

**“การออกแบบแม่พิมพ์เพื่อลดปัญหาการเกิดจุดบกพร่องของชิ้นงาน
และ แนวทางการเพิ่มผลผลิตสำหรับการผลิตกระดานโต้คลื่นแบบขั้นตอนเดียว”**

สุกัญญา เจริญขวัญ¹⁾ และ อุทัย มีคำ²⁾

- 1) สาขาวิชาวิศวกรรมพอลิเมอร์ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
- 2) สาขาวิชาวิศวกรรมพอลิเมอร์ สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี*

Email : umsut@ccs.sut.ac.th

บทคัดย่อ

ขั้นตอนหนึ่งของกระบวนการผลิตกระดานโต้คลื่น และ กระดานโต้ลม ใช้แม่พิมพ์ปิดแบบกดอัด(Compression Molding) เพื่อผลิตตัวเรือแล้วส่งให้แผนกการผลิตอื่นเพื่อประกอบเป็นตัวเรือที่สมบูรณ์ต่อไป ปัญหาที่พบบ่อยครั้ง คือ การไม่หยึดติดกันระหว่างชั้นของโฟม PVC(Polyvinyl Chloride) กับโฟม EPS(Expandable Polystyrene Foam) ทำให้อัตราการผลิตรลดลงเนื่องจากต้องทำการซ่อมตัวเรือใหม่ จากการวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นจึงได้ทำการออกแบบแม่พิมพ์ใหม่โดยการ จัดสร้างแม่พิมพ์ที่มีผิวแม่พิมพ์ด้านในเคลือบด้วยยางซิลิโคน(Silicone Rubber) เพื่อจะทำให้ผิวแม่พิมพ์มีความยืดหยุ่น ส่งผลให้แรงกดลงบนชิ้นงานที่มีรูปร่างโค้งมนมีความสม่ำเสมอเท่าๆ กัน พร้อมทั้งวางระบบท่อน้ำวนทองแดงในแม่พิมพ์ เพื่อใช้ควบคุมอุณหภูมิการผลิต ความร้อนที่ได้จากการถ่ายเทจากน้ำร้อนที่ไหลเข้าไปช่วยให้ น้ำยาเรซินแห้งตัวเร็วขึ้น และจากการสร้างแม่พิมพ์ที่มีลักษณะการวางของด้านแม่พิมพ์ที่เหมาะสมเพื่อให้เกิดแรงกดอัดเท่าๆ กันในแต่ละบริเวณก็ทำให้ การยึดติดผิวของชั้นโฟมดีขึ้นด้วย แม่พิมพ์ใหม่ที่ได้ปรับปรุงการออกแบบพบว่าทำให้ปัญหาการยึดติดของชั้นโฟมลดลง จาก 33% เหลือเพียง 6%และนอกจากนี้ยังลดระยะเวลาการผลิตจาก 3 ชั่วโมง เหลือเพียง 1 ชั่วโมงได้ ซึ่งจะทำให้เพิ่มผลผลิต ได้ถึง 2 เท่าตัว

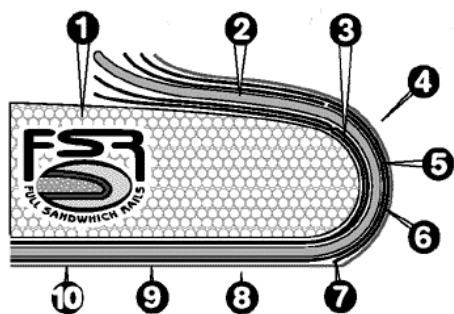
คำสำคัญ : แม่พิมพ์ปิดแบบกดอัด, PVC, EPS, การยึดติดผิวโฟม กระดานโต้คลื่น และ กระดานโต้ลม

