บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับ เป็นอุตสาหกรรมที่มีบทบาทสำคัญในการเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศไทย โดยอุตสาหกรรมด้านเครื่องประดับชนิดที่ผลิตจากโลหะเงินมีมากขึ้น และมีมูลค่าการส่งออกเป็นจำนวนมากในแต่ละปี ทั้งยังมีแนวโน้มที่ดีในการพัฒนาอุตสาหกรรมของประเทศ โดยโลหะผสมสำคัญที่ใช้ในอุตสาหกรรมนี้ คือ โลหะผสมเงินสเตอร์ลิง (Sterling Silver) ซึ่งเป็นโลหะเงินผสมเพียงชนิดเดียวที่มีความสำคัญในอุตสาหกรรมทางด้านเครื่องประดับ

โลหะผสมเงินสเตอร์ลิง ได้ถูกกำหนดมาตรฐานไว้ว่า ต้องมีส่วนผสมของโลหะเงินบริสุทธิ์ 92.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ที่เหลือ 7.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักเป็นธาตุอื่น แต่โดยปกติธาตุที่ใช้ผสมคือทองแดงซึ่งทำให้มีความแข็งเพิ่มขึ้น เนื่องจากโลหะเงินบริสุทธิ์มีความอ่อนมากไม่สามารถนำไปผลิตเป็นเครื่องประดับได้ จึงได้นำทองแดงมาผสมเพื่อเพิ่มความแข็งด้วยกลไกการเพิ่มความแข็งโดยการตกตะกอน (precipitation hardening)

การผลิตเครื่องประดับจากเงินสเตอร์ลิงมีหลายกระบวนการ เช่น การหลอมโดยใช้เตาที่อาศัยหลักการเหนี่ยวนำไฟฟ้า (induction furnace) ในระบบสุญญากาศ บรรยากาศปกติ หรือใช้ก๊าซเฉื่อยปกคลุมด้วยก็ได้ โดยข้อดีของการใช้ไฟฟ้าเหนี่ยวนำในการหลอมโลหะ คือ การหลอมทำได้รวดเร็ว สามารถควบคุมส่วนผสมและอุณหภูมิได้ง่าย มีการสูญเสียโลหะที่ใช้ในการหลอมน้อย และมีสภาพการทำงานที่สะดวกสบายขึ้น แต่มีข้อจำกัดขณะหลอมโลหะ คือ ต้องควบคุมบรรยากาศอย่างดี ในกรณีที่การควบคุมบรรยากาศไม่เหมาะสม เช่น หลอมและหล่อโลหะในบรรยากาศที่มีออกซิเจนอยู่ และใช้อุณหภูมิหลอมที่สูงเกินไป จะทำให้ออกซิเจนละลายเข้าไปในโลหะหลอมเหลว ก่อให้เกิดปัญหาต่างๆ เช่น เกิด Cupric oxide (CuO) และ Cuprous oxide (Cu_2O) ซึ่งมีสีน้ำตาลถึงสีเทาดำและสีชมพูอมแดงตามลำดับ [1] ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นแสดงดังสมการที่ (1.1) และ (1.2) โดยออกไซด์ที่เกิดขึ้นจะมีผลต่อโลหะเงินสเตอร์ลิง ทำให้คุณสมบัติทางกลของโลหะลดลง อีกทั้งยังมีผลต่อความสวยงามด้วย

$$2Cu\ (s) + O_2\ (g) \text{ ------ > } 2CuO\ (s) \qquad (1.1)$$

$$4Cu\ (s) + O_2\ (g) \text{ ------ > } 2Cu_2O\ (s) \qquad (1.2)$$

นอกจากนี้ออกซิเจนยังสามารถเกิดปฏิกิริยากับเงินได้ Silver oxide (argentous oxide; Ag_2O) มีสีน้ำตาลเข้มถึงดำ และ Silver peroxide (argentic oxide; Ag_2O_2) มีสีเทาดำ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นแสดงได้ดังสมการที่ (1.3) และ (1.4) ตามลำดับ

