หอสมุดกลาง ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมเครื่องประดับและอัญมณีเป็นอุตสาหกรรมที่ทำรายได้เข้าประเทศเป็นจำนวนมาก โดยเครื่องประดับและอัญมณีเป็นสินค้าส่งออกติดอันดับ 1 ใน 5 ทั้งยังมีแนวโน้มที่ดีในการพัฒนาอุตสาหกรรมของประเทศ โลหะผสมสำคัญที่ใช้ในอุตสาหกรรมนี้คือโลหะผสมเงินสเตอร์ลิง(sterling silver) เนื่องจากมีความแวววาว สีสันสวยงาม และความสามารถในการแปรรูปสูง เงินสเตอร์ลิงที่ผลิตในทางการค้าส่วนใหญ่ผลิตด้วย 3 กระบวนการ คือ 1) การหล่อด้วยเตาหลอมสุญญากาศ 2) การหล่อด้วยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง 3)การหล่อแบบต่อเนื่อง (Continuous Casting Process) ซึ่งในปัจจุบันอุตสาหกรรมได้หันมาสนใจในกระบวนการนี้มากขึ้น โลหะเงินสเตอร์ลิงได้ถูกกำหนดมาตรฐานไว้ว่า ต้องมีส่วนผสมของโลหะเงินบริสุทธิ์ 92.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ที่เหลือ 7.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เป็นธาตุผสมอื่นที่นำมาผสมเพื่อปรับปรุงสมบัติของเงินสเตอร์ลิง ธาตุผสมที่มีการนำมาใช้ เช่น ทองแดง ซิลิคอน นิเกิล ดีบุก ฟอสฟอรัส สังกะสี เจอร์เมเนียม อะลูมิเนียม และอินเดียม เป็นต้น ส่วนธาตุผสมที่นิยมนำมาผสมในโลหะเงินคือทองแดง ซึ่งทำให้มีความแข็งเพิ่มขึ้น เนื่องจากโลหะเงินบริสุทธิ์มีความอ่อนมาก จึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้งานหรือนำมาใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องประดับ ทองแดงเป็นโลหะที่มีความสามารถในการละลายเข้ากันได้ดีกับโลหะเงิน ทั้งยังมีราคาไม่สูง แต่ในขณะเดียวกันทองแดงจะมีปัญหาเรื่องการถูกออกซิไดซ์ได้ง่าย เกิดเป็นคอปเปอร์ออกไซด์(copper oxide) ทำให้สีผิวของเครื่องประดับหมองคล้ำลงไป โดยเฉพาะเมื่อมีการสัมผัสกับบรรยากาศที่มีซัลไฟด์สูง

ปัญหาที่สำคัญอีกอย่างหนึ่ง คือปัญหาการหมอง ซึ่งเกิดขึ้นที่ผิวของโลหะ เนื่องจากการทำปฏิกิริยาของเงินหรือทองแดงกับบรรยากาศที่มีกำมะถันสูง เช่น ไฮโดรเจนซัลไฟด์(H_2S) เกิดปฏิกิริยากับเงินได้สารประกอบเงินซัลไฟด์(Ag_2S) ซึ่งมีสีน้ำตาลเข้มแกมเขียวถึงดำหรือเกิดปฏิกิริยากับทองแดงเกิดเป็นสารประกอบคอปเปอร์ซัลไฟด์(CuS) ที่มีสีดำ ทำให้เครื่องเงินหรือเครื่องประดับเงินหมอง ส่วนปัญหาการเกิดสารประกอบออกไซด์และซัลไฟด์ของเงินและทองแดงได้มีการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นด้วยการเติมธาตุผสมบางชนิดลงไป เพื่อให้ธาตุผสมนี้จับตัวกับออกซิเจนเกิดเป็นสารประกอบออกไซด์ ทำให้ปริมาณออกซิเจนในโลหะหลอมเหลวลดลง และยังช่วยหน่วงปฏิกิริยาออกซิเดชันระหว่างทองแดงและออกซิเจนให้ช้าลง นอกจากนี้ธาตุผสมที่เติมลงไปยังสามารถหน่วงการเกิดปฏิกิริยาของเงินกับกำมะถันได้อีกด้วย จากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นธาตุผสมที่ใช้กันโดยทั่วไป ได้แก่ นิเกิล สังกะสี ซิลิคอน ฟอสฟอรัส เจอร์เมเนียม และแคดเมียม พบว่าเป็นตัวทำปฏิกิริยาได้ดีกับออกซิเจน อีกนัยหนึ่งการเติมธาตุผสมต่างๆ เพื่อทำให้เกรนมี

ขนาดเล็กละเอียดส่งเสริมให้มีความแข็งแรง ในขณะเดียวกันก็มีความสามารถในการแปรรูปและความเหนียว(Ductility) สูง รวมไปถึงการกระจายตัวของอนุภาคให้เหมาะสมต่อการผลิตเชิงกลและเชิงความร้อนซึ่งจะมีผลต่อโครงสร้างจุลภาคและสมบัติทางกลที่เหมาะสมในการใช้งาน ซึ่งจะต้องนำชิ้นงานไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่อไป

