บทที่ 1
บทนำ

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.1 ความสำคัญของงานวิจัย

กรรมวิธีการผลิตเงินสเตอร์ลิงมีหลายกระบวนการ และในแต่ละขั้นตอนอาจจะทำได้ด้วยเครื่องมือที่ต่างกัน เช่น การหลอมในเตาโดยอาศัยหลักการการเหนี่ยวนำไฟฟ้า หรือที่เรียกกันว่าการหลอมแบบอินดักชัน (Induction Melting) ในระบบสุญญากาศหรือในบรรยากาศปกติ หรือปกคลุมก๊าซเฉื่อยก็ได้ นอกจากนี้กรรมวิธีที่ใช้มาแต่ดั้งเดิมคือ การหลอมโดยใช้หัวพ่นไฟ (Torch) ในบรรยากาศปกติ ก็ยังคงมีใช้กันในปัจจุบัน ส่วนกระบวนการหล่อก็อาจจะแตกต่างกัน เช่นการหล่อแบบดูด หรือการหล่อแบบเหวี่ยง (Centrifugal Casting) ดังนั้น สามารถสรุปขั้นตอนได้ 2 ขั้นตอนใหญ่ ๆ คือ ขั้นตอนการหลอมโลหะและการหล่อโลหะ ซึ่งจะเป็นการหลอมโลหะเงิน และทองแดงบริสุทธิ์ให้ผสมกันที่ 1050 – 1100 °C แล้วปล่อยให้เย็นตัวลงในแบบหล่อตามปกติ ถ้าในขั้นตอนทั้ง 2 ขั้นตอนดังกล่าวไม่มีการควบคุมบรรยากาศที่ดี เช่น การหลอมหล่อในบรรยากาศที่มีออกซิเจนอยู่ ผลที่เกิดขึ้นขณะทำการหลอมคือ ออกซิเจนละลายเข้าไปในโลหะหลอมเหลว และความสามารถในการละลายของออกซิเจนมากน้อยขึ้นอยู่กับความดันบรรยากาศของออกซิเจนเหนือผิวน้ำโลหะ ก่อให้เกิดปัญหาต่าง ๆ ขึ้นในผลิตภัณฑ์ทั้งรูพรุนจากก๊าซ และเกิดเป็นออกไซด์ของทองแดงซึ่งมีอยู่สองลักษณะคือ Cuprous Oxide (Cu_2O) และ Cupric Oxide (CuO) ซึ่งมีสีแดงอมชมพู และสีน้ำตาลหรือสีดำตามลำดับ[1] เมื่อปรากฏออกไซด์ทั้งสองนี้จะเป็นข้อบกพร่องต่อเงินสเตอร์ลิงทั้งด้านความสวยงามและลดคุณสมบัติทางกลด้วย ในขณะที่การเกิดฟองก๊าซในโลหะหลังการเย็นตัวลงก่อให้เกิดปัญหาต่อคุณภาพของโลหะโดยตรง จึงเป็นปัญหาใหญ่มากที่มีการพยายามแก้ปัญหากันในวงการอุตสาหกรรมเครื่องประดับเงิน

กลไกการเกิดโพรงก๊าซในเงินสเตอร์ลิงมีอยู่ 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ 1) เกิดจากการหดตัวของเนื้อโลหะในขณะที่โลหะแข็งตัว แต่การชดเชยน้ำโลหะเกิดขึ้นไม่สมบูรณ์ทำให้เกิดโพรงขึ้น เรียกว่า โพรงที่เกิดจากการหดตัวของน้ำโลหะ (Shrinkage Porosity) ดังรูปที่ 1.1 (ข) และ 2) โพรงจากการที่ออกซิเจนอะตอมในเนื้อโลหะรวมตัวกันเป็นฟองก๊าซอยู่ในน้ำโลหะแล้วไม่สามารถหนีออกได้ทันก่อนการแข็งตัวเสร็จสิ้น โดยเฉพาะการแข็งตัวแบบไร้ทิศทาง (Non - Directional Solidification) เพราะโดยปกติแล้วก๊าซและมลทินจะถูกขับออกจากเนื้อโลหะขณะแข็งตัว แต่เนื่อง

จากความสามารถในการละลายของออกซิเจนในน้ำโลหะเกิดขึ้นปริมาณมากในช่วงที่ทำการหลอมที่อุณหภูมิเหนือจุดหลอมเหลวของโลหะเงิน ทำให้เกิดก๊าซจำนวนมากในงานหล่อและเกิดเป็นโพรงหรือรูพรุนที่เรียกว่า รูพรุนก๊าซ (Gas Porosity) ดังรูปที่ 1.1 (ก)

รูปที่ 1.1 (ก) รูพรุนก๊าซ (ข) โพรงจากการหดตัวของน้ำโลหะ

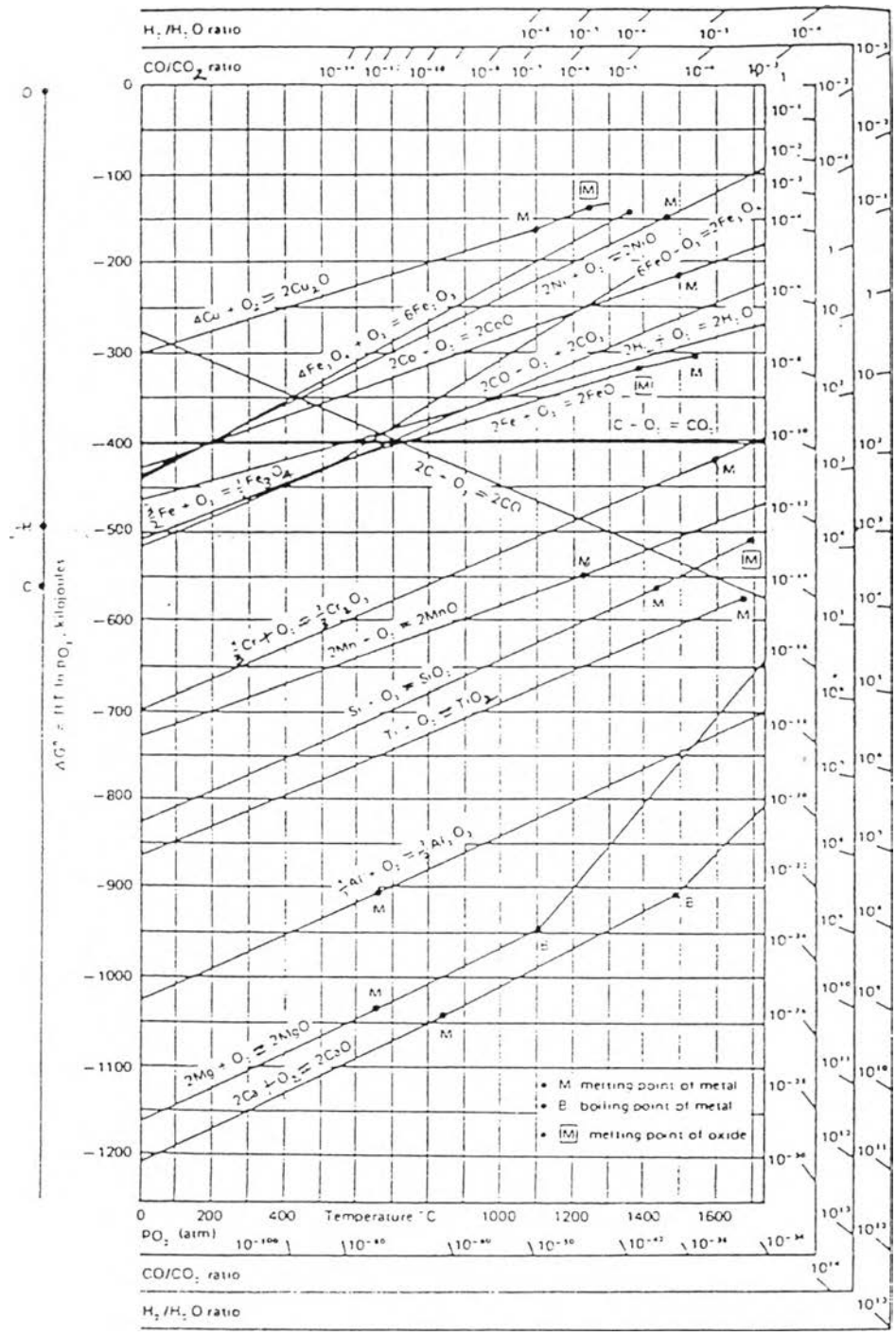
นอกจากนี้ออกซิเจนยังสามารถทำปฏิกิริยากับทองแดงทำให้เกิดออกไซด์ของทองแดง ลักษณะที่พบจะเป็นมลทินออกไซด์ (Oxide Inclusion) เกิดอยู่ทั่วไปในเนื้อโลหะหล่อ โดยเฉพาะที่ใกล้ผิวซึ่งกลายเป็นจุดแข็ง (Hard Spots) ที่สามารถมองเห็นได้ชัดเจนบนผิวหลังผ่านการขัดตกแต่งผิว ขณะที่น้ำโลหะสัมผัสกับอากาศจะเกิดฟิล์มออกไซด์ที่ผิวและมีความหนืดทำให้โลหะหลอมเหลวรอบ ๆ บริเวณนั้นมีความสามารถในการเท (Fluidity) ลดลงด้วย บางกรณีเมื่อแข็งตัวแล้วจะพบออกไซด์สีแดงบนผิวใกล้กับบริเวณที่เกิดโพรงแบบหดตัวขึ้น

แนวทางในการแก้ปัญหาการละลายของออกซิเจนในเงินสเตอร์ลิงหลอมเหลวคือ การป้องกันมิให้น้ำโลหะสัมผัสกับบรรยากาศที่มีออกซิเจน ทำได้โดยใช้กรรมวิธีการหลอมโลหะในระบบสุญญากาศ หรือกรรมวิธีการหลอมโลหะในบรรยากาศที่คลุมผิวด้วยก๊าซเฉื่อย หรือใช้เปลวไฟแบบรีดิวซิ่ง (Reducing Flame) คลุมผิวทันทีที่เทลงในแบบ กรรมวิธีที่ได้กล่าวมาได้ผลดีทั้งสามวิธี แต่มีข้อจำกัดต่างกันคือ การหลอมในระบบสุญญากาศต้องลงทุนสูงมาก เพราะใช้เทคโนโลยีขั้นสูง ส่วนการหลอมในบรรยากาศก๊าซเฉื่อยนั้นอาจจะเกิดการป้องกันได้ไม่สมบูรณ์นัก การป้องกันอีกวิธีหนึ่งคือ การใช้แผ่นกราไฟต์วางให้ลอยคลุมผิวน้ำโลหะป้องกันทั้งการละลายของออกซิเจนและการเกิดออกไซด์ และยังเป็นการช่วยกวาดตะกรันขณะเทสู่แบบด้วย ข้อจำกัดที่พบคือ กราไฟต์ต้องไม่เล็กเกินไปและไม่ใหญ่เกินไปเพราะจะจมในเนื้อโลหะหลอมเหลวได้

นอกจากการป้องกันแล้วการแก้ไขเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่ต้องพิจารณาโดยการลดก๊าซออกซิเจน (Degassing) ด้วยการเติมธาตุผสมบางอย่างลงในโลหะหลอมเหลวเพื่อทำหน้าที่รวมตัวกับออกซิเจนแล้วสามารถลอยหนีออกมาจากน้ำโลหะได้ดี แต่มีข้อจำกัดคือ อาจทำให้ส่วนผสมเปลี่ยนแปลงไป แต่มีข้อดีคือ ง่ายต่อการปฏิบัติ และการลงทุน ซึ่งทำให้วิธีนี้มีความน่าสนใจสำหรับทำการศึกษาวิจัยโดยเมื่อพิจารณาถึงความสามารถในการเกิดออกไซด์ของธาตุที่น่าจะใช้ไล่ก๊าซได้จากแผนภูมิของ Ellingham ในรูปที่ 1.2 นั้นจะเห็นว่าธาตุที่สามารถรวมตัวกับออกซิเจนได้ดีกว่าทองแดงและเงินมีหลายชนิด เช่น ธาตุแมกนีเซียม แคลเซียม ซิลิคอน และอลูมิเนียม ซึ่งมีความสามารถในการเกิดออกไซด์ได้สูงมาก และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับกรรมวิธีการไล่ก๊าซออกจากโลหะผสมชนิดอื่น เช่น ในการผลิตเหล็กนิยมเติมธาตุซิลิคอนที่อยู่ในรูปของเฟอโรซิลิคอนซึ่งได้ผลดี ดังนั้น ด้วยเหตุผลเดียวกันนี้ ซิลิคอนน่าจะใช้เป็นตัวไล่ก๊าซออกซิเจนได้ในโลหะเงินสเตอร์ลิง และควรจะอยู่ในรูปของสารประกอบซิลิไซด์มากกว่า เพราะธาตุซิลิคอนบริสุทธิ์มีจุดเหลอมเหลวสูงกว่าเงินสเตอร์ลิง และพบว่าแคลเซียมสามารถรวมตัวกับซิลิคอนแล้วมีจุดหลอมเหลวต่ำกว่าซิลิคอนบริสุทธิ์

ปัญหาที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งด้านคุณสมบัติทางเคมี คือ การเกิดการหมองขึ้นที่ผิวของโลหะเนื่องจากการสัมผัสกับบรรยากาศที่มีซัลไฟด์สูง เช่น ในห้องครัวจะมีก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์มาก ทำให้เครื่องใช้ หรือเครื่องประดับที่ทำด้วยเงินสเตอร์ลิงเกิดการหมองขึ้นได้ง่าย

แนวทางในการแก้ปัญหาการหมองของเงินสเตอร์ลิงนั้นที่ผ่านมาผู้ผลิตเครื่องประดับมักจะแก้ปัญหาด้วยการใช้กรรมวิธีการชุบผิวโลหะเงินด้วยทอง แพลตตินัม หรือชุบน้ำยากันหมอง นอกจากนี้ยังมีนักวิจัยหลายท่านได้พยายามสร้างโลหะเงินสเตอร์ลิงชนิดใหม่ ๆ โดยการเติมธาตุผสมต่าง ๆ เพื่อให้ได้เงินสเตอร์ลิงที่มีคุณสมบัติทนต่อการหมองคล้ำ (Tarnishing Resistance Sterling) ได้ดี[2] จากการวิจัยในรายงานของของ Richard V. carrano[1] พบว่าส่วนผสมที่ค้นพบนั้นสามารถแก้ปัญหาการหมองได้ แต่อย่างไรก็ตามส่วนผสมดังกล่าวไม่อยู่ในมาตรฐานการผลิตเงินสเตอร์ลิงที่กำหนดให้ธาตุผสมแต่ละตัวมีส่วนผสมทางเคมีได้ไม่เกินค่าที่กำหนดเอาไว้ ดังนั้น จึงไม่เป็นที่ยอมรับกัน นอกจากนี้มีรายงานเกี่ยวกับการเติมธาตุผสมบางชนิดในโลหะเงินแล้วสามารถช่วยให้โลหะเงินสเตอร์ลิงสามารถทนต่อการหมองได้มากขึ้น ในจำนวนนี้มีธาตุซิลิคอนรวมอยู่ด้วย



