บทที่ 3

ขบวนการผลิตพลาสติกเสริมแรง

เมื่อได้กล่าวถึงวัตถุดิบในการผลิต และหลักที่ควรคำนึงเมื่อใช้พลาสติกเสริมแรงด้วยใยแก้วแล้ว ในบทนี้จะกล่าวถึงขบวนการผลิตพลาสติกเสริมแรง เพื่อเป็นข้อมูลในการออกแบบ และเลือกกรรมวิธีต่อไป

3.1 ขบวนการผลิตพลาสติกเสริมแรง ประเภทแม่แบบเปิด (open mould)

3.1.1 Hand Lay-up

เป็นขบวนการผลิตที่ใช้สำหรับจำนวนผลิตภัณฑ์ตั้งแต่ปริมาณน้อยถึงขนาดกลาง เหมาะสำหรับการทำเรือ ถัง ฝาครอบ ผนัง และชิ้นส่วนขนาดใหญ่ที่ต้องการความแข็งแรงมาก

ขั้นตอนการผลิต เริ่มด้วยการทาเจลโคทที่ใส่สีแล้วลงบนแม่แบบ เพื่อให้มีผิวที่มีคุณภาพสวยงาม เมื่อเจลโคทเริ่มเหนียว ก็นำใยแก้ววางลงบนแม่แบบ ทาเรซิน หรือพ่นเรซินลงบนใยแก้ว ใช้ลูกกลิ้งไล่ฟองอากาศ พร้อมกับกดให้ใยแก้วชุ่มเรซิน วางใยแก้วลงไปทีละชั้น ทาเรซิน ไล่ฟองอากาศไปเรื่อย ๆ จนได้ความหนาตามต้องการ

สารทำให้แข็งและสารเร่งปฏิกริยาที่เติมลงในเรซินจะทำให้เรซินแข็งตัว โดยไม่ต้องใช้ความร้อนภายนอกเข้ามาช่วย

ชิ้นงานที่ทำขึ้นมาอาจได้รับการเสริมด้วยไส้ หรือ วัสดุที่รูปร่างคล้ายรังผึ้ง ไม้บัลซา โฟม หรือวัสดุอื่นที่จะช่วยลดน้ำหนัก หรือทำให้ลอยตัว เมื่อใช้ทำผลิตภัณฑ์ที่ลอยน้ำ เช่น ทุ่น เรือ

เรซินที่ใช้ก็เป็นเรซินที่ใช้งานทั่วไป เช่น โพลิเอสเตอร์เรซินประเภทใช้งานทั่วไป (general purpose polyester resin) ชนิดที่ไม่ไหลจากแม่แบบ เมื่อผิวของแม่แบบทำมุมชันกันพื้น เรซินตัวอื่น เช่น อิพอกซี ไวนิล-เอสเตอร์ ก็นำมาใช้ได้

แม่แบบก็เป็นแบบง่าย ๆ จะเป็นแม่แบบตัวผู้ (แม่แบบหงายขึ้น) หรือ

I15065583

ตัวเมีย (แม่แบบชนิดเป็นหลุม) เป็นแม่แบบชิ้นเดียว มีขนาดไม่จำกัด

ขบวนการผลิตชนิดนี้ปั๊นขบวนการผลิตที่ง่ายที่สุด เครื่องมือที่ใช้มีราคาต่ำ ใช้ทำชิ้นส่วนขนาดใหญ่ก็ได้ สามารถเปลี่ยนรูปแบบได้ง่าย ถ้าผู้ปฏิบัติงานมีความชำนาญแล้ว ก็จะสามารถผลิตได้เร็วและมีคุณภาพดี

3.1.2 Spray-up

ขบวนการนี้ใช้ในการผลิตจำนวนปานกลางเช่นเดียวกับ hand lay-up มีวิธีการผลิตคล้ายกันด้วย เหมาะสำหรับทำเรือ ถัง อ่างอาบน้ำ หรือชิ้นส่วนที่มีรูปร่างง่าย ๆ ตั้งแต่ขนาดปานกลางจนถึงขนาดใหญ่ เช่น หลังคารถครอบระบายอากาศ

ขบวนการนี้ใช้ใยแก้วชนิดที่เป็นเส้นต่อเนื่องกัน (continuous strand roving) ป้อนเข้าไปในเครื่องตัดที่มีปืนพ่นเรซินประกอบอยู่ด้วย เครื่องมือนี้จะตัดใยแก้วที่เป็นเส้นต่อเนื่องกันออกเป็นเส้นสั้น ๆ แล้วจะพ่นลงไปบนแม่แบบพร้อมกับเรซิน และสารที่ทำให้เรซินแข็ง แล้วใช้ลูกกลิ้งรีดและไล่ฟองอากาศเช่นเดียวกับวิธี hand lay-up แล้วจึงพ่นชั้นต่อไป จนได้ความหนาตามที่ต้องการ

การแข็งตัวของเรซินจะให้เป็นไปที่อุณหภูมิปกติ หรือ เร่งได้ด้วยการใช้ความร้อนก็ได้

ขบวนการนี้ สามารถทำให้ผิวหน้าเรียบสวย และมีสีได้ เช่นเดียวกับ hand lay-up โดยการพ่นเจลโคทลงไปก่อนที่จะพ่นใยแก้ว บางแห่งอาจต้องเสริมใยแก้วชนิดตาสานลงไปเพื่อเพิ่มความแข็งแรง และสามารถใช้วัสดุสอดไส้ได้

