

บทความวิชาการ

นวัตกรรมการผลิตโลหะมีค่า ทางด้านอัญมณีและเครื่องประดับ Processing Innovation of Precious Metal in Gems and Jewelry

ชจีพร วงศ์ปรีดี* และ สุพิชฌา สุพรรณสมบุรณ์
Kageeporn Wongpreedee* and Supitcha Supanasomboon

บทนำ

โลหะมีค่าเป็นที่ต้องการของมนุษย์มาช้านาน จัดอยู่ในกลุ่มประเภทของหายาก (rarity) และมีสถานะของแข็งแบบพันธะโลหะ (metal bonding) ในยุคก่อนประวัติศาสตร์โลหะมีค่าได้ถูกใช้ เป็นสิ่งของแลกเปลี่ยนทางการเงิน และการประดับประดาอาคารบ้านเรือนในยุคที่เฟื่องฟู ภายในเวลา ต่อมาได้ถูกนำมาใช้เป็นส่วนประกอบสำหรับอุตสาหกรรมทางเทคโนโลยีต่างๆ เช่น การสื่อสาร การ ไฟฟ้า การสำรวจทางอวกาศ เป็นต้น โดยทั่วไปเครื่องประดับมักแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ เครื่องประดับแท้ (fine jewelry) ซึ่งใช้โลหะมีค่า เช่น ทองคำ เงิน และ แพลทินัม เป็นองค์ประกอบหลัก และมีหินเจียรไนมีค่าประดับ กับเครื่องประดับเทียม (costume jewelry) ซึ่งมีชื่อเรียกต่างกันไป เช่น fancy jewelry และ imitation jewelry ขึ้นอยู่กับระดับราคา คุณภาพ โดยการออกแบบของ เครื่องประดับเทียมมุ่งเน้นการใช้งานในเชิงแฟชั่นหรือแสดงออกทางรสนิยมมากกว่าใช้แสดงความ มั่งคั่งร่ำรวย โลหะที่ใช้เป็นโลหะพื้นฐาน และชุบโลหะมีค่า และอาจประดับด้วยวัสดุอื่นๆ เช่น ไม้ ยาง พลาสติก และผ้า โดยอาจมีพลอยกึ่งมีค่า (semiprecious stone) ประกอบด้วย

เครื่องประดับที่ใช้ในปัจจุบัน หมายถึง แหวน ตุ้มหู เข็มกลัด สร้อยคอ เป็นต้น หรืออาจ ตีความรวมถึงนาฬิกา โทรศัพท์มือถือ และอื่นๆ ที่ได้นักออกแบบสามารถใช้ความคิดสร้างสรรค์ ตกแต่งความมีค่าของโลหะลงไปบนของใช้ เพื่อผู้นำไปใช้สามารถบ่งบอกถึงรสนิยมและความมี เอกลักษ์ณ์ของตนเอง ดังนั้นการบูรณาการความคิดสร้างสรรค์และเทคโนโลยีเป็นส่วนสำคัญในการ

พัฒนาและการดัดแปลงให้ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่ ให้มีความงดงามตามจินตนาการของนักออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องประดับ การสรรค์สร้างวัสดุใหม่จึงเป็นหัวใจของการผลิตเครื่องประดับ เพื่อเป็นทางเลือกสำหรับนักออกแบบ และนักประดิษฐ์ ที่สามารถนำเสนอแนวความคิดและการประดิษฐ์ จากตัวเลือกของวัสดุที่หลากหลายกับจินตนาการเพื่อให้กลายเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่สู่อุตสาหกรรมเครื่องประดับต่อไป

เทคโนโลยีทางการผลิตวัสดุใหม่ในที่นี่สามารถนำเสนอได้เป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มวัสดุอินเทอร์เมทัลลิก (intermetallics) ของงานหล่อ กลุ่มวัสดุทางการขึ้นรูปของแข็งกล และกลุ่มวัสดุทางการขึ้นรูปแบบซินเทอร์