รูปที่ 1.2 แผนภาพของ Ellingham แสดงค่า Gibb's Free Energy ของการเกิดออกไซด์ของโลหะที่อุณหภูมิต่าง ๆ

ดังนั้น จากการศึกษาค้นคว้า พบว่าซิลิคอนเป็นธาตุผสมที่น่าสนใจมากที่จะช่วยไล่ก๊าซออกซิเจนในเงินสเตอร์ลิง และขณะเดียวกันอาจจะช่วยแก้ปัญหาเรื่องการหมองในเงินสเตอร์ลิงได้ด้วย ซึ่งควรใช้ในรูปสารประกอบมากกว่าธาตุบริสุทธิ์ ซึ่งพบว่าถ้าอยู่ในรูปของแคลเซียมซิลิไซด์จะละลายได้ที่อุณหภูมิไม่สูงมากเหมือนซิลิคอน ส่วนธาตุแคลเซียมนั้นสามารถใช้เป็นตัวลดออกซิเจน

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(Deoxidiser) ได้โดยอาศัยคุณสมบัติที่สำคัญคือ ละลายได้ง่ายที่อุณหภูมิต่ำ และมีความสามารถในการทำปฏิกิริยารวมกับออกซิเจนได้ดีแล้วฟอร์มตัวเป็นออกไซด์ ซึ่งสามารถลอยหนีออกมาจากน้ำโลหะได้

1.2 วัตถุประสงค์ของการทดลอง

1. เพื่อศึกษาผลของปริมาณซิลิคอน และแคลเซียมต่อการลดลงของออกซิเจนในเงินสเตอร์ลิง ต่อการเกิดโครงสร้างจุลภาค และต่อความแข็งของเงินสเตอร์ลิง หลังการเติมแคลเซียมซิลิไซด์

2. เพื่อศึกษาความต้านทานต่อการหมองของเงินสเตอร์ลิงหลังการเติมแคลเซียมซิลิไซด์

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ทำการหลอมส่วนผสมของโลหะเงินสเตอร์ลิงที่มีปริมาณเงิน 92.5 % โดยน้ำหนักต่อทองแดง 7.5 % โดยน้ำหนักในเตาอินดักชันที่อุณหภูมิ 1100 °C เปรียบเทียบกับการหลอมโลหะเงินสเตอร์ลิงที่เติมแคลเซียมซิลิไซด์ในช่วงปริมาณ 0.10 – 1.0 % โดยน้ำหนัก

2. ตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคของโลหะผสมและทดสอบความแข็งของโลหะเงินสเตอร์ลิงที่ผ่าน และไม่ผ่านการเติมด้วยแคลเซียมซิลิไซด์

3. วิเคราะห์หาปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในเงินสเตอร์ลิงหลอมเหลว และที่ละลายในสภาพหลังการหล่อ

4. ทดสอบความสามารถในการต้านทานต่อการหมองของโลหะเงินสเตอร์ลิงที่ผ่าน และไม่ผ่านการเติมด้วยแคลเซียมซิลิไซด์

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบอิทธิพลของธาตุซิลิคอน และแคลเซียมต่อการลดปริมาณออกซิเจนในการหลอมเงินสเตอร์ลิง

2. ทราบอิทธิพลของธาตุซิลิคอน และแคลเซียมต่อความสามารถในการต้านทานการหมองโดยการเกิดออกไซด์ฟิล์มที่จะช่วยให้เงินสเตอร์ลิงทนทานต่อการหมอง

3. ทราบส่วนผสมทางเคมี โครงสร้างจุลภาค และความแข็งของเงินสเตอร์ลิงหลังการเติมสารแคลเซียมซิลิไซด์

4. เป็นแนวทางในการศึกษา และปรับปรุงคุณสมบัติของเงินสเตอร์ลิงในงานอุตสาหกรรมเครื่องประดับ