เรซินที่ใช้ก็เป็นชนิดทั่วไป เช่น โพลิเอสเตอร์เรซินชนิดที่แข็งตัวในอุณหภูมิปกติ หรือใช้ความร้อนต่ำ ๆ ช่วยในการแข็งตัว

แม่แบบที่ใช้ก็เป็นแบบง่าย ๆ ปกติเป็นแม่แบบชิ้นเดียว จะเป็นแม่แบบตัวผู้หรือตัวเมียก็ได้ บางทีแม่แบบอาจประกอบขึ้นมาจากแม่แบบหลาย ๆ ชิ้น เมื่อถอดชิ้นงานออกจากแม่แบบ ก็ใช้วิธีแยกแม่แบบออก วิธีนี้ใช้กับชิ้นงานที่ซับซ้อน

ขบวนการผลิตแบบนี้มีการลงทุนเครื่องเมือต่ำ เป็นขบวนการผลิตที่ง่าย ๆ เครื่องมือที่ใช้อาจเคลื่อนย้ายไปทำงานในที่ต่าง ๆ ได้ ขนาดของชิ้นส่วนก็ไม่จำกัด ขบวนการผลิตอาจดัดแปลงให้เป็นแบบอัตโนมัติ หรือใช้หุ่นยนต์ได้ ดูรูปที่ 3.1 ข

3.1.3 Vacuum bag

ขบวนการนี้จะใช้แผ่นฟิล์มประเภทที่อ่อนตัวได้ เช่น พีวีเอ หรือ เซลโลเฟน) วางลงบนชิ้นงานที่ทำจาก hand lay-up หรือ spray-up แต่ยังไม่แข็ง ผนึกรอยต่อระหว่างแผ่นฟิล์มกับแม่แบบให้แน่น แล้วจึงใช้เครื่องทำให้เกิดสูญญากาศระหว่างแผ่นฟิล์มกับชิ้นงานความดันของบรรยากาศจะกำจัดช่องว่างและบีบเอาเรซินที่มากเกินไปกับอากาศออกจากชิ้นงานนั้น การเพิ่มแรงดันจะทำให้ปริมาณของใยแก้วเมื่อเทียบกับเรซินมากขึ้น ทำให้มีแรงเกาะระหว่างชั้นของใยแก้วกับวัสดุเสริมแรงมากขึ้น ดูรูปที่ 3.1 ง

3.1.4 Pressure bag

ขบวนการนี้ใช้แผ่นยางวางลงบนชิ้นงานที่ทำจาก hand lay-up หรือ spray-up และใช้แรงอัดของอากาศอัดลงไปบนชิ้นยาง (บางที อาจใช้ไอน้ำ เพื่อให้ความร้อนจากไอน้ำช่วยทำให้ชิ้นงานแข็งตัวเร็วขึ้น) ดูรูปที่ 3.1 ค

แรงดันจากเครื่องอัดอากาศ จะช่วยกำจัดช่องว่างและบีบเอาเรซินที่มากเกินไปออก พร้อมกับอากาศที่ขังอยู่ในเนื้อชิ้นงาน ขบวนการนี้เหมาะสำหรับแม่แบบตัวเมีย

3.1.5 Autoclave

จากขบวนการผลิต vacuuum bag หรือ pressure bag อาจเพิ่มเตาอบเข้าไป เพื่อเพิ่มทั้งความร้อนและแรงดัน ที่จะทำให้ชิ้นงานนั้นมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น และแข็งตัวเร็วขึ้น ขบวนการนี้มักใช้กับการผลิตที่ต้องการคุณภาพสูง มักใช้กับเรซินชนิดอีฟอกซี่ อย่างเช่นชิ้นงานที่ใช้ในเครื่องบิน และยานอวกาศ ดูรูปที่ 3.1 จ

ลักษณะของขบวนการผลิตที่ได้กล่าวผ่านมานั้น เป็นขบวนการที่ใช้แม่แบบที่ทำจากวัสดุทำงานได้ง่าย เช่น พลาสเตอร์ ไม้ แผ่นโลหะ หรือพลาสติกเสริมแรงเอง ชิ้นงานจะเรียบหน้าเดียว คือด้านที่ติดกับแม่แบบ ขนาดของชิ้นงานไม่จำกัด คุณสมบัติทางกลสามารถเพิ่มให้สูงได้ด้วยการใช้ใยแก้วแบบตาสาน หรือ fabric เสริมในที่ต้องการ

3.2 ขบวนการผลิตพลาสติกเสริมแรง ประเภทแม่แบบปิด (closed mould)

ขบวนการผลิตประเภทนี้จะใช้แม่แบบตัวบนและตัวล่าง แต่วิธีการที่ใช้วัสดุเสริมแรงกับการนำเรซินเข้าไปรวมกับวัสดุเสริมแรงจะแตกต่าง ดังรายละเอียดต่อไป