กลุ่มวัสดุอินเทอร์เมทัลลิก

“ทองสีชมพู ทองสีม่วง ทองสีฟ้า แพลตินั่มสีเหลือง มักจะเปราะ” คำกล่าวนี้สามารถอธิบายได้ว่าสาเหตุของการเกิดสีและการเปราะมาจากความเป็นสารประกอบอินเทอร์เมทัลลิก ซึ่งสารประกอบอินเทอร์เมทัลลิก (intermetallic compound) มีโครงสร้างของโลหะสองชนิดหรือมากกว่า และมีการเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบ (stoichiometric) และมีทิศทางการเรียงตัวที่แน่นอนซึ่งแตกต่างจากโลหะทั่วไป สมบัติของสารประกอบอินเทอร์เมทัลลิกจะมีความเป็นโลหะที่แตกต่างจากโลหะทั่วไปคือ มีพันธะของสารประกอบที่เป็นกึ่งพันธะโควาเลนต์ (covalent) และกึ่งพันธะไอออนิก (ionic) ซึ่งจะมีสมบัติเปราะที่อุณหภูมิห้อง [1] ตารางที่ 1 แสดงสมบัติอินเทอร์เมทัลลิกที่มีการผสมผสานความเป็นเซรามิกส์และโลหะ มีความแข็งแกร่งพิเศษที่อุณหภูมิสูง และบ่อยครั้งพบว่ามีความต้านทานต่อแรงกัดกร่อนที่ดีกว่าโลหะ

ตารางที่ 1 แสดงสมบัติของอินเทอร์เมทัลลิกเปรียบเทียบกับโลหะและเซรามิกส์

| พันธะ | สมบัติ | โลหะ | อินเทอร์เมทัลลิก | เซรามิกส์ |
|---------------------------------------|--------|------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| ความหนาแน่น (density) | | หนัก | กลาง | เบา |
| ความเหนียว* (ductility) | | มาก | น้อย | ไม่มี |
| ความต้านทานแรงดึง* (tensile strength) | | ทนต่อแรงได้ในระดับกลางถึงมาก | ทนต่อแรงได้หลากหลายแล้วแต่ชนิดนั้นๆ | ทนต่อแรงได้หลากหลายแล้วแต่ชนิดนั้นๆ |
| ความแข็งแกร่งที่อุณหภูมิสูง | | ค่อนข้างต่ำ | สูง | สูงมาก |
| ความต้านทานออกซิเดชัน | | กลางถึงน้อย | กลางถึงมาก | มาก |

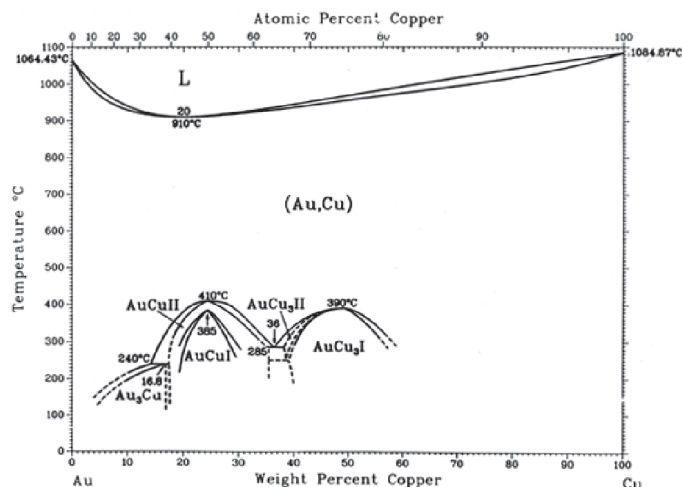
หมายเหตุ: * วัดที่อุณหภูมิห้อง

อย่างไรก็ดีปัญหาในเรื่องความเปราะของสารประกอบอินเทอร์เมทัลลิกทำให้ยากต่อการนำมาใช้จริงในเชิงอุตสาหกรรม ดังนั้นความพยายามในการปรับปรุงสมบัติโดยกระบวนการต่างๆ จึงจำเป็นต้องอาศัยพื้นฐานความรู้เชิงโลหะวิทยามาใช้ หมวดยุทธศาสตร์อธิบายวัสดุดังกล่าวที่ใช้ในอุตสาหกรรม คือ