1. บทนำ

โครงสร้างหลักของกระดานโต้คลื่น และ กระดานโต้ลม ที่ผลิตจากวัสดุพอลิเมอร์เชิงประกอบ จะประกอบด้วยแกนกลางที่เป็นโฟม EPS หรือ โฟม PU(Polyurethane Foam) หรือ ในบางผลิตภัณฑ์อาจจะใช้โฟมคุณภาพสูง เช่น โฟม PVC องค์ประกอบของโครงสร้างของกระดานโต้คลื่นดังแสดงไว้ในแผนภาพในรูปที่ 1 แกนกลางโฟมเหล่านี้จะถูกห่อหุ้มอีกชั้นด้วยโฟม PVC ซึ่งผิวระหว่างชั้นโฟม EPS และ PVC นี้ จะถูกยึดติดกันด้วย ผ้าเสริมแรง(Reinforcement) และ สารยึดติดอีพ็อกซี(Epoxy Resin) ส่วนในชั้นนอกต่อๆ มา ก็จะถูกห่อหุ้มด้วยวัสดุเส้นใยเสริมแรงชนิดผ้า แบบต่างๆ เพื่อให้

ตัวกระดานโต้คลื่นมีความแข็งแรงมากขึ้น ในกระบวนการผลิตเพื่อให้ได้กระดานโต้คลื่นที่แข็งแรง และ ผลิตภัณฑ์ที่สมบูรณ์ไม่มีรอยตำหนิ จะใช้กระบวนการผลิต แบบใช้แม่พิมพ์ปิดแบบกดอัด(Close Mold Compression) และ การใช้ถุงสุญญากาศ(Vacuum Bag) เป็นหลัก ในขั้นตอนการผลิตโดยใช้แม่พิมพ์ปิดแบบกดอัด พบว่า ปัญหาการยึดติดกันระหว่างชั้นโฟม EPS กับ โฟม PVC เป็นปัญหาหลักที่พบ โดยมีอัตราส่วนเรือเสียจากปัญหาดังกล่าว และ ต้องมีการซ่อมแซมถึง 33% จากปัญหาดังกล่าวทำให้ยอดการผลิต ต่อ วันต่ำ นอกจากปัญหาดังกล่าวแล้ว การลดระยะเวลาการผลิตลงในแผนการ

ผลิต เพื่อเพิ่มจำนวนการผลิตต่อวัน ก็เป็นความต้องการของผู้ผลิตอีกด้วย ฉะนั้น การออกแบบแม่พิมพ์ปิดแบบกดอัด เพื่อลดปัญหาการไม่ยึดติดกันระหว่างชั้นโฟม PVC กับ โฟม EPS และ การปรับปรุงคุณลักษณะแม่พิมพ์ ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้เพื่อลดระยะเวลาการผลิตลง น่าจะเป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มผลผลิต



- (1) โฟม EPS (2) โฟม PVC
(3) ผ้าใยแก้ว (4 - 10) ผ้าเส้นใยเสริมแรง

รูปที่ 1 แสดงภาพตัดขวางโครงสร้างของเครื่องกระดานไค่คลีน และ กระดานไค่คลีนที่ผลิตจากวัสดุพอลิเมอร์เชิงประกอบ

ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ จะออกแบบ และ สร้างแม่พิมพ์ที่มีผิวด้านในแม่พิมพ์เคลือบด้วยยางซิลิโคน ทนความร้อนสูง และมีคุณสมบัติยืดหยุ่นตัวได้ ทนต่อแรงดึง ทำให้ผิวแม่พิมพ์มีความยืดหยุ่นตัว และ ทำให้แรงกดบนชิ้นงานที่มีรูปร่างโค้งมน สมมาตร และ เท่าๆ กันทั่วทั้งชิ้นงาน ซึ่งจะช่วยลดปัญหาการไม่ยึดติดผิวของชั้นโฟมได้ ขณะเดียวกันการเปลี่ยนตำแหน่งการจัดวางแม่พิมพ์ จากเดิมที่ให้แม่พิมพ์ด้านหลังเรือ ซึ่งมีลักษณะโค้งมนมาอยู่ด้านบน แต่แม่พิมพ์ด้านท้องเรือซึ่งมีลักษณะพื้นผิวที่เรียบอยู่ด้านล่าง เป็นด้านท้องเรืออยู่ด้านบน และ ด้านหลังเรืออยู่ด้านล่าง จะทำให้รอบตัวผิวเรือได้รับแรงกดจากแรงดูดอากาศ (Vacuum Force) เท่าๆ กัน และ ไม่ทำให้เกิดการขยับตัวของชั้นโฟม PVC ขณะกดอัด ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เกิดการไม่ยึดติดกันระหว่างโฟม PVC กับ โฟม EPS ได้ นอกจากนี้ ในการ

