุณหภูมิ 700°C เป็นเวลา 30 นาที ผลที่ได้ ปรากฏว่าตัวประสานตระกูลเมทิลเซลล์โลสสามารถกับผงโลหะเงินและปั้นขึ้นรูปได้ เมื่อนำไป ทดสอบสมบัติทางกายภาพพบว่าคาร์บอキシเมทิลเซลล์โลสให้ค่าความหนาแน่นแบบมวลรวมและ ความแข็งแรงสูงสุด แต่มีเปอร์เซ็นต์การหดตัวเชิงปริมาตรค่อนข้างสูง

จากการค้นคว้าเอกสารอ้างอิงที่เกี่ยวข้องพบว่าเตรียมผงโลหะเงินมีหลายวิธีแต่กรรมวิธี ทางเคมีแบบกลีเซอรอลมีความง่ายในการผลิต และราคาไม่แพง ผงโลหะเงินที่ได้จากกรรมวิธีนี้มี ขนาดที่เหมาะสมในการผลิตซิลเวอร์เคลย์ ตัวประสานที่เหมาะสมคือตระกูลเมทิลเซลล์โลส พบว่า คาร์บอキシเมทิลเซลล์โลสให้ค่าความหนาแน่นแบบมวลรวมและความแข็งแรงที่สูง แต่ด้วยมีค่าเปอร์เซ็นต์ การหดตัวเชิงปริมาตรค่อนข้างสูง น่าจะเกิดจากการเผาผนีกที่อุณหภูมิที่ไม่เหมาะสม จึงต้องการ พัฒนาชิ้นงานที่ได้ให้มีความเหมาะสมเพื่อใช้ได้จริงในการผลิตเครื่องประดับสืบต่อไปในอนาคต