ทองสีชมพู

ทองสีชมพู เกิดจากการที่ทอง (Au) รวมตัวกับทองแดง (Cu) เกิดการเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบของธาตุโลหะทั้งสองชนิด ในแบบ AuCu หรือ AuCu₃ ดังแสดงในแผนภาพเฟส (phase diagram) รูปที่ 1 AuCu หรือ AuCu₃ เป็นสารประกอบอินเทอร์เมทัลลิก หรือที่เรียกว่า อินเทอร์มีเดียตเฟส (intermediate phase) ซึ่งอินเทอร์มีเดียตเฟสนี้จัดเป็นกลุ่มย่อย (subset) ของสารประกอบอินเทอร์เมทัลลิกและบ่อยครั้งยังเกิดการใช้ความหมายของคำสองประเภนี้ปะปนกันอยู่

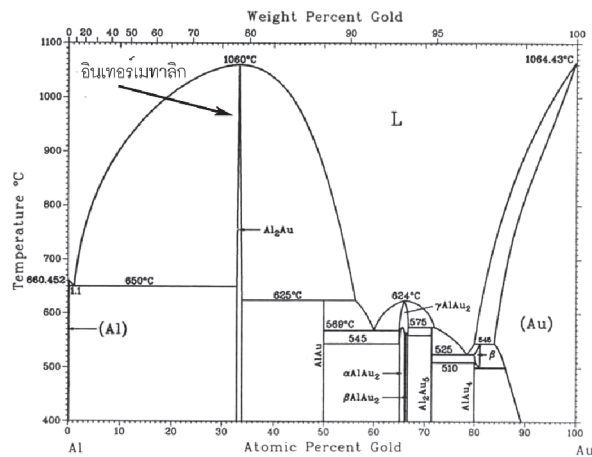
เนื่องจากการศึกษาค้นคว้าวิจัยเป็นเวลานานในด้านกระบวนการผลิตของทองสีชมพูนั้น ซึ่งเป็นที่ทราบคืออยู่ในอุตสาหกรรมเครื่องประดับ [2] ว่าหากต้องการขึ้นรูป กัดผิว หรือ กลึงทองสีชมพู สามารถทำได้โดยให้ความร้อนแก่ชิ้นงาน ประมาณ 500-600 องศาเซลเซียส ระหว่างการขึ้นรูปการผลิต สำหรับงานหล่อหากต้องการผลิตทองสีชมพูให้มีความเปราะน้อยนั้นสามารถทำได้โดยหลังจากการหล่อ ก็จะต้องทำการจุ่มน้ำอย่างรวดเร็ว (quench) เพื่อป้องกันการตกผลึกของ AuCu หรือ AuCu₃ ของทองที่ 18 เค และ 14 เค ตามลำดับ ซึ่งเป็นสาเหตุของความเปราะ โดยในทางปฏิบัติส่วนใหญ่หลังการหล่อโลหะจะถูกเก็บไว้ในกระบอกลูกปืนต้นแบบไม่เกิน 5 นาที และทำการจุ่มน้ำเพื่อนำชิ้นงานออก โดยมีวัตถุประสงค์ป้องกันการตกตะกอนของผลึก AuCu หรือ AuCu₃ อย่างไรก็ตามการควบคุมการตกผลึกเป็นไปได้ยาก ซึ่งเป็นผลที่ตามมาเมื่อนำทองสีชมพูไปใช้ระหว่างกระบวนการฝึงที่จำเป็นต้องทำการกดโลหะเพื่อให้ยึดลงบนพลอย ในระหว่างขั้นตอนนี้อาจเกิดการแตกร้าวของโลหะนั้นๆ ได้



รูปที่ 1 แผนภาพเฟสของระบบทองและทองแดงให้สีทองเป็นสีชมพูและเกิดการเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบในพื้นที่ AuCu และ AuCu₃ ของทองที่ 18 เค และ 14 เค ตามลำดับ [3]