3.2.1 Resin Injection Moulding

ขบวนการนี้ ใยแก้วจะได้รับการวางให้อยู่ระหว่างแม่แบบตัวบนและตัวล่าง ใยแก้วอาจเป็นชนิด continuous strand mat, woven roving หรือ fabric บางทีใช้ใยแก้วที่ขึ้นรูป (preformed) ด้วยการพ่นใยแก้วที่ตัดเป็นเส้นสั้น ๆ ลงบนตาข่ายที่ทำให้เป็นรูปเหมือนกับชิ้นงาน และใช้สารที่ยึดเส้นใยแก้วเหล่านี้ให้ติดกัน เมื่อวางใยแก้วเรียบร้อยแล้วก็จะฉีดเรซินเข้าไป เรซินจะเข้าไปอยู่ในช่องว่างระหว่างแม่แบบ และทำให้ใยแก้วชุ่ม เมื่อปล่อยให้ชิ้นงานแข็งตัว ซึ่งเวลาแข็งตัวก็ขึ้นกับปริมาณของสารที่ทำให้แข็ง กับสารเร่งปฏิกริยาที่ใส่เข้าไปผสมกับเรซิน กับอุณหภูมิการทำงาน

เมื่อเปรียบเทียบขบวนการนี้ กับขบวนการที่แรงกดที่จะกล่าวต่อไปแล้ว วิธีนี้จะผลิตชิ้นส่วนที่ซับซ้อนกว่าได้ จะสามารถนำเอาชิ้นส่วนที่เป็นโลหะฝังเข้าไปได้ เช่นเดียวกับไม้หรือโฟมแข็ง

แรงดันที่เกิดขึ้นบนแม่แบบขณะดำเนินการผลิตจะต่ำ และสามารถใช้แม่แบบที่มีน้ำหนักเบาได้ ขบวนการนี้เหมาะสำหรับการผลิตปริมาณขนาดกลางและมีชิ้นส่วนใหญ่

ดูรูปที่ 3.1 ฉ

3.2.2 Cold press moulding

ขบวนการนี้เป็นวิธีการผลิตที่ใช้แรงดันที่ประหยัดสำหรับการผลิตปริมาณขนาดกลาง (200 ถึง 8000ชิ้น) ใช้แรงดันต่ำ แข็งตัวที่อุณหภูมิปกติ และมีราคาแม่แบบที่ไม่สูง

วิธีการที่ใช้คือ นำใยแก้ววางลงระหว่างแม่แบบตัวบนและล่าง พร้อมกับเทเรซินลงไป บางจุดอาจเสริมใยแก้วชนิดที่เพิ่มความแข็งแรง ถ้าต้องการผิวที่เป็นเจลโคทก็ทำได้ เมื่อวางใยแก้วและเทเรซินลงไปเรียบร้อยแล้วก็อัดแม่แบบตัวบนและล่างเข้าด้วยกัน ด้วยแรงดันขนาดปานกลาง (1.5-3.5 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร) ชิ้นส่วนจะแข็งตัวด้วยความร้อนจากตัวเอง โดยไม่ต้องใช้ความร้อนภายนอกเข้ามาช่วย

แม่แบบที่ใช้ ทำขึ้นจากโลหะ พลาสเตอร์ หรือ พลาสติกเสริมแรง แต่แม่แบบเหล่านี้ไม่มีขอบที่จะตัดขอบของชิ้นงาน จึงต้องมีการตัดขอบของชิ้นงานเมื่อถอดชิ้นส่วนจากแม่แบบแล้ว ขบวนการผลิตนี้จะผลิตชิ้นส่วนที่มีรูปร่างซับซ้อนไม่ได้

เรซินที่ใช้เป็นโพลิเอสเตอร์ ชนิดที่มีความหนืดต่ำ และแข็งตัวเร็วที่อุณหภูมิปกติ

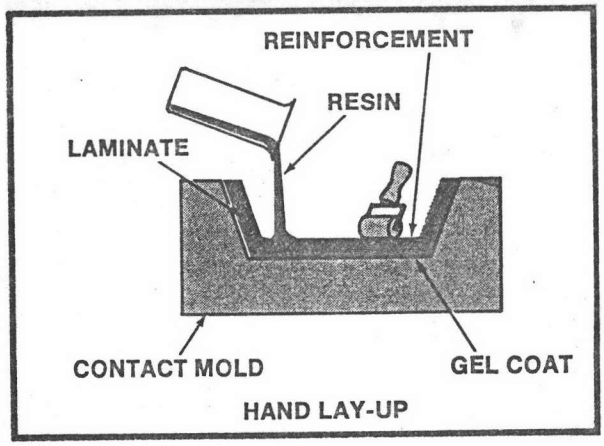
ขบวนการผลิตนี้ไม่ต้องใช้อุณหภูมิและความดันสูง เครื่องมือต่าง ๆ ก็มีราคาไม่แพง วิธีนี้จึงเป็นวิธีที่ใช้ผลิตชิ้นส่วนที่มีรูปทรงง่าย ๆ ต้นทุนต่ำ และต้องการผิวที่สวยงาม มีสีในตัว มีระยะของขนาดแน่นอน มีคุณสมบัติทางกลสูง