$$4Ag\ (s) + O_2\ (g) \text{ ------ > } 2Ag_2O\ (s) \qquad (1.3)$$

$$2Ag\ (s) + O_2\ (g) \text{ ------ > } Ag_2O_2\ (s) \qquad (1.4)$$

ปัญหาอื่นๆ ที่สำคัญ ได้แก่ การเกิดโพรงหรือรูพรุน (porosity) เนื่องจากก๊าซและจากการหดตัว โดยกรณีของโพรงหรือรูพรุนเนื่องจากก๊าซ (gas porosity) เกิดจากการที่ก๊าซรวมตัวกันเป็นฟองอากาศอยู่ในน้ำโลหะ และขณะโลหะหลอมเหลวเริ่มแข็งตัวนั้น ก๊าซที่ละลายในโลหะหลอมเหลวและมลทินต่างๆ จะถูกปล่อยออกจากน้ำโลหะ แต่ถ้าไม่สามารถปล่อยออกได้ทัน เนื่องจากขณะทำการหลอมใช้อุณหภูมิหลอมที่สูงเกินไป ทำให้ก๊าซที่ละลายอยู่ในโลหะหลอมเหลวมีปริมาณมากเกินไป ก๊าซนั้นจึงติดอยู่ในงานหล่อและเกิดเป็นโพรงหรือรูพรุนขึ้น การป้องกันทำได้โดยไม่ให้อากาศสัมผัสโดยตรงกับโลหะหลอมเหลวขณะทำการหลอมและหล่อโลหะผสม ส่วนกรณีของโพรงหรือรูพรุนเนื่องจากการหดตัว (shrinkage porosity) เกิดจากการหดตัวของโลหะขณะที่โลหะแข็งตัว แต่การชดเชยโลหะหลอมเหลวเกิดขึ้นไม่สมบูรณ์ จึงทำให้เกิดโพรงหรือรูพรุนขึ้น

นอกจากนี้ปัญหาที่สำคัญอีกอย่างหนึ่ง คือ ปัญหาการหมอง ซึ่งเกิดขึ้นที่ผิวของโลหะเนื่องจากเกิดจากการทำปฏิกิริยาของเงินหรือทองแดง กับบรรยากาศที่มีกำมะถัน (S) สูง เช่น ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) เกิดปฏิกิริยากับเงินได้สารประกอบเงินซัลไฟด์ (Ag_2S) ซึ่งมีสีน้ำตาลเข้มแกมเขียวถึงดำ หรือเกิดปฏิกิริยากับทองแดงเกิดเป็นสารประกอบคอปเปอร์ซัลไฟด์ (CuS) ที่มีสีดำ ทำให้เครื่องเงินหรือเครื่องประดับเงินหมอง

จากปัญหาการเกิดสารประกอบออกไซด์และซัลไฟด์ของเงินและทองแดง ได้มีการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นด้วยการเติมธาตุผสมบางชนิดลงไป เพื่อให้ธาตุผสมนี้จับตัวกับออกซิเจน เกิดเป็นสารประกอบออกไซด์ ทำให้ปริมาณออกซิเจนในโลหะหลอมเหลวลดลง และยังช่วยหน่วงปฏิกิริยาออกซิเดชัน ระหว่างทองแดงและออกซิเจนให้ช้าลง นอกจากนี้ธาตุผสมที่เติมลงไปนี้ยังสามารถหน่วงการเกิดปฏิกิริยาของเงินกับกำมะถันได้อีกด้วย จากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นธาตุผสมที่ใช้กันโดยทั่วไป [2] ได้แก่ เจอร์มาเนียม (Ge) สังกะสี (Zn) อะลูมิเนียม (Al) แคดเมียม (Cd) ซิลิคอน (Si) และฟอสฟอรัส (P) ซึ่งธาตุผสมเหล่านี้มีสมบัติเป็นตัวลดออกซิเจน (deoxidizer)