ทองสีม่วง

ทองสีม่วง (purple gold) เป็นสารประกอบอินเทอร์เมทัลลิก มีสูตรทางเคมี และการจัดเรียงตัวแบบ AuAl_2 ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีนี้ให้สีม่วงถูกผสมในช่วงส่วนประกอบของร้อยละ 78.5-83.5 โดยน้ำหนักของทองผสมกับอลูมิเนียม ดังแสดงในรูปที่ 2 ดังนั้นจึงสามารถประทับตราฮอลมาร์คเป็นทอง 18 เค ในปัจจุบันได้มีการจดสิทธิบัตรทางด้านทองสีม่วงมากมาย แต่มีเพียงลิขสิทธิ์เดียวที่ถูกนำมาใช้ในเชิงพาณิชย์คือที่ประเทศสิงคโปร์



รูปที่ 2 แผนภาพเฟสของระบบทองและอลูมิเนียมให้สีทองเป็นสีม่วง แนวเส้นแสดงอินเทอร์เมทัลลิก [3]

กระบวนการผลิตทองสีม่วงสามารถทำได้หลายกระบวนการและได้สมบัติของวัสดุที่ต่างกันออกไป เช่น การหล่อ การเคลือบผิว การซินเทอริง (sintering) การขึ้นรูปด้วยความร้อน (hot forming)

- การหล่อจะต้องทำภายใต้สุญญากาศ โดยทั่วไปงานทองสีม่วงที่ประเทศสิงคโปร์มีการเติมธาตุ 0.5-4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของแพลลาเดียม (Pd) 0.5-4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของนิกเกิล (Ni) ผสมกันระหว่าง Pd-Ni ในอัตราส่วนอย่างมากที่ 4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก [4] และสถาบัน Mintek ที่แอฟริกาใต้ได้หล่อทองสีม่วงเช่นกันแต่ทำการเจียรไนเป็นเหลี่ยมเลียนแบบอัญมณี โดยมีทองสีม่วงที่ได้นั้นทำการเลียนแบบเป็นอัญมณีซึ่งมีความแข็งแรงแต่เปราะ
- การทำเคลือบบนพื้นผิว (surface coating) มีการกล่าวจากกลุ่มผู้เชี่ยวชาญว่าสามารถพ่นอัลลอยทองสีม่วงภายใต้ความร้อน (thermal spraying) แล้วได้ทองสีม่วงไปเกาะติดที่พื้นผิวอัลลอยทองแต่ยังไม่มีการเปิดเผยข้อมูลในเชิงวิชาการ
- การขึ้นรูปจากผงโลหะ (powder metallurgy) การผลิตแบบนี้ทำได้โดยการเติม 7-30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ของโคบอลต์ นิกเกิล หรือ แพลลาเดียม ที่เป็นผงลงในผงของสารประกอบอินเทอร์เมทัลลิก AuAl_2 แล้วนำไปให้ความร้อนและความดันโดยการผลิตแบบวิธีนี้จะมีความสามารถในการขึ้นรูปในระดับที่น่าพอใจ [5]

- คอมโพสิต โดยการชุบเคลือบอลูมิเนียมบนลวดทอง และชุบเคลือบทองบนลวดอลูมิเนียม จากนั้นก็นำลวดมารวมกันและนำไปดึงและให้ความร้อน ก็สามารถทำให้ลวดทองสีม่วงมีความเหนียวและยืดหยุ่น [6]