จากการศึกษาและค้นคว้าของ Bernhard et al [1] ได้ทำการทดลองหาส่วนผสมของโลหะผสมเงินที่ให้คุณสมบัติดังนี้ ลดการเกิด Fire scale ลดการเกิดรูพรุน ลดขนาดเกรนและการเกิดออกไซด์เมื่อทำการอบ ซึ่งส่วนผสมที่เหมาะสมคือ 89-93.5%Ag, 0.02-2%B, 0.5-50%Zn, 0.5-6%Cu, 0.25-6%Sn และ 0.01-1.25%In โดยจะพบว่าธาตุที่ผสมแต่ละตัวจะมีอิทธิพลต่อโลหะผสมเงินต่างๆ กัน นั่นคือ ซิลิคอนจะเป็นตัวลดออกซิเจนได้ดีซึ่งจะช่วยลดรูพรุนและยังเพิ่มความแข็งแรงได้อีกเล็กน้อย โบรอนช่วยลดแรงตึงผิวของโลหะผสมเงินหลอมเหลวและยังทำให้ง่ายต่อการผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วย สังกะสีช่วยลดจุดหลอมเหลวของโลหะผสมเงินทำให้ผิวของเงินขาวขึ้น มีพฤติกรรมคล้ายทองแดงสามารถใช้แทนกันได้ ช่วยลดออกซิเจนและปรับปรุงการไหลของโลหะผสมเงิน ทองแดงเพิ่มความแข็ง ดีบุกต้านทานการหมองและช่วยเพิ่มความแข็งแรง อินเดียมทำให้เกรนละเอียดและปรับปรุง wettability

Hiroyuki et al [2] ได้ทำการทดลองหาส่วนผสมของโลหะผสมเงินหล่อที่ใช้ทำเครื่องประดับ เพื่อให้มีสมบัติดังนี้ มีความสามรถในการขึ้นรูปได้ดี ไม่เป็นพิษต่อร่างกาย มีความต้านทานการกัดกร่อนที่ดี สีไม่เปลี่ยนและมีผิวที่สวยงาม โดยส่วนผสมที่เหมาะสมคือ 10-18%In, 0.1-10%Zn, 0.1-13%Co และ 5-10%Cu นอกจากนี้ยังเติม 0.1-3%Ca-Si และที่เหลือ 50% เป็นอย่างต่ำ และเป็นไปได้ที่จะเติม 0.1-5%Sn เพื่อเพิ่มความแข็ง ซึ่งจะพบว่าธาตุผสมแต่ละตัวจะมีอิทธิพลต่อโลหะผสมเงินต่างๆ กันต่อไปนี้ อินเดียมเพิ่มความแข็งแรง ต้านทานการกัดกร่อนและทำให้โลหะเงินเป็นสีทอง สังกะสีเป็นตัวลดออกซิเจน เพิ่มความต้านทานการกัดกร่อนเช่นเดียวกับอินเดียม ดีบุกเพิ่มความแข็งแรงและเพิ่มการต้านทานการกัดกร่อนซึ่งจะได้ผลดีกว่าอินเดียม โคบอลต์ลดความหนืดและเพิ่มความแข็งแกร่ง ส่วนแคลเซียม-ซิลิคอน เป็นตัวลดออกซิเจนและสามารถรวมตัวกับโลหะเงินและโลหะอื่นๆ ดังนั้นสมบัติทางกลที่ได้คือ ความต้านทานแรงดึง 260 MPaหรือมากกว่า ค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัว 5 % หรือมากกว่า และค่าความแข็งสูงกว่า 160 HV

Carrano [3] ทำการทดลองหาส่วนผสมของโลหะผสมเงินหล่อที่ใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องประดับหล่อเพื่อให้มีคุณสมบัติดังนี้ มีความสามารถต้านทานการหมอง ทนการกัดกร่อนได้ดี มีความแข็งแรงและมีความสามารถในการแปรรูป โดยส่วนผสมแต่ละตัวมีอิทธิพลต่อโลหะผสมเงินต่างๆ กัน นั่นคือ สังกะสีเป็นตัวลดออกซิเจน ต้านทานการหมองและทนการกัดกร่อนได้ดี ซิลิคอนเป็นตัวลดออกซิเจนและยังทำให้ผิวเงาขึ้นเนื่องจากมีแรงตึงผิวเช่นเดียวกับสังกะสี ผิวชิ้นงานหล่อ

เรียบและเพิ่มความสามารถในการไหลของโลหะซึ่งส่วนผสมที่เหมาะสมคือ 92.5%Ag, 1.5%Zn, 2.9%Cu และ 0.1%Si