3.2.3 Compression Moulding (Hot Press Moulding)

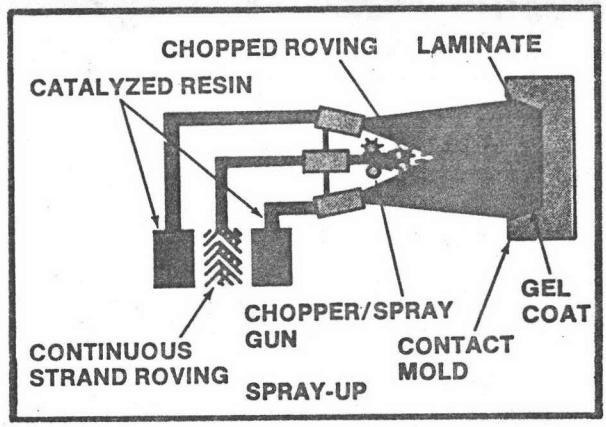
ขบวนการนี้เหมาะสำหรับการผลิตจำนวนมาก ใช้แรงดันสูง ชิ้นส่วนซับซ้อน และมีความแข็งแรงสูง-

การผลิตต้องนำเอาใยแก้วกับเรซินมาวางไว้ระหว่างแม่แบบตัวบนและล่าง ใยแก้วและเรซินอาจเป็นแบบ sheet moulding compound (SMC) หรือ bulk moulding compound (BMC) หรือ preform หรือ