ออกแบบแม่พิมพ์ใหม่นี้จะทำการวางระบบท่อทองแดง เพื่อใช้เป็นท่อควบคุมความร้อน โดยวิธีการใช้น้ำร้อนไหลวนผ่าน ความร้อนได้จะทำให้น้ำยาอีพอกซี (Epoxy Resin) ซึ่งใช้เป็นสารยึดติดให้โฟม PVC ติดกับชั้นของโฟม EPS มีระยะเวลาการแข็งตัว(Cure Time) ที่ลดลง ทำให้ระยะเวลาการผลิตลดลงได้ และ ผลผลิตต่อวันเพิ่มขึ้นด้วย

2. อุปกรณ์ และ สารเคมี

อุปกรณ์ และสารเคมีที่สำคัญ ในการศึกษาทดลอง ประกอบด้วย เรือต้นแบบ(Master) เพื่อใช้ในการทำแม่พิมพ์ อ่างน้ำวนยี่ห้อ Haake รุ่น DC20 ที่สามารถทำน้ำอุ่นในช่วงอุณหภูมิระหว่าง 30°C ถึง 90°C สำหรับใช้ผลิตน้ำร้อนเพื่อควบคุมอุณหภูมิของแม่พิมพ์ ผ้าใยแก้ว ขนาดความหนาแน่น 200 และ 600 กรัม ต่อ ตารางเมตร สำหรับการขึ้นรูปแม่พิมพ์ สูตรน้ำยาอีพอกซี SR8200/SD 8203 จากบริษัท Sicomin สำหรับใช้เป็นสารยึดผ้าเสริมแรง สูตรน้ำยาเคลือบผิวแม่พิมพ์ (Gel Coat) OH13/Hardener HM จากบริษัท Ebalta Kunststoff GmbH ใช้สำหรับเคลือบผิวแม่พิมพ์ สูตรยางซิลิโคน Silastic® T-4 จากบริษัท Dow Corning ใช้สำหรับเคลือบผิวด้านในของแม่พิมพ์ ท่อทองแดงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.0 เซนติเมตร สำหรับใช้เป็นท่อถ่ายเทความร้อน ทรายละเอียดใช้เป็นสารตัวเติมในแม่พิมพ์ เพื่อเพิ่มน้ำหนัก และ เพิ่มปริมาตรแม่พิมพ์ ตาข่ายลวดเหล็กปอดสนิม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการกระจายความร้อน และ ผงอะลูมิเนียม เป็นสารตัวเติมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการนำความร้อนของแม่พิมพ์

3. วิธีการทดลอง

ในการขึ้นรูปแม่พิมพ์สำหรับการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ได้จัดทำแม่พิมพ์ที่แตกต่างกัน 2 ลักษณะ คือ แม่พิมพ์ที่มีการเคลือบผิวด้านในด้วย ยางซิลิโคน และ แม่พิมพ์ที่ไม่ได้เคลือบผิวด้วยยางซิลิโคน

