หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

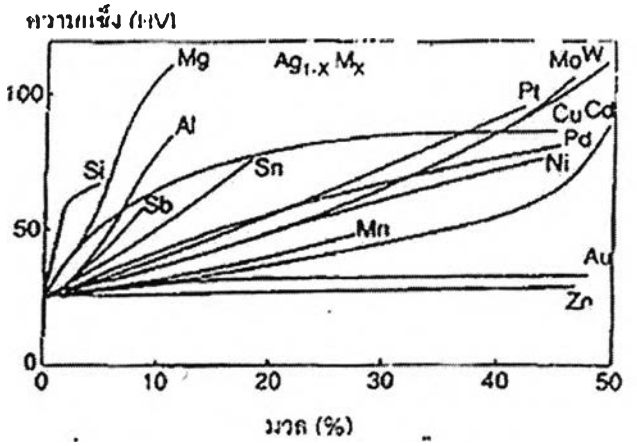
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

โดยทั่วไปเครื่องประดับเงินในปัจจุบันเป็นโลหะเงินผสมและธาตุผสมที่นิยมนำมาผสม คือ ทองแดง ซึ่งเป็นโลหะที่มีผลเพิ่มความแข็งแรงให้กับเนื้อโลหะและชื่อทางการค้าของโลหะเงินผสมทองแดงจะมีชื่อเรียกว่า เงินสเตอร์ลิง ซึ่งจะมีส่วนผสมทางเคมีของธาตุเงินอย่างน้อยที่สุด 92.5% และทองแดง 7.5% สาเหตุที่ไม่ใช้โลหะเงินบริสุทธิ์ เนื่องจากโลหะเงินบริสุทธิ์จะมีความแข็งต่ำ ความเหนียวสูงจึงไม่เหมาะที่จะนำมาทำเป็นเครื่องประดับ

แม้ว่าทองแดงจะเป็นธาตุที่ใช้เพิ่มความแข็งแรงให้กับตัวเรือนเครื่องประดับเงินก็ตาม เครื่องประดับบางชิ้น เช่น ลิ้นสปริงที่ใช้เป็นข้อต่อในกำไล หรือ สายนาฬิกา ต้องการคุณสมบัติด้านความเป็นสปริงมากซึ่งเงินผสมทองแดงเกรด 925 ไม่สามารถตอบสนองในด้านนี้ได้ ดังนั้นในอดีตจนถึงปัจจุบันการทำสปริงในเครื่องประดับเงินจึงมีหลายวิธี วิธีแรก คือ การทำลิ้นสปริงโดยนำโลหะมาผ่านการขึ้นรูปเย็น ซึ่งกรรมวิธีนี้ แม้ว่าจะให้ความเป็นสปริงเพิ่มขึ้นและความแข็งแรงเพิ่มขึ้น จากผลของการขึ้นรูปเย็นแต่มักจะมีปัญหาความเป็นสปริงลดลงในกรณีที่ต้องประสานลิ้นสปริงกับข้อต่ออื่นด้วยความร้อน (Soldering) วิธีที่สอง การเพิ่มปริมาณธาตุผสม เช่น ทองแดง ลดปริมาณเงินลงเหลือ 88% และยังใส่ธาตุนิกเกิลเพื่อเพิ่มคุณสมบัติอีกด้วย กรรมวิธีที่สองนี้มีผลให้ปริมาณเงินลดลงซึ่งไม่เป็นที่ต้องการของลูกค้า เพราะแนวโน้มในปัจจุบัน ลูกค้าที่ซื้อเครื่องประดับก็ต้องการเครื่องประดับที่มีความบริสุทธิ์ของโลหะเงินสูง ผู้ผลิตจึงต้องแก้ปัญหานี้ นั่นคือเพิ่มเปอร์เซ็นต์ของธาตุเงินให้สูงขึ้นเป็น 93.5-95.5 % ซึ่งโลหะผสมที่มีปริมาณเงิน 95.5 % มีส่วนผสมใกล้เคียงกับโลหะเงินผสมที่มีชื่อเรียกว่า เงินบริทาเนีย โดยที่สมบัติของความเป็นสปริงยังคงเดิม

จากการศึกษาและค้นคว้าพบว่ามีธาตุผสมหลายชนิดที่มีบทบาทเพิ่มความแข็งและความแข็งแรงให้กับโลหะเงิน ดังแสดงในรูปที่ 1.1 จะเห็นได้ว่าธาตุแมกนีเซียมและอะลูมิเนียมจะให้ความแข็งแรงสูง และน่าจะทำการบ่มเพิ่มความแข็งด้วยความร้อนได้ด้วย แต่ธาตุทั้ง 2 นี้เกิดออกซิไดซ์กับอากาศเป็นออกไซด์ได้ง่ายและยังทำให้น้ำโลหะมีความหนืดเพิ่มขึ้นสูง ธาตุสังกะสีและนิกเกิลเพิ่ม

ความแข็งแรงในโลหะเงินด้วยกลไกการเพิ่มความแข็งแบบสารละลายของแข็ง (Solid Solution Strengthening) จึงไม่อาจนำมาใช้ได้ ส่วนธาตุทองแดงและดีบุกมีสมบัติเพิ่มความแข็งโดยการตกตะกอนในเนื้อเงินได้ ดังนั้นจึงเป็นธาตุที่เหมาะสมในการนำมาใช้ผสมกับเงินเพื่อผลิตสปริงโดยนิยมที่จะทำให้เป็นโลหะผสมทองแดงดีบุกหรือโลหะบรอนซ์ดีบุกก่อนแล้วจึงนำมาใช้ผสมกับเงินภายหลัง ปริมาณธาตุดีบุกอยู่ในช่วง 5-10%โดยน้ำหนัก จากที่กล่าวมาข้างต้นทั้งหมดจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจอย่างยิ่งที่จะศึกษาถึง ปริมาณที่เหมาะสมของธาตุดีบุกที่ผสมเข้าไปในเงินเพื่อให้ได้คุณสมบัติที่เหมาะสมในการทำสปริง เพื่อสร้างประโยชน์แก่อุตสาหกรรมเครื่องประดับเงินและลดการนำเข้าโลหะผสมจากต่างประเทศ



รูปที่ 1.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแบบวิกเกอร์กับปริมาณของธาตุชนิดต่างๆในโลหะเงินผสม(1)

มีโครงงานที่ศึกษาหาตัวแปรของกรรมวิธีทางความร้อนที่เหมาะสมเพื่อปรับปรุงความแข็งของลิ้นสปริงเงินสเตอร์ลิงผสมดีบุกของ นันทิชา นิรันตสุขรัตน์(2) โดยโลหะเงินสเตอร์ลิงที่ใช้ในการทดลองจะมีปริมาณดีบุกโดยเฉลี่ย 0.37% โดยน้ำหนัก และชิ้นงานสเตอร์ลิงที่ใช้ในการทดลองจะแบ่งออกเป็น 6 กลุ่ม ดังนี้ 1.กลุ่มเงินสเตอร์ลิงผสมทองแดงหล่อ 2.กลุ่มเงินสเตอร์ลิงผสมทองแดงอบเป็นเนื้อเดียวที่อุณหภูมิ 745°C 3.กลุ่มเงินสเตอร์ลิงผสมทองแดงดีบุกหล่อ 4.กลุ่มเงินสเตอร์ลิงผสมทองแดงดีบุกอบเป็นเนื้อเดียวที่อุณหภูมิ 720°C 5.กลุ่มเงินสเตอร์ลิงผสมทองแดงดีบุกอบเป็นเนื้อเดียวที่อุณหภูมิ 750°C 6.กลุ่มเงินสเตอร์ลิงผสมทองแดงดีบุกอบเป็นเนื้อเดียวที่อุณหภูมิ 780°C หลังจากนั้นนำชิ้นงาน

ที่อบเป็นเนื้อเดียวกันแล้วมาบ่มเพิ่มความแข็งที่อุณหภูมิบ่ม 300 °C, 350°C และ 400°C ตามลำดับ ผลการทดลองพบว่าโลหะเงินสเตอร์ลิงผสมทองแดงหล่อ (66.5 HV) จะมีค่าความแข็งสูงกว่าโลหะเงินสเตอร์ลิงผสมทองแดงดีบุกหล่อ (66 HV) เล็กน้อยส่วนความแข็งของโลหะเงินสเตอร์ลิงทั้งที่เติมดีบุกและไม่เติมดีบุกที่อบเป็นเนื้อเดียวแล้วชุบลงในน้ำอย่างรวดเร็วจะมีความแข็งลดลงจากสภาพหล่อ โดยเมื่ออุณหภูมิที่ใช้สูงขึ้นความแข็งก็จะลดลงมากขึ้น นั่นคือชิ้นงานที่เติมดีบุกทำการอบเป็นเนื้อเดียวที่ 780 °C จะมีค่าความแข็ง 51.24 HV ในขณะอบที่ 720 °C จะได้ค่าความแข็ง 54.74 HV เมื่อนำชิ้นงานมาบ่มเพิ่มความแข็งแล้วโลหะเงินสเตอร์ลิงที่เติมดีบุกจะให้ความแข็งที่สูงกว่าโลหะเงิน สเตอร์ลิงที่ไม่ได้เติมดีบุก เพราะฉะนั้นจากการทดลองนี้สรุปว่าเมื่อชิ้นงานโลหะเงินสเตอร์ลิงผสมทองแดงดีบุก ที่นำมาอบเป็นเนื้อเดียวที่อุณหภูมิ 750 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมงแล้วทำการบ่มเพิ่มความแข็งที่ 300 °C เป็นเวลา 15 นาที จะทำให้ได้ความแข็งสูงสุดที่ประมาณ 156.8 HV

นอกจากนี้ Bernhard et al.(3) ยังได้ทำการวิจัยหาส่วนผสมของโลหะเงินผสมที่ให้สมบัติดังนี้ ลดการเกิด Fire scale ลดการเกิดรูพรุน ลดขนาดเกรนและลดการเกิดออกไซด์เมื่อทำการอบ ซึ่งส่วนผสมที่เหมาะสมคือ 89-93.5%Ag, 0.02-2%Si, 0.001-2%B, 0.5-5%Zn, 0.5-6%Cu, 0.25-6%Sn และ 0.01-1.25%In โดยจะพบว่าธาตุที่ผสมแต่ละตัวจะมีอิทธิพลต่อโลหะเงินผสมต่างๆกัน นั่นคือ ซิลิคอน จะเป็นตัวลดออกซิเจนได้ดีซึ่งจะช่วยลดรูพรุนและยังเพิ่มความแข็งได้อีกเล็กน้อย, โบรอน ช่วยลดแรงตึงผิวของโลหะเงินผสมหลอมเหลวและยังทำให้ง่ายต่อการผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วย, สังกะสี ช่วยลดจุดหลอมเหลวของโลหะเงินผสม ทำให้ผิวของเงินขาวขึ้น มีพฤติกรรมคล้ายธาตุทองแดงสามารถใช้แทนกันได้ ช่วยลดออกซิเจนและปรับปรุงการไหลของโลหะเงินผสม, ทองแดง เพิ่มความแข็ง, ดีบุก ต้านทานการหมองและช่วยเพิ่มความแข็ง, อินเดียม ทำให้เกรนละเอียดและปรับปรุง wetability

ยังมีงานวิจัยของ Hiroyuki et al.(4)ได้ทำการทดลองหาส่วนผสมของโลหะเงินผสมหล่อที่ใช้ทำเครื่องประดับ เพื่อให้มีสมบัติดังนี้ มีความสามารถในการขึ้นรูปได้ดี ไม่เป็นพิษต่อร่างกาย มีความต้านทานการกัดกร่อนที่ดี สีไม่เปลี่ยนและมีผิวที่สวยงาม โดยส่วนผสมที่เหมาะสมคือ 10-18%In, 0.1-10%Zn, 0.1-13%Co และ 5-20%Cu นอกจากนี้ยังเติม 0.1-3%Ca-Si และที่เหลือ 50%Ag เป็นอย่างต่ำ และเป็นไปได้ที่จะเติม 0.1-5%Sn เพื่อเพิ่มความแข็ง ซึ่งจะพบว่าธาตุผสมแต่ละตัวจะมีอิทธิพลต่อโลหะเงินผสมต่างๆกันดังต่อไปนี้ 10-18%In เพิ่มความแข็งแรง ต้านทานการกัดกร่อนและทำให้โลหะเงินเป็นสีทอง, 0.1-10%Zn ลดออกซิเจน เพิ่มความแข็งแรงและต้านทานการกัดกร่อนเช่นเดียวกับ In,

0.1-5%Sn เพิ่มความแข็งแรงและเพิ่มการต้านทานการกัดกร่อนซึ่งจะได้ผลดีกว่า In, 0.1-13%Co ลดความหนืดและเพิ่มความแกร่ง(Toughness), 5-20%Cu ทำให้โลหะเงินเป็นสีทองเช่นเดียวกับ In,0.1-3%Ca-Si ขจัดออกซิเจนและทำหน้าที่รวมตัวกับโลหะเงินและโลหะตัวอื่นๆ ดังนั้นสมบัติทางกลที่ได้คือ ความต้านทานแรงดึง(tensile strength) 260 MPa หรือมากกว่า, ค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัว (%Elongation) 5%หรือมากกว่าและความแข็งมากกว่า 160 HV

งานวิจัยของ Scott M.(5) ได้ทำการทดลองแล้วพบว่าดีบุกเติมเข้าไปเพื่อเพิ่มความแข็ง, ความสามารถในการตีขึ้นรูป, ความเหนียวและความสามารถในการเชื่อมของโลหะผสม

จากงานวิจัยต่างๆที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้เกิดแนวทางที่จะแก้ปัญหาในการทำลิ้นสปริงหลายแนวทางแต่สำหรับในงานวิจัยนี้จะใช้วิธีการเพิ่มความแข็งด้วยกลไกการตกตะกอน(Precipitation Hardening) เนื่องจากทั้งธาตุทองแดงและธาตุดีบุกที่จะผสมกับเนื้อเงินนั้นสามารถเพิ่มความแข็งให้กับโลหะเงินได้ด้วยกรรมวิธีการบ่มทางความร้อน ซึ่งปริมาณดีบุกในโลหะผสมทองแดงดีบุกที่จะใช้เติมในโลหะเงินจะมีปริมาณธาตุดีบุกอยู่ในช่วง 5-10%โดยน้ำหนัก นั่นคือจะเน้นศึกษาหาปริมาณของธาตุดีบุกที่เหมาะสมสำหรับทำลิ้นสปริงในช่วง 5-10%โดยน้ำหนักนี้ และศึกษาถึงคุณสมบัติของวัสดุที่จะเป็นสปริงที่ดีโดยจะต้องมีค่า σ_y^2/E ที่สูงมากโดยไม่คำนึงถึงรูปร่างและวิธีการให้ภาระ

2. วัตถุประสงค์ของการทดลอง

2.1. เพื่อศึกษาคุณสมบัติความเป็นสปริงของโลหะเงินสเตอร์ลิงที่มีส่วนผสมทางเคมีของธาตุเงิน 93.5%โดยน้ำหนัก โดยเติมธาตุทองแดงและดีบุกในอัตราส่วนที่เหมาะสมเข้าไปเพื่อเพิ่มความแข็งแรง

2.2. เพื่อศึกษาโครงสร้างจุลภาคของโลหะเงินผสมทองแดงดีบุก

3. ขอบเขตการวิจัย

3.1 ศึกษาส่วนผสมทางเคมีที่เหมาะสมและ โครงสร้างจุลภาคของโลหะเงินผสมทองแดงดีบุก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2 ทดสอบคุณสมบัติความเป็นสปริงของเงินสเตอร์ลิงที่มีปริมาณเงิน 93.5%โดยน้ำหนัก ได้แก่ ความแข็ง ความต้านทานแรงดึงโดยเฉพาะค่ามอดุลัสยืดหยุ่น (Young's Modulus) ซึ่งเป็นสมบัติที่สำคัญสำหรับความเป็นสปริง

3.3 ตรวจสอบ DTA (Differential Thermal Analysis) เพื่อหาจุดหลอมเหลวของเงินหลังเติมบรอนซ์ดีบุกที่มีเปอร์เซ็นต์ดีบุกในสัดส่วนต่างๆคือ 0.33%, 0.39%, 0.46%, 0.52%, 0.59%, 0.65% สำหรับโลหะเงินที่มีปริมาณเงินบริสุทธิ์ 93.5 เปอร์เซ็นต์

4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

4.1 ทราบถึงส่วนผสมทางเคมีที่เหมาะสมสำหรับการผลิตสปริงของโลหะเงินผสมทองแดงดีบุก

4.2 ทราบถึงผลของปริมาณธาตุผสมต่อจุดหลอมเหลวของเงินสเตอร์ลิงที่มีปริมาณเงิน 93.5% โดยน้ำหนัก

4.3 สามารถนำไปใช้ในวงการอุตสาหกรรมเครื่องประดับเงินเพื่อลดการนำเข้าโลหะผสม