



บทที่ 4

การอัดขึ้นรูป

ขบวนการขึ้นรูปเซรามิกโดยการอัด (Ceramic Pressing Process) โดยทั่วไปจะใช้กับชิ้นงานที่มีขนาดไม่ใหญ่นัก และต้องการความเที่ยงตรงสูง ที่นิยมใช้กันมี 2 แบบคือ การอัดแบบกึ่งแห้ง (Semi Dry Pressing) และ การอัดแบบแห้ง (Dry Pressing) ดินผสมที่ใช้ในการขึ้นรูปมีลักษณะเป็นเม็ดพรุน

4.1 การอัดแบบกึ่งแห้ง (Semi Dry) คือการอัดเนื้อดินผสมที่มีปริมาณน้ำอยู่ในส่วนผสมประมาณ 10-20 เปอร์เซ็นต์ ความดันในการอัดจะมากถ้าหากมีส่วนผสมของน้ำน้อย ภายใต้แรงกดที่เพียงพอ เนื้อของดินผสมจะเกิดการไหลแบบพลาสติก (Plastic Flow) เข้าไปเติมบริเวณช่องว่างภายในแม่พิมพ์ ถึงแม้ว่าเนื้อของดินผสมจะปรากฏเป็นเม็ดแต่ภายใต้ความดันของแรงกด เม็ดดินจะประสานกันเป็นเนื้อเดียว ชิ้นงานที่ผ่านการอัดค่อนข้างเปราะ และจะมีครีบแลบออกมาบริเวณที่เนื้อดินผสมส่วนเกินถูกบีบออกมาจากแม่พิมพ์และก็ยังมีการหดตัว (Shrinkage) ในขณะที่ตากให้แห้ง ชิ้นงานที่ผ่านการเผาแล้วนั้นความแน่นจะน้อยกว่าการอัดแบบแห้ง เนื้อของงานจะมีความพรุนมากกว่า การอัดแบบนี้ชิ้นงานที่ใช้ในทางไฟฟ้านั้นสามารถใช้ได้กับงานความต่างศักย์ต่ำหรือความถี่ต่ำเท่านั้น การอัดแบบกึ่งแห้งสามารถใช้ได้อย่างกว้างขวางสำหรับผลิตชิ้นงานเพื่อการก่อสร้าง เช่นกระเบื้องและอิฐ และการอัดแบบกึ่งแห้งนี้สามารถใช้ในการผลิตแบบ อัตโนมัติ เต็มรูปแบบได้ (Fully Automatic)

4.2 การอัดแบบแห้ง (Dry Pressing) ส่วนผสมของดินในการอัดแบบนี้จะมีดินเหนียวเป็นส่วนมาก ความชื้นมีเพียงไม่เกิน 4% และในการอัดไม่ใช้การไหลแบบพลาสติกแบบเดียวกับการอัดกึ่งแห้ง แต่จะเป็นการอัดดินผสมที่ใส่ไว้ในแม่พิมพ์ให้ยุบตัวอัดแน่นลงไป ดังนั้นจึงต้องมีการผสมสารที่เป็นสารหล่อลื่น และการผสมเม็ดดิน ซึ่งเป็นวัตถุดิบสามารถแข็งตัวเมื่อเผาไฟ การอัดแบบแห้งนี้ขณะตากแห้งจะมีการหดตัวน้อยมาก จนสามารถจะตัดระยะตากแห้งออกไปได้ ซึ่งสามารถใช้การอัดแบบนี้ในงานที่ต้องการความเที่ยงตรงสูงจนวงไฟฟ้าที่ต้องการความแข็งแรงสูงและชิ้นงานที่ต้องการป้องกันการรั่วของสูญญากาศเป็นพิเศษ การอัดแบบแห้งสามารถทำได้แบบอัตโนมัติ เนื่องจากว่าดินผสมแบบนี้จะไม่มีดินเหนียว และชิ้นงานแข็งแรงอย่างไรก็ตามต้องจำไว้ว่าจะไม่มีการไหลของเนื้อดินปรากฏขึ้นภายใต้ความดัน ดังนั้นปริมาณเนื้อดินจะต้องถูกต้อนแน่นเอนขณะใส่ลงไปในแม่พิมพ์ก่อนการอัดจะเริ่มขึ้นและจะไม่มีครีบส่วนเกิน

ถูกบีบออกมาระหว่างชิ้นส่วนของชิ้นงาน

ในการออกแบบแม่พิมพ์ สำหรับการอัดแห้งนี้ แม่พิมพ์จะต้องออกแบบเพื่อไว้สำหรับใส่ดินผสมที่หลวม ๆ ก่อนการอัดให้ยุบตัวด้วยปริมาณที่ถูกต้อง การอัดกระเบื้องและอิฐ สามารถทำได้โดยตรง โดยใช้แม่พิมพ์ 2 ชั้น โดยการอัดแบบกึ่งอัตโนมัติหรืออัตโนมัติก็ได้ ในขณะที่ต้องการชิ้นงานรูปร่างซับซ้อน ก็จำเป็นต้องเพิ่มจำนวนชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหว (Moving Part) ในส่วนล่างของแม่พิมพ์ซึ่งในการอัดแบบนี้อาจต้องใช้สารหล่อลื่นแม่พิมพ์เพื่อป้องกันการเกาะติดของชิ้นงานกับแม่พิมพ์ ซึ่งสารหล่อลื่นนี้อาจได้แก่ ไขมัน, น้ำมัน ซึ่งมีแรงยึดเหนี่ยวกับแม่พิมพ์มากกว่าชิ้นงาน

การอัดแบบแห้งนี้ เป็นอีกวิธีหนึ่งที่เหมาะสมกับการผลิตฉนวนไฟฟ้า แต่จะต้องออกแบบสำหรับการอัดที่ปราศจากการไหล ซึ่งสามารถผลิตชิ้นงานที่มีรูปร่างซับซ้อนยุ่งยาก

ข้อสังเกตในการออกแบบชิ้นส่วนรูปโดยการอัดโดยวิธีอัดแห้งดังนี้

4.2.1 แม่พิมพ์อัด (Punch) จะต้องไม่กดกับแม่พิมพ์ส่วนอื่นโดยตรง และจะต้องมีที่ว่างเพียงพอระหว่าง แม่พิมพ์ 2 ส่วน เพื่อป้องกันการแตกหรือเสียหายของแม่พิมพ์

4.2.2 ถ้ามีรูตำแหน่งของรูควรจะไม่ใกล้กับขอบส่วนนอกมากเกินไปเพื่อป้องกันการแตกของผิวส่วนที่บาง เหมือนกับการป้องกันการหดตัว

4.2.3 หน้าที่ตของชิ้นงานควรสม่ำเสมอช่วยให้ชิ้นงานมีความหนาแน่นสม่ำเสมอ

4.2.4 รูด้านข้างสามารถทำได้โดยใช้สลักในแม่พิมพ์

4.3 สารที่ช่วยปรับปรุงคุณภาพของเนื้อเซรามิค

สารประสาน (Binders), สารหล่อลื่น (Lubricants), หรือสารต่อต้านการเกาะติดแม่พิมพ์ (Anti Sticking Agents), ปริมาณเล็กน้อย มีหน้าที่พอสรุปได้ดังนี้

4.2.1 ตัวประสาน (Binders) มีหน้าที่ 2 อย่างในการอัดแบบแห้ง คือ

- 1) เพื่อเพิ่มการเกาะตัวของเนื้อดินในขณะผสมดินให้ดีขึ้น
- 2) เพื่อเพิ่มความแข็งแรงให้กับชิ้นงานภายหลังการอัดในขณะนำชิ้นงาน

เคลื่อนย้ายไม่ให้เสียหาย

4.2.2 ตัวต่อต้านการเกาะติดแม่พิมพ์ (Anti Sticking Agents) มีหน้าที่ 3 อย่าง คือ

1) ทำหน้าที่หล่อลื่นเพื่อช่วยการไหลตัวของอนุภาคของเนื้อดินภายในแม่พิมพ์ ขณะที่ถูกอัดด้วยความดัน

2) ป้องกันเนื้อดินเกาะติดกับแม่พิมพ์อัดขณะที่เคลื่อนแม่พิมพ์อัดออก

3) ช่วยในการถอดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ได้ง่ายชิ้นงานไม่ติดแน่น

กับแม่พิมพ์ และไส้ (Core Pins)

4.2.3 สารละลายน้ำ (Water Soluble) ขณะที่ตัวผสมที่เป็นของแข็งทำหน้าที่เพิ่มการเกาะตัวของเนื้อดินในขณะผสมดินให้ดี แต่เมื่อน้ำระเหยออกไปหมดแล้วจะไม่มีคุณสมบัติเพิ่มความแข็งแรงให้กับชิ้นงานภายหลังการอัด ดังนั้นมันจึงต้องถูกใช้ร่วมกับ ตัวผสมอีกตัวเมื่อน้ำหมดไปจากชิ้นงาน

หน้าที่เพิ่มความแข็งแรงให้ชิ้นงานนี้ เพื่อเพิ่มแรงยึดเหนี่ยวของตัวผสมตัวแรก ขณะที่ความชื้นของน้ำหมดไป ควรจะเลือกสารจากธรรมชาติซึ่งสามารถใส่เข้าไปกับน้ำขณะผสมในโม้ หรือเครื่องผสมอื่นซึ่งสารนี้ควรจะเป็นสารที่ไม่ระเหย และจะไม่สูญหายไป กับน้ำที่ระเหยจากเนื้อดิน

Stone [3] ได้ค้นคว้าเกี่ยวกับตัวผสมชนิดต่างๆ ได้แก่ เด็กซ์ตริน (Dextrines) และแป้ง (Starchers), ยางเหนียวจากธรรมชาติ (Natural Gums) , สารสังเคราะห์ (Synthetic materials) และขี้ผึ้ง (Waxes) โดยใช้เหมือนกับสารต่อต้านความเหนียว เขาได้แนะนำว่า โดยทั่ว ๆ ไปเราพบว่าใช้สารละลายตัวผสม 3 เปอร์เซ็นต์ผสมกับขี้ผึ้งที่มีจุดหลอมเหลวสูง 3 เปอร์เซ็นต์ ดีกว่าการใช้ตัวผสมเพียงชนิดเดียวขี้ผึ้งสามารถเข้ากับไขมันและกรดไขมัน (Fatty acid) เหมือนกับสารต่อต้านความเหนียว

Lecuir [3] แนะนำการใช้ตัวผสมซึ่งไม่เพียงแต่มีความตึงผิวน้อยแต่ยังมีจุดหลอมเหลวต่ำด้วย ยกตัวอย่างเช่น

ยูเรีย (Urea) มีจุดหลอมเหลว 138° C (280° F) ความตึงผิว 40 dyn/cm ที่ 150° C (302° F)

สเตียรีน (Stearine) จุดหลอมเหลว 69° C (156° F) ความตึงผิว 35 dyn/cm ที่ 150° C (302° F)

การกระจายของน้ำมันและสารอื่น ๆ ที่ไม่ละลายน้ำปริมาณเล็กน้อยอย่างสม่ำเสมอในเนื้อดินผสมทั้งหมดเป็นเรื่องที่ยาก ไม่สามารถกระทำได้โดยเครื่องผสม น้ำมันจะทำให้เกิดฟิล์มบางๆ ที่ผิวด้านนอกของเม็ดดิน และเมื่อถูกอัดมันจะทำการแยกเม็ดดินบริเวณที่มีน้ำมันอยู่ และจะระเหยไปหรืออาจไหม้ไฟในขณะเผา ทำให้เกิดการแตกได้ ในเนื้อดินที่พรุนอาจไม่สังเกตเห็นสิ่งเหล่านี้ แต่ในเครื่องปั้นดินเผาซึ่งปั้นรูปโดยการอัดแล้วสามารถดูดซึมน้ำได้ 0.5-2.0 เปอร์เซ็นต์ ปัญหานี้สามารถทำให้หมดไปโดยทำให้น้ำมันทำปฏิกิริยากับ สารที่เป็น อัลคาไล (Alkali)

4.4 การเตรียมเนื้อดินผสมสำหรับการอัดแบบแห้ง

สำหรับงานเครื่องปั้นดินเผาทั่ว ๆ ไป เนื้อดินผสมสามารถดัดแปลงมาใช้ในการอัดแบบแห้งได้ เนื้อดินจะถูกเตรียมได้โดยการโม่ทั้งแบบเปียกและแบบแห้ง และผสมกับน้ำด้วยปริมาณที่ถูกต้อง สารต่าง ๆ เช่น ตัวผสม, ต่อต้านความเหนียว, ตัวหล่อลื่นจะถูกใส่เข้าไปในขั้นนี้

เนื้อดินจะต้องหมักทิ้งไว้ 24-72 ชม. เพื่อให้น้ำได้ซึมและกระจายไปทั่วทั้งเนื้อดินผสม ถ้าปราศจากการทำแบบนี้แล้ว ชิ้นงานอาจร้าวหรือเป็นรอยได้จากการทดสอบชิ้นงานที่ผ่านการหมัก 24 ชม. Ref [3] จะเห็นว่าความแข็งแรงขณะแห้งเพิ่มขึ้นจาก 235 ปอนด์/ตารางนิ้ว เป็น 340 ปอนด์/ตารางนิ้ว (16.5-23.9 กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร) หรือประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์

หลังจากผสมดินกับสารต่าง ๆ ด้วยส่วนผสมที่ถูกต้องแล้ว น้ำ, ตัวหล่อลื่น และตัวผสมจะต้องทำให้เนื้อดินผสมเป็นเม็ดเล็ก ๆ ถ้าเป็นเม็ดละเอียดเกินไปเป็นการยากที่จะลำเลียงโดยผ่านสายพานลำเลียงหรือท่อ เพื่อจะใส่ลงในแม่พิมพ์เพราะว่าเนื้อดินผสมจะไม่ไหลเหมือนกับวัสดุที่เป็นเม็ด และในการอัด ผุนละเอียดจะฝังกระจายทำให้เป็นอันตรายต่อสุขภาพ และยังทำให้เนื้อของชิ้นงานมีส่วนผสมไม่สมดุล ไม่เพียงแต่ดินผสมที่เป็นเม็ดจะไหลได้ดีในการลำเลียง แต่มันสามารถอัดตัวและยุบตัวได้ดีในแม่พิมพ์ ขนาดของเม็ดดินผสมจะต้องอยู่ในช่วงที่เมื่อเติมลงไปแม่พิมพ์แล้ว น้ำหนักของชิ้นงานมีขนาดคงที่เท่ากันตลอด ถ้าแม่พิมพ์เติมด้วยเม็ดดินขนาดใหญ่ในครั้งแรกแล้วครั้งหลังเป็นเม็ดดินที่เล็ก จะทำให้ครั้งหลังหนักกว่า และหลังจากเผาไฟแล้วอันหลังยังมีขนาดใหญ่กว่า

เนื้อดินผสมที่ถูกผสมด้วยวิธีเปียก (Wet Method) แล้วจะทำให้แห้ง แล้วทบให้เป็นเม็ดในเครื่องบด แล้วผ่านตระแกรงร่อน แล้วค่อยเติมน้ำที่มีปริมาณถูกต้อง วิธีนี้จะทำให้ได้เม็ดดินผสมค่อนข้างละเอียด และมีความหนาแน่นต่ำ และการกระจายของขนาดเม็ดดินค่อนข้างดีกว่าแบบแห้ง

4.5 การอัด (pressing)