โดยในปี 1930 เป็นต้นมา Price L.E และ Thomas G.J [3] ได้ศึกษาการเกิดออกซิเดชันของธาตุอะลูมิเนียม พบว่าเกิดชั้นฟิล์มออกไซด์โปร่งใส ซึ่งช่วยในการป้องกันการเกิดการหมองได้ และในปี 1948 มีงานวิจัยที่สนับสนุนงานของ Price และ Thomas โดยพบว่าการเติมธาตุอะลูมิเนียม 2 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก แทนการเติมธาตุทองแดง จะช่วยป้องการการเกิดออกไซด์ที่มีสีหมองคล้ำถึงแดงที่ผิว ซึ่งเรียกว่า firestain ในโลหะเงินสเตอร์ลิงได้ [4] แต่หากปริมาณธาตุอะลูมิเนียมที่เติมลงไปมากกว่า 1.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักแล้ว จะทำให้โลหะเงินสเตอร์ลิงมีสีไม่สวยงาม และยังทำให้โลหะเงินสเตอร์ลิงมีความแข็งสูงขึ้นมาก ยากต่อการขึ้นรูปเครื่องประดับเงินด้วยมือ [5]

สำหรับธาตุเจอร์มาเนียม พบว่าสามารถลดออกซิเจนได้ดีกว่าธาตุอื่นๆ ที่เคยศึกษามา ซึ่งฟิล์มออกไซด์ (GeO_X) ที่ได้จะโปร่งใส สามารถป้องกันการเกิด firestain ขณะทำการเชื่อมและอบอ่อน แต่ธาตุเจอร์มาเนียมมีราคาแพง และพบว่าโลหะเงินสเตอร์ลิงที่ผสมเจอร์มาเนียมมีความเปราะสูงในสภาวะของแข็ง โดยโลหะเงินสเตอร์ลิงที่มีส่วนผสมของเงินบริสุทธิ์ 92.5 เปอร์เซ็นต์

และธาตุเจอร์มาเนียม 7.5 เปอร์เซ็นต์ จะมีความเปราะสูงและแตกในขณะทำการรีด [5] จึงไม่นิยมนำมาใช้ในอุตสาหกรรม

นอกจากนี้ธาตุซิลิคอน ก็มีคุณสมบัติเป็นตัวลดออกซิเจน และยังทำให้ผิวเงาขึ้นอีกด้วย เนื่องจากมีแรงตึงผิวเกิดขึ้น แต่จากการศึกษาของ John C. Mccloskey, Paul R. Welch และ Shankar Aithal [6] พบว่าธาตุซิลิคอนที่เติมลงในโลหะมีค่ามีคุณสมบัติในการเพิ่มความเงาให้แก่ผิว แต่มีผลทำให้เกรนมีขนาดใหญ่ขึ้น ค่าความต้านทานแรงดึง (tensile strength) และค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัว (%Elongation) ที่ได้ค่อนข้างต่ำทำให้โลหะมีพฤติกรรมแบบเปราะ (brittle) สำหรับธาตุฟอสฟอรัสสามารถลดออกซิเจนได้ แต่จะไม่ทำให้เกิดความเงาที่ผิวโลหะ ส่วนธาตุสังกะสีและแคดเมียมเป็นตัวลดออกซิเจนที่ดีแต่มีผลต่อความแข็งแรง โดยทำให้โลหะเงินสเตอร์ลิงอ่อนลง ไม่เหมาะในการทำเครื่องประดับเงิน [7]

จากการศึกษาคุณสมบัติของธาตุแมงกานีส(Mn) พบว่าธาตุแมงกานีสสามารถทำปฏิกิริยากับออกซิเจนได้ง่าย จึงมีสมบัติเป็นตัวลดออกซิเจน และน่าจะมีความสามารถในการเพิ่มความต้านทานการหมองให้กับโลหะเงินสเตอร์ลิงได้ด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาผลของธาตุผสมแมงกานีส ต่อสมบัติทางกลของโลหะเงินสเตอร์ลิง