จากงานวิจัยต่างๆที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้ทราบแนวโน้มของธาตุผสมสังกะสีและซิลิคอนสามารถทำปฏิกิริยากับออกซิเจนได้ง่ายจึงมีสมบัติเป็นตัวลดออกซิเจน น่าจะมีความสามารถในการเพิ่มความต้านทานการหมองที่ผิวระหว่างการใช้งาน ดังนั้นจึงพยายามหาธาตุผสมเพื่อเติมลงไปในเงินสเตอร์ลิงเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติเชิงกล คุณสมบัติต้านทานการหมอง รวมทั้งคุณสมบัติการแปรรูปโดยที่มีความเหนียวสูง ไม่เกิดการแตกหักเสียหายระหว่างการขึ้นรูป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1. เพื่อศึกษาผลของธาตุผสมสังกะสีและซิลิคอนต่อสมบัติทางกลของโลหะผสมเงินเกรด 940

1.2.2. เพื่อศึกษาอิทธิพลของธาตุผสมสังกะสีและซิลิคอนที่ส่วนผสมต่างๆต่อโครงสร้างจุลภาคของโลหะผสมเงินเกรด 940

1.2.3. เพื่อศึกษาความต้านทานการหมองของโลหะผสมเงินเกรด 940 ที่มีธาตุผสมสังกะสีและซิลิคอน

1.2.4. เพื่อศึกษาผลการอบโฮโมจิไนเซชัน(การอบเนื้อเดียว) อัตราการลดขนาดและการอบอ่อนต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างจุลภาคและสมบัติทางกลของโลหะผสมเงินเกรด 940

1.2.5. เพื่อหาปริมาณที่เหมาะสมของธาตุผสมสังกะสีและซิลิคอนในการหลอมและหล่อโลหะผสมเงินเกรด 940 ที่ใช้ในงานด้านเครื่องประดับ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1. หลอมโลหะผสมเงินเกรด 940 ที่มีปริมาณเงินบริสุทธิ์ 94 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ปริมาณทองแดงและสังกะสีเป็น 4.73, 1.17 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตามลำดับ โดยใช้กระบวนการหล่อแบบต่อเนื่อง(Continuous casting process) เปรียบเทียบการหล่อแบบเดียวกันที่เติมธาตุผสมสังกะสีในช่วงปริมาณ 2-4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักและเติมธาตุผสมซิลิคอนในช่วงปริมาณ 0.05-0.1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และที่เหลือคือปริมาณทองแดง

1.3.2. ทำการอบโฮโมจิไนเซชันโลหะผสมเงินเกรด 940 แต่ละส่วนผสมที่อุณหภูมิ 750 องศาเซลเซียส นาน 30 และ 60 นาที จากนั้นทำการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคและสมบัติเชิงกล

1.3.3. ทำการลดขนาดทั้งประเภทที่ผ่านและไม่ผ่านการอบโฮโมจิไนเซชันที่อัตราการลดขนาดที่ต่างกัน คือ 89 และ 99 เปอร์เซ็นต์ แล้วทำการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคและสมบัติเชิงกล

1.3.4. อบอ่อนชิ้นงานที่ผ่านการลดขนาดที่อุณหภูมิแตกต่างกัน 3 อุณหภูมิ คือ 500, 550 และ 600 องศาเซลเซียส นาน 30, 45 และ 60 นาที แล้วทำการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคและสมบัติเชิงกลของชิ้นงาน

1.3.5. ศึกษาความต้านทานการหมองของโลหะผสมเงินเกรด 940 ก่อนและหลังผสมธาตุสังกะสีและซิลิคอน โดยใช้โซเดียมซัลไฟด์ และทดสอบสีผิวด้วยเครื่อง Spectrophotometer

1.4 คำสำคัญ (Keywords)

Continuous Casting; Mechanical Properties; Tarnish Resistance; Homoginization; Reduction of area; Annealing; Corrosion Resistance; Electrochemical Technique

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1. ทราบถึงสมบัติทางกล เช่น ความแข็ง ความต้านทานแรงดึงและเปอร์เซ็นต์การยืดตัวของโลหะผสมเงินเกรด 940 ที่ได้จากการผสมธาตุสังกะสี และซิลิคอน

1.5.2. ทราบถึงอิทธิพลของธาตุสังกะสีและซิลิคอนต่อโครงสร้างจุลภาคของโลหะผสมเงินเกรด 940

1.5.3. ทราบถึงความสามารถในการต้านทานการหมองของโลหะผสมเงินเกรด 940 ที่ได้จากการผสมธาตุสังกะสีและซิลิคอน

1.5.4. ทราบอิทธิพลของการอบโฮโมจิไนเซชัน(การอบเนื้อเดียว) อัตราการลดขนาดและการอบอ่อนต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและสมบัติทางกลของโลหะผสมเงินเกรด 940

1.5.5. เป็นแนวทางในการศึกษาและปรับปรุงคุณสมบัติของโลหะผสมเงินเกรด 940 ในงานอุตสาหกรรมเครื่องประดับ