ทองสีฟ้า และแพลตตินั่มสีเหลือง

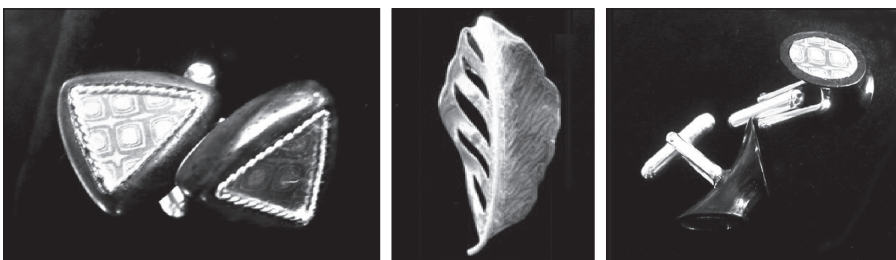
อัลลอยในกลุ่มหลังนี้ยังไม่มีการพัฒนาและเกิดการนำมาใช้งานในเชิงอุตสาหกรรมอย่างแท้จริง เช่น ทองสีฟ้าที่เกิดมาจากอินเทอร์เมทัลลิกของทองและอินเดียม (In) หรือทอง และแกเลียม (Ga) หรือแพลตตินั่มสีเหลืองที่เกิดมาจากอินเทอร์เมทัลลิกของแพลตตินั่มและอลูมิเนียม

กลุ่มวัสดุทางการขึ้นรูปของเชิงกล

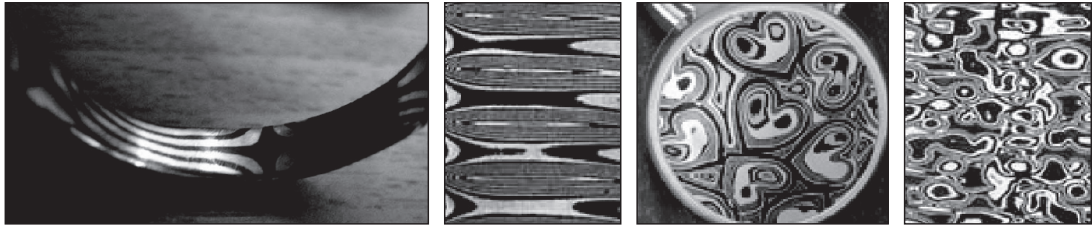
แม้ว่าจะมีการนำเอาเทคโนโลยีเข้ามาใช้ในกระบวนการผลิต ก็ยังต้องผสมผสานระหว่างการใช้เทคโนโลยีกับการใช้มือและความชำนาญในการประดิษฐ์ การขึ้นรูปชิ้นส่วนเครื่องประดับในที่นี้คือการแปรรูปโลหะอย่างถาวร (plastic deformation) ซึ่งจำเป็นต้องผสมผสานความรู้ระหว่างโลหะวิทยา และศิลปะเข้าด้วยกัน จึงทำให้เกิดการพัฒนารูปแบบของเทคนิคและการนำมาผลิตอย่างจริงจังเป็นไปค่อนข้างช้า ส่วนในประเทศไทยเทคนิคนี้ยังเป็นเพียงการทดลองหรืองานวิจัยเท่านั้น ทั้งนี้หากมีการศึกษาอย่างจริงจัง จะช่วยเสริมทำให้เกิดความสวยงามที่มีเอกลักษณ์และสามารถส่งเสริมการผลิตเครื่องประดับในประเทศไทยได้มากขึ้นอีกทางหนึ่ง

โมกุกะกาเน่ (Mokume Gane) เป็นภาษาญี่ปุ่น แยกความหมายตามคำโดย Mokume แปลว่า ลายของเนื้อไม้ และ Gane แปลว่า โลหะ ในภาษาไทยอาจแปลได้ว่า โลหะที่มีลวดลายคล้ายไม้ เทคนิคการผลิตมีหลักการสำคัญ คือ การใช้ความร้อนและความดันทำให้แผ่นโลหะต่างชนิดต่างสีจำนวนหลายๆ ชั้น ประสานติดกันและเกิดเป็นโครงสร้างเนื้อเดียวกัน โดยใช้หรือไมใช้น้ำประสาน (หากใช้น้ำประสานอาจทนทานต่อแรงบิดในการทำลวดลายได้น้อยกว่า) และใช้เทคนิคต่างๆ ในการขึ้นรูป เพื่อให้ได้แบบและลวดลายที่ต่างกัน เช่น แหวน ต่างหู จี้ ฯลฯ ดังแสดงในรูปที่ 3 เป็นผลงานที่ผลิตได้ในมหาวิทยาลัย และรูปที่ 4 เป็นตัวอย่างลวดลายที่ผลิตในต่างประเทศ