1.2.2 เพื่อศึกษาอิทธิพลของธาตุผสมแมงกานีสที่ส่วนผสมต่าง ๆ ต่อโครงสร้างจุลภาคของโลหะเงินสเตอร์ลิง

1.2.3 เพื่อศึกษาความต้านทานการหมองของโลหะเงินสเตอร์ลิงก่อนและหลังการเติมธาตุผสมแมงกานีส

1.2.4 เพื่อศึกษาผลของธาตุผสมแมงกานีสต่อสีผิวของโลหะเงินสเตอร์ลิงทั้งในสภาวะปกติและหลังอบให้ความร้อน

1.2.5 เพื่อหาปริมาณที่เหมาะสมของธาตุผสมแมงกานีสในการหล่อโลหะเงินสเตอร์ลิงที่ใช้ในงานด้านเครื่องประดับ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 หลอมโลหะเงินสเตอร์ลิงที่มีปริมาณเงินบริสุทธิ์ 92.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และปริมาณทองแดง 7.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก โดยใช้เตาหลอมและหล่อแบบสุญญากาศ(Vacuum pressure casting machine) เปรียบเทียบกับการหลอมโลหะเงินสเตอร์ลิงที่เติมธาตุผสมแมงกานีสในช่วงปริมาณ 0.5 – 3.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ซึ่งทำให้ปริมาณทองแดงลดลงอยู่ในช่วง 7.0 – 4.0 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักตามลำดับ

1.3.2 ตรวจสอบส่วนผสมและโครงสร้างจุลภาคของโลหะเงินสเตอร์ลิงที่ได้จากการหล่อ

1.3.3 ศึกษาสมบัติทางกล โดยการทดสอบแรงดึงและการทดสอบความแข็งแบบวิกเกอร์

1.3.4 ศึกษาความต้านทานการหมองของโลหะเงินสเตอร์ลิงก่อนและหลังการเติมธาตุผสมแมงกานีส

1.3.5 ศึกษาสีผิวที่เปลี่ยนไปของโลหะเงินสเตอร์ลิงด้วยกระบวนการอบให้ความร้อน

1.3.6 ทดสอบการกัดกร่อนของฟิล์มที่เกิดขึ้นหลังการเติมธาตุผสมแมงกานีส ด้วยวิธีทางเคมีไฟฟ้า โดยเทคนิคโพเทนชิโอไดนามิกส์ (Potentiodynamic Technique)

1.4 คำสำคัญ (Keywords)

Sterling Silver; Invesment Casting; Mechanical Properties; Tarnish Resistance; Corrosion Resistance; Electrochemical Technique.

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ทราบถึงปริมาณและความสามารถของธาตุผสมแมงกานีส ที่มีผลต่อสมบัติทางกลของเงินสเตอร์ลิง ได้แก่ ความต้านทานแรงดึง ความเค้นจุดคราก และความแข็ง

1.5.2 ทราบถึงอิทธิพลของธาตุผสมแมงกานีสที่ส่วนผสมต่าง ๆ ต่อโครงสร้างจุลภาคของโลหะเงินสเตอร์ลิง

1.5.3 ทราบถึงความสามารถในการต้านทานการหมองของโลหะเงินสเตอร์ลิงที่ปริมาณธาตุผสมแมงกานีสต่าง ๆ กัน

1.5.4 ทราบถึงลักษณะของผิวตลอดจนสีที่ได้จากการเติมแมงกานีส เพื่อประโยชน์ด้านความสวยงามและทางการค้า

1.5.5 เป็นแนวทางในการศึกษาและปรับปรุงคุณสมบัติของโลหะเงินสเตอร์ลิง ในงานอุตสาหกรรมเครื่องประดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย