

Material Characterization

ธนาภรณ์ โกราชภรณ์
ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ



เหรียญกษาปณ์ไทย

ทำจากอะไร...

หากคุณเป็นคนหนึ่งที่สนใจสิ่งต่างๆ รอบตัว และมักจะพิจารณาสິงของเครื่องใช้ที่พบเห็นในชีวิตประจำวันว่าสิ่งเหล่านั้นทำจากอะไร ทำได้อย่างไร และมีขั้นตอนอย่างไร นั้นหมายความว่า คุณกำลังมีความสนใจที่จะหาเหตุผลด้วยคำถามว่า “ทำไม” หรือ “อย่างไร” มากกว่าเพียงถามว่า “อะไร” และเพื่อให้สอดคล้องกับเนื้อหาประจำฉบับ บทความนี้จึงขอเสนอรายละเอียด ที่หลายท่านสนใจทราบว่า **เหรียญกษาปณ์** ทำจากวัสดุอะไรและมีมาตรฐานที่เกี่ยวข้องอย่างไรบ้างพอสังเขป

ทุกครั้งเมื่อคุณหยิบเหรียญสตางค์ขึ้นมาใช้ (เช่น เพื่อชำระค่าโดยสารรถประจำทาง) คุณคงทราบดีว่าเหรียญเหล่านี้ผลิตจากโลหะ แต่จะเป็นโลหะชนิดใดนั้นจะถามพนักงานเก็บค่าโดยสาร ก็คงจะไม่เหมาะ จะเก็บความสงสัยไว้ในใจก็อาจจะอึดอัด ลองสอบถามมาที่งานบริการทางโลหะและวิศวกรรม (METALS) ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ ที่นี้มีบุคลากรที่มีความรู้ ทักษะในการตรวจสอบโลหะและให้คำแนะนำทางด้านโลหะได้อย่างลึกถึงแก่นในเรื่องต่างๆ เกี่ยวกับโลหะที่คุณต้องการทราบคงจะเป็นการดี

เริ่มต้น ลองพิจารณาสภาพปรากฏและสีของเหรียญ พบว่าเหรียญกษาปณ์ของไทยประกอบด้วยเหรียญที่ผลิตด้วยวัสดุเพียง 2 ชนิด ได้แก่ สีเหลืองลักษณะเดียวกับทองเหลือง ซึ่งพบในเหรียญ 25 สตางค์ 50 สตางค์ และส่วนกลางของเหรียญ 10 บาท สีบรอนซ์-ตะกั่ว สีเงิน หรือสีขาว สุดแต่ใครจะเรียก พบในเหรียญ

1 บาท เหรียญ 5 บาท และส่วนขอบของเหรียญ 10 บาท ซึ่งโดยความเข้าใจว่าเหรียญกษาปณ์ของไทยจะผลิตจากวัสดุเพียง 2 ชนิด เนื่องจากความเหมาะสมในแง่การเลือกวัสดุและการนำกลับมาใช้ซ้ำ



ภาพที่ 1 เหรียญ 1 บาท และเหรียญ 25 สตางค์
สำหรับการตรวจวิเคราะห์

ในการศึกษาตัวอย่าง เรานำเหรียญบาทและเหรียญ 25 สตางค์ มาอย่างละ 1 เหรียญ ซึ่งเป็นเหรียญที่มีสภาพสมบูรณ์ จากนั้นจึงเริ่มการตรวจสอบและวิเคราะห์ทางโลหะวิทยา โดยเลือกการตรวจวิเคราะห์เพียง 2 รูปแบบ ได้แก่

1. การวิเคราะห์ส่วนผสมทางเคมี ด้วยเทคนิค Emission Spectrometry

2. เทคนิคกล้องจุลทรรศน์แบบแสง หรือ Optical microscopy เพื่อตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค

เพื่อการเชื่อมโยงข้อมูลตามสมมุติฐานในเบื้องต้นว่าเหรียญกษาปณ์ซึ่งเมื่อพิจารณารูปแบบการผลิตที่น่าจะ

ประหยัดและรวดเร็วสำหรับการผลิตปริมาณมากในรูปแบบผลิตภัณฑ์แบบราบ ขอบตัด และมีผิวเรียบเป็นลวดลายการผลิตที่เหมาะสมที่สุดควรเป็นการผลิต ด้วยกระบวนการทุบขึ้นรูปจากแผ่น (stamping) วัตถุดิบที่ใช้คือโลหะแผ่นที่ผ่านการรีดขึ้นรูป (rolling) โดยเหรียญ 25 และ 50 สตางค์ น่าจะผลิตจากโลหะในกลุ่มทองเหลือง ส่วนเหรียญ 1 บาทและ 5 บาท น่าจะผลิตจากโลหะกลุ่มอื่น ซึ่งมีน้ำหนักค่อนข้างมากและไม่เกิดสนิม ดังนั้นจึงไม่ควรเป็นโลหะกลุ่มเหล็ก



ภาพที่ 2 เหรียญตัวอย่างผ่านการหล่อขึ้นรูปในเรซินใส



ภาพที่ 3 โครงสร้างจุลภาคของเหรียญ 25 สตางค์ ถ่ายที่กำลังขยาย 100 เท่า ปรากฏโครงสร้างและเกรนชนิดแถบคู่แฝด



ภาพที่ 5 โครงสร้างจุลภาคของเหรียญ 25 สตางค์ ถ่ายที่กำลังขยาย 100 เท่า ใน dark field mode ลักษณะเดียวกับภาพเนกาทีฟ ช่วยให้เห็นขอบเกรนและเส้นแบ่งระหว่างแถบคู่แฝดได้ชัดเจนมากขึ้น

ขั้นแรก นำเหรียญตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์มาหล่อลงในแบบหล่อขึ้นรูป (mounting) เพื่อให้จับยึดได้ง่ายในการขัดผิวหน้าให้เรียบ และนำไปวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคตามขั้นตอน คือ ขัดหยาบ (grinding) เพื่อปรับผิวหน้าให้แบบราบ จากนั้นจึงขัดละเอียดโดยใช้กระดาษทรายที่มีขนาดเม็ดทรายที่ละเอียดมากขึ้นตามลำดับ เริ่มจากกระดาษทรายเบอร์ 120, 220, 320, 500, 800, 1000, 1200 และ 2400 ตามลำดับ แล้วขัดเตรียมผิวขั้นสุดท้ายด้วยผงขัดขนาด 6 ตามด้วย 3 และ 1 ไมครอนบนผ้าสักหลาด ก่อนนำเข้าสู่กระบวนการกัดผิวหน้าด้วยกรด (etching) โดยกรดที่เลือกใช้ได้แก่ กรดเฟอร์ริกคลอไรด์ (ferric chloride) สำหรับเหรียญ 25 สตางค์ และกรด marble reagent สำหรับเหรียญ 1 บาท โดยกรดจะทำหน้าที่กัดผิวหน้า โดยเฉพาะขอบเกรน (grain boundary) ช่วยให้เกิดเส้นแบ่งระหว่างเกรนในโลหะที่มีรูปทรงต่าง ๆ และเส้นแบ่งระหว่างเฟส (phase) ทั้งหมดนี้เรียกว่าโครงสร้างระดับจุลภาค ซึ่งสามารถบอกได้ว่าชิ้นงานหรือสิ่งที่ตรวจสอบอยู่ ผ่านกระบวนการผลิตที่มีรายละเอียดอย่างไร



ภาพที่ 4 โครงสร้างจุลภาคของเหรียญ 1 บาท ถ่ายที่กำลังขยาย 200 เท่า ปรากฏโครงสร้างและเกรนชนิดแถบคู่แฝด



ภาพที่ 6 โครงสร้างจุลภาคของเหรียญ 25 สตางค์ ถ่ายที่กำลังขยาย 90 เท่า จากกล้องระบบ video printer ซึ่งปรากฏเส้นแบ่งภายในโครงสร้างและเกรนชนิดแถบคู่แฝดชัดเจนมากขึ้น

ผลการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคของเหรียญตัวอย่างทั้งสอง พบว่าโครงสร้างจุลภาคชนิดเดียวกันคือโครงสร้างเกรนที่ประกอบด้วยแถบคู่แฝดภายใน ซึ่งเป็นรูปแบบของโครงสร้างจุลภาคชนิดแอลฟา (α) ที่ผ่านกระบวนการขึ้นรูปด้วยแรงทางกล เกิดการเคลื่อนของแนวการเรียงตัวในระดับอะตอม ปรากฏในรูปแถบซึ่งมีชื่อเรียกว่า “แถบคู่แฝด” หรือ twinning band และสอดคล้องกับสมมติฐานของการผลิตขึ้นรูปเหรียญกษาปณ์ที่ผลิตด้วยกระบวนการทุบขึ้นรูปแบน โดยที่แถบคู่แฝดสามารถเกิดขึ้นได้ตั้งแต่กระบวนการเตรียมวัตถุดิบแผ่น เนื่องจากหากเป็นการรีดเย็น (cold rolling) พลังงานที่ใช้ในการแปรรูปจะมีค่าเพียงพอสำหรับการเกิดแถบคู่แฝด แต่หากเป็นการรีดร้อนหรือมีการอบหลังการรีด พลังงานความร้อนที่มากพอก็สามารถทำให้แถบคู่แฝดกลับคืนสภาพไปสู่โครงสร้างชนิดแอลฟาแบบปกติได้

ผลการตรวจวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาค สามารถระบุได้ว่าเหรียญตัวอย่างผ่านการขึ้นรูปขั้นสุดท้ายด้วยกระบวนการทุบขึ้นรูปแบนในขณะเย็น (cold stamping) ซึ่งทำให้เกิดโครงสร้างแถบคู่แฝดดังกล่าวนั่นเอง

การตรวจวิเคราะห์ส่วนที่สอง คือการวิเคราะห์ส่วนผสมทางเคมี ซึ่งจะช่วยให้เราสามารถระบุชนิดของโลหะได้ว่าเป็นโลหะหรือโลหะผสมชนิดใด เกรดตามมาตรฐานอุตสาหกรรมในระดับสากลคืออะไร

ด้วยเทคนิค Emission Spectrometry ซึ่งเป็นการตรวจสอบแบบทำลาย ทำให้เกิดการหลอมบนพื้นที่ผิวบริเวณเล็ก ๆ บนเหรียญ สามารถยืนยันส่วนผสมทางเคมีของเหรียญตัวอย่างทั้งสองได้ดังนี้

● เหรียญ 1 บาท ส่วนผสมทางเคมีประกอบด้วย ทองแดง (Cu) 74.91% นิกเกิล (Ni) 24.50% เหล็ก (Fe) 0.022% ซิลิคอน (Si) 0.005% แมงกานีส (Mn) 0.187% ซัลเฟอร์ (S) 0.008% และแมกนีเซียม (Mg) 0.3% ซึ่งสามารถระบุส่วนผสมหลัก คือ ทองแดงและนิกเกิล ในสัดส่วน 75:25 โดยประมาณ โลหะดังกล่าวมีส่วนผสมสอดคล้องกับโลหะทองแดงผสมนิกเกิล (copper-nickel alloy) ซึ่งมีชื่อเรียกเฉพาะว่า “คิวโปร-นิกเกิล” (Cupro-Nickel) และมีโครงสร้างจุลภาคชนิดแอลฟา สามารถเกิดแถบคู่แฝดจากการขึ้นรูปแบนได้ และรายละเอียดตรงตามมาตรฐาน C71300 ของสหรัฐอเมริกา

ด้วยการผสมนิกเกิลเพียง 10 ถึง 15 เปอร์เซ็นต์ สีสของโลหะผสมจะเปลี่ยนเป็นสีของนิกเกิลเพียงอย่างเดียว สมบัติเด่นของโลหะชนิดนี้คือ สามารถขึ้นรูปแบนได้ดี มีความต้านทานการกัดกร่อนที่ดีมาก โดยเฉพาะการกัดกร่อนในลักษณะไฟฟ้าเคมี (electro-chemical corrosion) นิยมใช้เป็นอุปกรณ์ในระบบการกลั่นและระบบที่เกี่ยวข้องกับกำลังงานไฟฟ้าและการกัดกร่อนอื่น ๆ เช่น โรงต้นกำลัง (power plant) และอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (heat exchanger) ที่ติดตั้งตามชายฝั่งหรือเรือเดินสมุทร เป็นต้น

ทองแดงผสมนิกเกิลชนิด 75:25 นี้ ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเหรียญในระดับสากลเช่นกัน ซึ่งอาจเรียกว่าโลหะที่ใช้ทำเหรียญโดยเฉพาะ หรือใช้ทำเหรียญเงินก็ได้

● เหรียญ 25 สตางค์ ส่วนผสมทางเคมีประกอบด้วย ทองแดง (Cu) 91.66% อะลูมิเนียม (Al) 6.04% นิกเกิล (Ni) 2.030% ดีบุก (Sn) 0.025% สังกะสี (Zn) 0.151% เหล็ก (Fe) 0.046% แมงกานีส (Mn) 0.030% และซิลิคอน (Si) 0.025% สามารถระบุส่วนผสมหลักคือ ทองแดงอะลูมิเนียมและนิกเกิล การมีส่วนผสมหลักดังกล่าว สอดคล้องกับโลหะทองแดงผสมทองแดง-อะลูมิเนียม ซึ่งเรียกว่าอะลูมิเนียมบรอนซ์ (aluminium bronze) มีโครงสร้างจุลภาคประกอบด้วยโครงสร้างแอลฟา สามารถเกิดแถบคู่แฝดได้เช่นเดียวกัน รายละเอียดใกล้เคียงเกรดมาตรฐานของสหรัฐอเมริกา 2 เกรด คือ C61500 (90.0Cu, 8.0Al, 2.0Ni) และ C64200 (91.2Cu, 7.0Al) ซึ่งเป็นโลหะชนิดที่สามารถขึ้นรูปในขณะร้อนหรือเย็นได้ดี และมีสมบัติต้านทานการกัดกร่อนดี ใช้ผลิตเป็นอุปกรณ์และชิ้นส่วนเครื่องจักรต่าง ๆ ที่ต้องการความแข็งแรง ขึ้นรูปได้ง่ายและทนทานต่อการกัดกร่อน เช่น เกียร์ สลัก และสกรู เป็นต้น ถึงแม้จะไม่ได้ระบุเพื่อการใช้งานผลิตเหรียญกษาปณ์โดยตรง อย่างไรก็ตาม สมบัติที่กล่าวถึงก็เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ของการนำไปใช้ผลิตเป็นเหรียญกษาปณ์ได้เช่นกัน

เอกสารอ้างอิง

1. มนัส สติรจินดา, โลหะนอกกลุ่มเหล็ก, สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2538
2. ASM HANDBOOK Vol. 2, Properties and Selection Nonferrous Alloys and Special-Purpose and Materials, ASM International