การเลือกอุปกรณ์ที่ใช้ในการอัดมีให้เลือก 2 อย่างขึ้นอยู่กับความดันที่ใช้ คือ

- 1) ถ้าความดันในการอัดไม่เกิน 10,000 ปอนด์/ตารางนิ้วหรือ 703-กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ปกติทั่วไปจะใช้ ข้อเหวี่ยง (Crank) , เอกซ์เซนตริก (Eccentric) , ท็อกเกิล (Toggle) , สกรู (Screw)
- 2) ถ้าความดันในการอัดไม่เกิน 100,000 ปอนด์/ตารางนิ้วหรือ 7030 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตรจะใช้การอัดด้วยลม (Pneumatic) และไฮดรอลิก (Hydraulic)

Press)

สำหรับการอัดด้วยไฮดรอลิกนี้ได้ถูกเลิกใช้ไปนาน แต่ปัจจุบันนี้ได้นำกลับมาใช้อีกครั้งอย่างแพร่หลายเนื่องจากสามารถผลิตชิ้นงานด้วยอัตราค่อนข้างสูงและยังมีเสียงดังน้อยมาก สำหรับการผลิตชิ้นงานขนาดเล็กเป็นจำนวนมาก จะใช้เครื่องผลิตที่เรียกว่า ทาบูลเลตติ้ง แมชชีน (Tabulating machine) ในอุตสาหกรรมการผลิตเซรามิก

เนื่องจากการส่งผ่านความดันในเนื้อดินผสมเป็นแผ่นค่อนข้างเร็ว ดังนั้นในบางครั้งอาจต้องการอัดจากทั้งด้านบนและด้านล่างเพื่อให้ชิ้นงานสม่ำเสมอ

4.6 การอัดแบบกึ่งแห้งสำหรับกระเบื้องแผ่น

สำหรับกระเบื้องแผ่นราบสามารถผลิตโดยอัดโนมิตี สำหรับที่เป็นแบบโค้งนั้น การอัดแบบกึ่งอัดโนมิตีจะดีกว่า และสำหรับกระเบื้องที่มีรูปร่างซับซ้อนนั้น ควรจะกระทำด้วยมือ

สำหรับเนื้อดินผสมทั่วไปเป็นดินเหนียวมีความชื้นอยู่ 8-9 เปอร์เซ็นต์แล้วทำให้เป็นเม็ด การหล่อขึ้นใช้น้ำมหาโดยตรงกับแม่พิมพ์

4.7 การอัดแบบแห้งสำหรับอิฐและเครื่องปั้นดินเผา

โดยทั่วไปแล้วการอัดอิฐโดยวิธีนี้ดีกว่าการใช้ดินที่มีลักษณะเป็นโคลนแข็ง มีตัวแปร 4 ตัวที่ควรพิจารณา คือ

- 1 แรงที่ใช้ในการอัด
- 2 อัตราการอัด
- 3 เปอร์เซ็นต์ของน้ำในเนื้อดินผสม
- 4 ขนาดของเม็ดดิน

สำหรับตัวแปรสามตัวแรกจะมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน การใช้ความดันสูงใน อัตราการอัดสูง และมีเปอร์เซ็นต์ของน้ำมากจะทำให้มีการแตกร้าวที่ขึ้นงานเนื่องจากความดัน ขณะที่การอัดใช้ความดันสูงจะได้ผลดีกว่าที่เปอร์เซ็นต์น้ำค่อนข้างต่ำ และอัตราการอัดไม่สูงมากนัก ส่วนการอัดที่ความดันต่ำ (500 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว, 35 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร) ใช้กับเนื้อดินที่มีเปอร์เซ็นต์น้ำสูง

Birch [4] ได้แสดงให้เห็นว่าในการอัดอิฐในทางการค้า จะใช้ความดันในการอัดประมาณ 1,500 ปอนด์/ตารางนิ้วหรือ 105.5 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร เนื่องจากถ้าสูงกว่านี้จะเกิดการแตกร้าวเนื่องจากความดัน