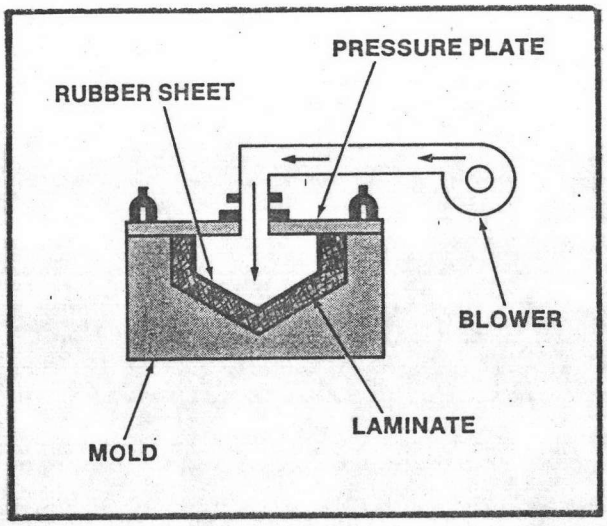
ก. hand lay-up



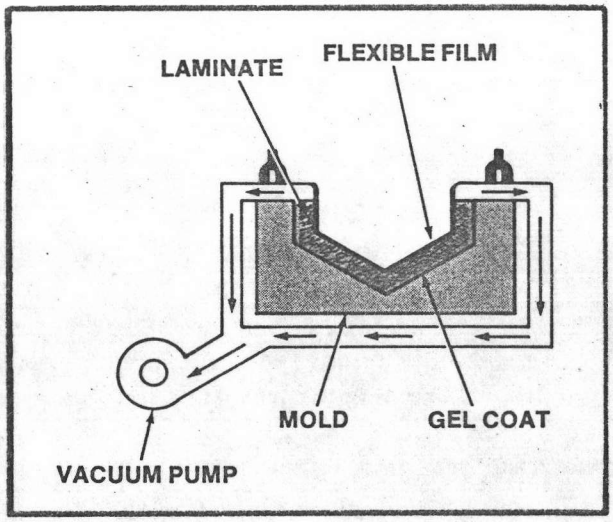
ข. spray-up



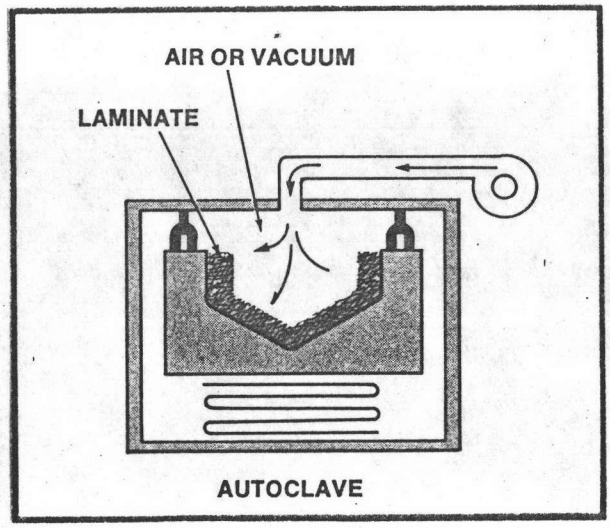
ค. pressure bag



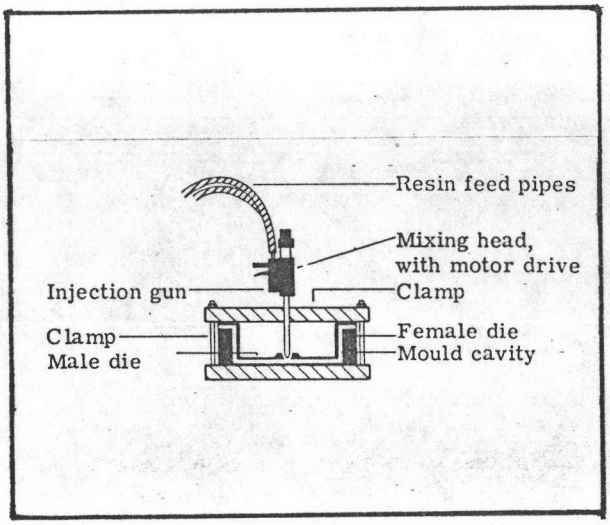
ง. vacuum bag



จ. autoclave



ฉ. resin injection



รูปที่ 3.1 ขบวนการผลิตพลาสติกเสริมแรงแบบต่าง ๆ

หรือใยแก้วชนิดแผ่นหรือผืน หลังจากนั้นก็อัดแม่แบบเข้าหากัน ใช้ความร้อนและแรงดันสูง เวลาการผลิตชิ้นงานอาจกินเวลาตั้งแต่น้อยกว่า 1 นาที จนถึง 5 นาที ซึ่งขึ้นอยู่กับความหนา ขนาด และรูปร่าง

เรซินที่ใช้เป็นโพลิเอสเตอร์ที่ใช้งานทั่วไป เป็นแบบยืดหยุ่นตัวได้ หรือกึ่งแข็ง ทนต่อสารเคมี ทนไฟ มีการบิดตัวเนื่องจากความร้อนต่ำ

แม่แบบเป็นพวกเหล็กหล่อ อลูมิเนียมหล่อ แล้วชุบแข็ง โดยปกติจะฝังพวกท่อที่ส่งความร้อนเข้าไปยังชิ้นงานในตัวของแม่แบบ เช่น ท่อไอน้ำ ท่อน้ำมันที่ทำให้ น้ำมันร้อนก่อนที่จะส่งเข้าท่อ บางทีก็ใช้วิธีให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้า

ขบวนการนี้เหมาะสำหรับการผลิตจำนวนมาก ต้องการชิ้นส่วนที่มีขนาดสม่ำเสมอ ขบวนการนี้สามารถทำให้เป็นขบวนการแบบอัตโนมัติได้ ชิ้นส่วนจะมีความแข็งแรงสูง มีคุณสมบัติทนต่อสารเคมี มีสีและคุณสมบัติของผิวเรียบ การตกแต่งชิ้นส่วนหลังจากถอดออกจากแม่แบบแล้วมีน้อย

ดูรูปที่ 3.2 ข

3.3 ขบวนการผลิตพลาสติกเสริมแรงแบบอื่น ๆ

นอกจากขบวนการผลิตที่ได้กล่าวมาแล้ว ยังมีขบวนการผลิตที่ควรกล่าวถึงอีก คือ

3.3.1 Centrifugal Casting

ขบวนการผลิตนี้สำหรับผลิตชิ้นงานรูปทรงกระบอกที่เป็นรูกลวงข้างใน เช่น ถัง ท่อ

ขบวนการนี้จะนำเอาใยแก้วชนิดที่เป็นผืนวางไว้ข้างในของช่องกลวง หรือใช้ใยแก้วชนิดที่เป็นเส้นต่อเนื่องกัน นำมาตัดเป็นเส้นสั้น ๆ แล้วส่งไปยังผนังด้านใน ซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ 80-90 ° ซ และกำลังหมุนอยู่ แล้วจึงใส่เรซินเข้าไป แรงเหวี่ยงจะทำให้เรซินกระจายเข้าไปทั่ววัสดุเสริมแรง เพื่อที่จะเร่งให้เรซินแข็งตัวเร็วขึ้น ก็พ่นลมร้อนผ่านเข้าไป เมื่อชิ้นงานแข็งตัวแล้ว จึงหยุดการหมุนของแม่แบบ และถอดชิ้นงานออก

เรซินที่ใช้ส่วนมาก เป็นแบบใช้งานทั่วไป และโพลีเอสเตอร์เรซินที่ทนต่อสารเคมี

แม่แบบที่ใช้เป็นท่อโลหะทรงกระบอก วิธีนี้สามารถทำให้เป็นแบบอัตโนมัติ เพื่อผลิตท่อจำนวนมาก หรือถังทรงกระบอก โดยมีต้นทุนของเครื่องมือต่ำ มีผิวเรียบทั้งนอกและใน มีความสิ้นเปลืองของวัสดุต่ำ มีความสม่ำเสมอ ชิ้นงานไม่มีช่องหรือโพรงในเนื้อ และอาจทำเป็นชนิดที่มีเกลียวภายนอกได้

ดูรูปที่ 3.2 ค

3.3.2 Filament Winding

ขบวนการนี้ใช้การวางตัวของเส้นใยแก้วแบบต่อเนื่องกันรอบแม่แบบ เพื่อให้มีแรงดึงในแนวเส้นใยแก้วมากที่สุด ทิศทางหรือมุมของเส้นใยแก้วต้องมีการคำนวณให้เหมาะกับประเภทของงาน เช่น ถังทนแรงดัน การพันใยแก้วที่มุมประมาณ 54.75 องศา เป็นมุมที่รับแรงดันภายในได้ดีที่สุด แต่สำหรับท่อ อาจมีการพันหลายมุม เพื่อให้รับแรงอัดของดินเหนือท่อ แรงดันภายในของของเหลว และแรงดึงของท่อ

แม่แบบส่วนใหญ่เป็นลักษณะของท่อ จึงใช้ผลิตถัง หรือท่อที่เก็บน้ำมันหรือสารเคมี ถังทนแรงดัน และครอบมอเตอร์ของจรวด

เส้นใยแก้วแบบต่อเนื่องจะเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้ชิ้นงานมีความแข็งแรงสูง ใยแก้วถูกนำให้ผ่านลงไปในอ่างเรซิน และพันลงบนแม่แบบ เครื่องมือที่ใช้พันได้รับการออกแบบให้พันเส้นใยแก้วรอบแม่แบบในมุมที่ต้องการ เมื่อได้ชั้นความหนาตามต้องการแล้ว แม่แบบที่มีเส้นใยแก้วพันอยู่จะถูกปล่อยให้แข็งตัวที่อุณหภูมิปกติ หรือในเตาอบ เมื่อชิ้นงานแข็งตัวแล้ว จึงถอดชิ้นงานออกจากแม่แบบ

แม่แบบอาจเป็นเหล็กหรืออลูมิเนียมที่มีขนาด และรูปร่างที่เหมาะสม แม่แบบบางตัวอาจได้รับการออกแบบให้ยุบตัวลงมาได้เพื่อสะดวกต่อการถอดชิ้นงาน

เรซินที่ใช้เป็นโพลิเอสเตอร์เรซิน และอีพอกซี

ขบวนการนี้จะมีอัตราส่วนของความแข็งแรงต่อน้ำหนักสูงที่สุด เมื่อเทียบกับขบวนการผลิตชนิดอื่นของพลาสติกเสริมแรง ขบวนการนี้สามารถที่จะทำให้เป็นแบบอัตโนมัติได้ ซึ่งจะได้ปริมาณการผลิตที่สูงและมีความประหยัดมาก

ดูรูปที่ 3.2 ง

3.3.3 Continuous Pultrusion

เป็นขบวนการผลิตต่อเนื่อง โดยจะได้ชิ้นงานที่มีหน้าตัดคงที่ เช่น เบ็ดตกปลา รูปร่างที่เป็นโครงสร้าง คาน ท่อ

วิธีการผลิต คือ นำเอาเส้นใยแก้วแบบต่อเนื่องผ่านเรซินให้ชุ่ม แล้วนำไปอ่านไดเหล็ก (steel die) ที่ตั้งไว้ให้มีลักษณะหน้าตัดตามที่ต้องการ ควบคุมปริมาณของใยแก้วกับเรซินให้คงที่ ส่วนของไดจะถูกทำให้ร้อน เพื่อให้ชิ้นงานเริ่มแข็งตัว และผ่านเข้าไปยังเตาอบ ส่วนท้ายของเครื่องจะมีเครื่องดึงเพื่อคุมอัตราการเลื่อนของเส้นใยแก้วที่ผ่านได

แม่แบบที่ใช้เป็นไดเหล็กชุบแข็ง

เรซินเป็นโพลิเอสเตอร์เรซินที่ใช้งานทั่วไป และอิพอกซี

ขบวนการนี้เป็นขบวนการผลิตแบบต่อเนื่อง และเป็นอัตโนมัติ สามารถใช้ทำชิ้นงานที่มีพื้นที่หน้าตัดเล็ก ๆ ได้ และใช้วัสดุเสริมแรงที่มีราคาต่ำ มีความแข็งแรงสูง เนื่องจากปริมาณของเส้นใยและการวางตัวในแนวขนานตามความยาวของชิ้นงาน ชิ้นงานที่ออกมาจะไม่จำกัดที่ความยาว สามารถทำให้ยาวต่อกันไปเรื่อย ๆ

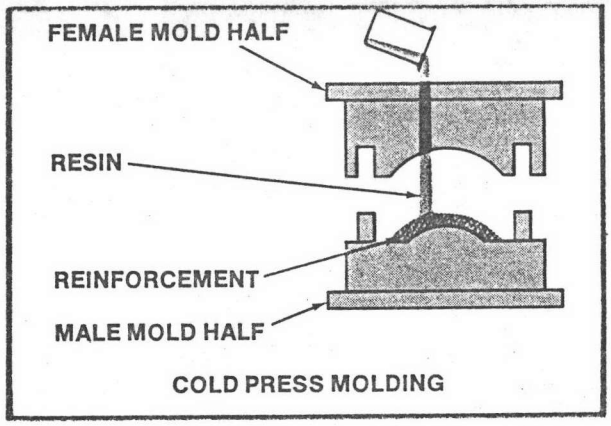
ดูรูปที่ 3.2 จ

3.3.4 Continuous Laminating

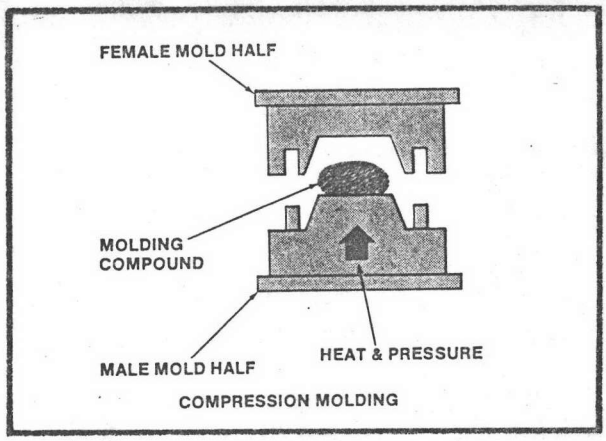
เป็นขบวนการผลิตแบบต่อเนื่องอีกขบวนการหนึ่ง เพื่อที่จะผลิตชิ้นงานที่เป็นแผ่น เช่น ผนังแบน หรือเป็นลอน ใช้ในการก่อสร้าง และวัสดุที่เป็นฉนวนทางไฟฟ้า

ใยแก้วชนิดที่ใช้ในขบวนการนี้คือ เส้นใยแก้วต่อเนื่องที่ตัดเป็นเส้นสั้น ๆ ใยแก้วแบบผืน หรือ แบบที่ทอเป็นพิเศษ นำมารวมกับเรซิน และจึงทับทั้งสอง

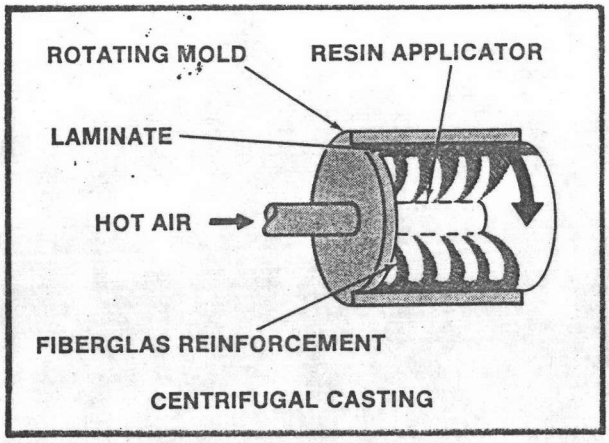
ก. cold press moulding



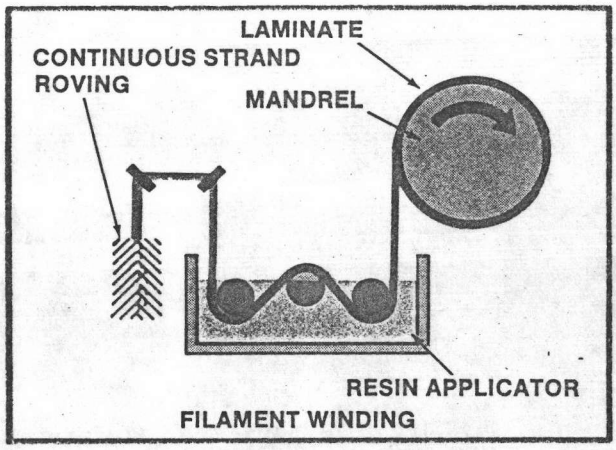
ข. compression



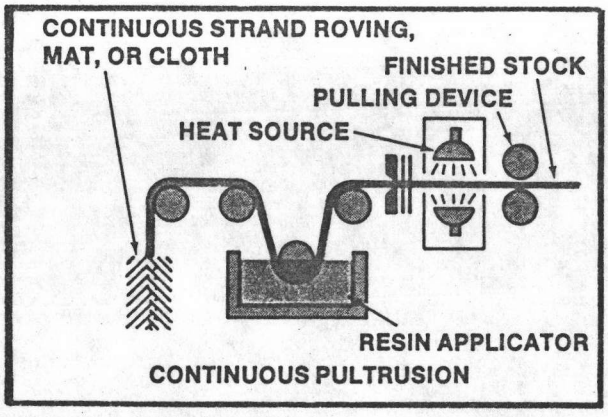
ค. centrifugal casting



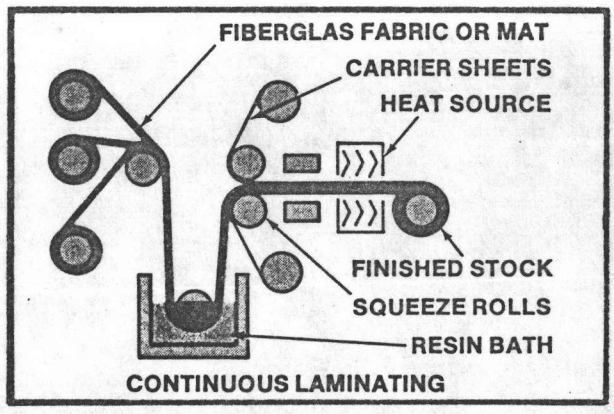
ง. filament winding



จ. continuous pultrusion



ฉ. continuous laminating



รูปที่ 3.2 ขบวนการผลิตพลาสติกเสริมแรงแบบต่าง ๆ

ด้านด้วยแผ่นเซลโลเฟน หรือวัสดุอื่น ๆ ที่เป็นแผ่นที่เหมาะสม ใยแก้วและเรซิน พร้อมกับเซลโลเฟนจะถูกป้อนเข้าไปในระหว่างลูกกลิ้ง เพื่อรีดเอาอากาศที่อยู่ในเนื้อวัสดุออก และลูกกลิ้งจะถูกตั้งระยะห่าง เพื่อให้ได้ชิ้นงานที่มีความหนาตามต้องการ แล้วส่งผ่านไปยังส่วนที่มีความร้อน (90-120 ° ซ) ชิ้นงานก็จะแข็งตัว ขบวนการนี้สามารถปรับให้ได้ชิ้นงานที่มีความหนาที่แตกต่างกัน และให้ปริมาณการผลิตที่สูง