3.1 แม่พิมพ์เคลือบผิวด้วยยางซิลิโคน

ในการสร้างแม่พิมพ์ จะเริ่มจากนำเรื่อต้นแบบที่จะผลิตมาทาเคลือบผิวด้วยครีมแว็กซ์(Wax) ให้ทั่วทั้งด้านท้องเรือ(เบอร์ 1) และ หลังเรือ(เบอร์ 2) เพื่อป้องกันไม่ให้เรื่อต้นแบบ ติดกับผิวแม่พิมพ์ และ สะดวกในการแกะแม่พิมพ์ในขั้นตอนสุดท้าย จากนั้นจัดวางเรื่อต้นแบบบนโครงไม้ที่เตรียมขึ้นโดยให้ระดับเส้นแบ่งกึ่งกลางของชิ้นงาน(Part Line) พอดี ทำการเคลือบผิวเรื่อต้นแบบด้วยยางซิลิโคน โดยทำการทาเคลือบ 2 รอบ โดยรอบแรกใช้น้ำยางซิลิโคนจำนวน 800 กรัม ทาเคลือบให้ทั่ว แล้วปล่อยให้แห้งเป็นเวลา 1 คืน หลังจากนั้นทำการทาเคลือบรอบที่สอง โดยใช้ปริมาณ 700 กรัม สุดท้ายจะให้ความหนาของชั้นยางซิลิโคนประมาณ 2 มิลลิเมตร แล้ววางทับด้วยตะแกรงลวดที่ตัดเท่ากับขนาดของลำเรือที่ร้อยขัดด้วยเส้นใยคาร์บอน(Roving Carbon Fiber) ในขั้นตอนนี้ต้องทำในขณะที่น้ำยางซิลิโคนยังไม่แห้งตัวเต็มที่ แล้วจึงนำไปทำให้แห้งตัวด้วยสูญญากาศเป็นเวลา 3 ชั่วโมง เพื่อให้ตะแกรงติดกับซิลิโคน ดังแสดงในรูปที่ 2 จากนั้นจึงทำการเสริมความแข็งแรงของแม่พิมพ์ด้วยผ้าใยแก้วชนิด Glass Mat ใช้สารยึดติดชนิดพอลิเอสเตอร์ไม่อิ่มตัว โดยในขั้นตอนนี้ต้องค่อยๆ เพิ่มความหนาของผ้าใยแก้วทีละชั้น การเพิ่มความหนาผ้าใยแก้วครั้งเดียวเลยจะทำให้ความร้อนที่เกิดขึ้นจากการเกิดปฏิกิริยาในการแห้งตัวไม่สูงเกินไป และ ทำให้สารยึดติดใหม่ได้แต่ละชั้นผ้าจะทิ้งระยะเวลาให้น้ำยาอีพอกซีเกิดการแห้งตัวประมาณ 40 นาที แล้วขัดด้วยกระดาษทราย เพื่อทำให้ผิวเรียบและเพิ่มพื้นที่ผิว ทำให้การยึดติดกับชั้นผ้าชั้นต่อไปยึดติดได้ดีขึ้น เมื่อทำการวางชั้นผ้าได้ความหนาครึ่งหนึ่งของความหนาสุดท้ายของแม่พิมพ์ ทำการวางท่อทองแดงที่ขดงอให้มีขนาดเท่ากับขนาดของแม่พิมพ์ แล้วจึงเทของผสมระหว่างสารยึดติด กับ ผงอะลูมิเนียมที่ผสมในอัตราส่วน อัตราส่วน 100 กรัม ของสารยึดติด กับ 10 กรัม ของผงอะลูมิเนียม ซึ่งจะช่วยการกระจายความร้อน และ ส่วนของสารยึดติด กับทรายละเอียด ในอัตราส่วน

เดียวกัน จนหุ้มท่อทองแดงหมด เมื่อส่วนผสมเริ่มแห้งตัว จึงทำการวางชั้นผ้าใยแก้วลงไปอีกประมาณ 3 ชั้น แล้วรอจนกระทั่งแห้งตัวสนิท

เมื่อทำการขึ้นรูปแม่พิมพ์ด้านหนึ่งเสร็จแล้ว ก็ทำการพลิกแม่พิมพ์ เพื่อทำการขึ้นรูปอีกด้านหนึ่งของแม่พิมพ์ด้วยวิธีการเดียวกันกับที่กล่าวมาข้างต้น



รูปที่ 2 แสดงลักษณะของการวางตะแกรงลวดที่มีเส้นใยคาร์บอนพันขัดอยู่

3.2 แม่พิมพ์ชนิดไม่มีการเคลือบผิวด้วยยางซิลิโคน

วิธีการผลิตแม่พิมพ์ชนิดนี้ และ ผลิตเช่นเดียวกันกับชนิดที่เคลือบผิวด้วยยางซิลิโคน เพียงแต่ในขั้นตอนการเคลือบผิวแม่พิมพ์ จะเคลือบผิวด้วยสารเคลือบผิวปกติโดยใช้สารเคลือบผิวชนิดที่เป็นพอลิเอสเตอร์ไม่อิ่มตัว ชนิด Gel Coat ทำการเคลือบผิวด้านในของแม่พิมพ์ทั้ง 2 ข้าง