ในการแปรรูปโลหะอย่างถาวร แรงกระทำต้องสูงกว่าจุดยืด (elastic limit) ของโลหะชนิดนั้นๆ โลหะแต่ละชนิดมีจุดยืดไม่เท่ากัน เช่น เหล็กกล้ามีจุดยืดสูงกว่าทองแดง ในการแปรรูปเหล็กกล้าไม่จะเป็นการรีด การดึง การตี ฯลฯ ต้องใช้แรงกระทำสูงกว่าทองแดงในการแปรรูปด้วยกรรมวิธีเดียวกัน การขึ้นรูปโลหะด้วยกรรมวิธีนี้จำเป็นต้องอาศัยความเข้าใจในเรื่องจุดยืดที่ใกล้กันของโลหะแต่ละชั้นของการทำลวดลายนั้นๆ



รูปที่ 3 แสดงผลิตภัณฑ์ต่างๆ ที่ได้จากเทคนิคโมกุกะกาเน่



รูปที่ 4 แสดงลวดลายต่างๆ ตามพื้นผิวที่สามารถดัดแปลงตามต้องการ

กลุ่มวัสดุทางการขึ้นรูปแบบซินเทอร์

การขึ้นรูปจากผงโลหะ ที่เรียกว่า เมทัลเคลย์ (metal clay) มีข้อดีเมื่อเปรียบเทียบกับ การทำตัวเรือนเครื่องประดับในแบบดั้งเดิม คือสามารถขึ้นรูปโลหะตามต้องการได้ และสามารถลดขั้นตอนการฝังพลอย การลงสี และการทำลวดลาย รวมทั้งสามารถทำชิ้นส่วนประกอบ (findings) ได้ อย่างไม่มีรูปแบบที่จำกัด โดยสามารถนำเมทัลเคลย์ ซึ่งมีลักษณะคล้ายดินเหนียว มาขึ้นเป็นรูปร่างต่างๆ ตามความต้องการ และทำให้ชิ้นงานแห้ง โดยการอบหรือเผาให้ความร้อน หลังจากนั้นสามารถขัดตกแต่ง เพื่อให้ชิ้นงานมีความเงางามด้วยอุปกรณ์ต่างๆ เช่น แปรงสแตนเลส กระดาษทราย หรือ ผ้าขัด เป็นต้น

กรรมวิธีการผลิตเมทัลเคลย์ที่สำคัญ คือต้องเลือกใช้สัดส่วนของขนาดของอนุภาคโลหะ ชนิดของตัวประสาน (binder) ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้สารอินทรีย์จำพวกเซลลูโลส (cellulose) และสารเติมแต่ง (additive) ที่เหมาะสม เพื่อให้เหมาะแก่การขึ้นรูป และการเผาซินเทอร์ ในปัจจุบัน เมทัลเคลย์ได้มีการจดสิทธิบัตร เช่น ซิลเวอร์เคลย์ [7] และมีใช้ในเชิงพาณิชย์ แต่ยังมีราคาค่อนข้างสูงในการผลิตเป็นจำนวนมาก ดังนั้นจึงยังต้องการในการพัฒนาเพื่อให้เหมาะสมกับอุตสาหกรรม

เอกสารอ้างอิง

1. Russell, A. M. and Lee, K. L. 2005. Structure-Property Relations in Nonferrous Metals. Wiley. New York p. 474.
2. Wise, E. M. 1964. Gold; Recovery, Properties and Applications. Canada. D. Van Nostrand Co., Ltd. p. 108.
3. Binary Alloy Phase diagrams. ASM. 1987.
4. Loh, P. C. 2005. US patent 6,929,776.
5. Shigeru, M. 1987. JP 62, 240, 729.
6. Yukio, M. 1992. JP 4,176,829.
7. Hirasawa, J. and Ido, Y. 2005. US patent 7,081,149.

ได้รับบทความวันที่ 20 ตุลาคม 2549

ยอมรับตีพิมพ์วันที่ 19 เมษายน 2550