เรซินที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นโพลิเอสเตอร์เรซินชนิดที่ทนต่อสภาพดินฟ้าอากาศ และทนต่อไฟ

แม่แบบที่ใช้เป็นลูกกลิ้งเหล็กที่ตั้งระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งบน และล่างได้ รูปร่างก็อาจออกแบบให้สามารถทำแผ่นที่เป็นลอนได้

ชิ้นงานจะเป็นแผ่นที่มีความยาวไม่จำกัด ขบวนการเป็นแบบอัตโนมัติ มีต้นทุนเครื่องมือต่ำ สามารถทำให้ผิวชิ้นงานเรียบหรือเป็นลอนตามที่ต้องการได้ ความหนาของชิ้นงานสามารถควบคุมได้ง่าย ชิ้นงานที่เป็นลอนก็สามารถทำได้โดยใช้ลูกกลิ้งชนิดพิเศษก่อนที่จะผ่านขั้นตอนที่ทำให้ชิ้นงานแข็งตัว

ดูรูปที่ 3.2 จ

ในตารางที่ 3.1 นั้นจะสรุปถึงขบวนการผลิตที่กล่าวมาแล้วทั้งหมด พร้อมทั้งข้อมูลเกี่ยวขบวนการผลิตนั้น ๆ อย่างสังเขป

ตารางที่ 3.1 เปรียบเทียบขบวนการผลิตพลาสติกเสริมแรงแบบต่าง ๆ

	Application	Invesment	Labour cost	Mould	Mould Material	Reinforcement	Glass content % by weight	Fabrication Temperature degree celcius	Pressure kg/sq.cm	Surface Quality	Gel coat	Undercuts	Encapsulations	Release time	Aftertreatment
Casting (Encapsulation)	Mass production of buttons trinkers, electrical parts	medium	high	one piece, or split	wax, plastic plaster silicone	Chopped glass fibers	max. 10	room temperature	-	all surfaces finished	possilble	possible	possible	20 minutes - several days	no
Hand Lay-up	single parts small production runs large shapes	low	high	one piece, or split, open	plaster, wood FRP, sheet metal	a) glass mats b) glass fabrics c) woven roving	a) 20-30 b) 35-50 c) 40-50	room temperature	-	one surface finished	possible	possible	possible	60 minutes - several days	yes
Spray-up	small runs large shapes linings	medium	high	one piece, or split, open	plaster, wood FRP, sheet metal	chopped fibers	20-35	room temperature	-	one surface finished	possible	possible	possible	60 minutes - several days	yes
Vacuum bag	small runs large shapes	medium	high	open one piece or split	FRP, sheet metal	a) mat b) fabric	a) 30-40 b) 35-60	room temperature	max. 0.7	both surfaces finished	possible	possible	possible	30 minutes - several days	yes
Pressure bag	small production runs	medium	medium	open one piece or split	FRP, sheet metal	a) mat b) fabric	a) 30-40 b) 35-60	room temperature	max. 10	both surfaces finished	possible	possible	possible	30 minutes - several days	yes
Injection Moulding	medium runs large shapes	medium	medium	closed, split	FRP, sheet metal	a) mat b) fabric	a) 30-40 b) 40-60	room temperature	max. 1	both surfaces finished	possible	possible	possible	30 minutes - several days	slight
Cold press Moulding	medium production runs	medium-high	medium	closed, male and female	FRP, sheet metal	a) mat b) fabric	a) 25-45 b) 40-65	room or higher temperature	max. 10	both surfaces finished	possible within limits	not possible	possible	5-30 min	slight
Hot Press Moulding (Liquid Pressing)	mass production	high	medium	closed, male and female or split	steel	a) mat b) fabric	a) 30-50 b) 50-65	90-130	10-30	both surfaces finished	not possible	not possible	possible	2-10 min	slight
Hot Press Moulding (Premix)	mass production	high	low	closed, male and female or split	steel	chopped fibers	10-30	120-160	50-150	both surfaces finished	not possible	possible	possible	1-5 min	slight
Hot Press Moulding (Prepregs)	mass production	high	low	closed, male and female or split	steel	a) mat b) fabric	a) 25-30 b) 45-55	120-160	50-150	both surfaces finished	not possible	possible	possible	1-5 min	slight
Centrifugal casting	mass production	medium	low	one piece or split	metal, FRP	a) mat b) fabric	a) 25-35 b) 30-40	room or higher temperature	centrifugal force	both surfaces finished	possible	not possible	possible	15 minutes - serveral hours	slight
Filament winding	mass production	high	low	one piece or split	steel, low melting, point alloys, wood soluble materials	a) roving b) mat c) fabric	~80	room or higher temperature	filament tension	one surface finished	possible	possible	possible	up to several hours	yes
Pultrusion	mass production	high	low	-	steel	a) roving b) fabric	a) 55-75 b) 50-65	up to 150	-	all surface finished	not possible	not possible	possible	-	no
Continuous Laminating	mass production	high	low	-	steel	mat	20-25	up to 120	-	both surface finished	possible	not possible	possible	-	slight

ที่มา เอกสารทางเทคนิคของบริษัทเฮิกซ์