3.3 การผลิตเรื่อแบบกดอัดแบบขั้นตอนเดียว

จากแม่พิมพ์ที่จัดทำขึ้น นำไปทดสอบการผลิตเรื่อแบบกดอัด ในขั้นตอนการผลิตจะประกอบด้วยขั้นตอนที่สำคัญประกอบด้วย นำโฟม PVC ที่ตัดให้ได้ขนาดพอดีกับแบบแม่พิมพ์ วางลงบนแม่พิมพ์ จากนั้นทาเคลือบผิวด้วยสารยึดติดน้ำยา อีพ็อกซี ให้ทั่วพื้นที่ผิว จากนั้นจึงนำโฟม EPS ที่ขัดให้ได้ตามรูปทรงตามขนาดของลำเรือพอดี และ ถูกห่อหุ้มด้วยผ้าใยแก้ว และ ทาเคลือบด้วยน้ำยา อีพ็อกซี ชนิด SR1270/SD4999 แล้ว นำโฟม

ดังกล่าวมาวางลงบนโฟม PVC จากนั้นจึงนำโฟม PVC อีกครึ่งส่วนของตัวลำเรือ ที่ตัดขนาด และ ทาเคลือบด้วย น้ำยา อีพ็อกซี เช่นกัน มาวางหุ้มด้านบนของโฟม EPS ด้านที่เหลือ ซึ่งจะได้อโครงสร้างของตัวลำเรือคล้ายกับ โครงสร้างที่แสดงในรูปที่ 1 ที่ผ่านมา จากนั้นจึงปิด ประกบแม่พิมพ์อีกด้านหนึ่งลงไปกดอัดด้วยแรง พอประมาณ และ ทำการปิดขอบแม่พิมพ์ทั้ง 2 ด้าน เข้า ด้วยกันโดยใช้เทปกาว พร้อมกับ ใช้ระบบสุญญากาศดูด กด ประกบแม่พิมพ์ทั้ง 2 ข้างให้กดปิดติดกันให้สนิท สุดท้ายทำการต่อท่อน้ำร้อนจากอ่างควบคุมอุณหภูมิ ให้ ไหลวน เข้าไปในท่อทองแดงในแม่พิมพ์ โดยควบคุม อุณหภูมิให้อ่างควบคุมอุณหภูมิให้มีอุณหภูมิเท่ากับ 70°C ทำการอบบ่ม(Curing Process) ขึ้นงานเป็นเวลา 40 นาทีที่อุณหภูมิดังกล่าว จากนั้นทำการถอดท่อน้ำที่ ออก ทิ้งให้แม่พิมพ์เย็นตัวเพื่อเตรียมที่จะแกะชิ้นงานออก เวลา 20 นาที ซึ่งรวมเวลาที่ใช้ในการอบบ่มชิ้นงาน ทั้งหมดเป็นเวลา 60 นาที

4. ผลการทดลอง

จากการทดลองผลิตแม่พิมพ์ที่เคลือบผิวด้วยยาง ซิลิโคนในการผลิตกระดานโต้คลื่น และ กระดานโต้ลม พบว่าตะแกรงลวดที่ร้อยด้วยเส้นใยคาร์บอนนั้น ไม่ สามารถยึดติดกับยางซิลิโคนได้สม่ำเสมอทุกจุด เนื่องจาก เกิดโพรงอากาศระหว่างซิลิโคน กับ ตะแกรงลวด ทำให้ผิว ของแม่พิมพ์ผลิตได้ เกิดเป็นรอยบุ๋มตรงบริเวณที่เกิด โพรงอากาศ ทำการแก้ไขโดยการฉีดน้ำยาอีพ็อกซีเข้าไป อุดโพรงอากาศ แล้วทำการไล่อากาศออก จากการทดลอง ใช้แม่พิมพ์ดังกล่าวผลิตลำเรือแบบกดอัด ผลการทดลอง ผลิตลำเรือ ตามวิธีการผลิตที่กล่าวมาในหัวข้อ 3.3 พบว่า การยึดติดกันระหว่างชั้นของโฟม PVC กับ โฟม EPS ยึด ติดกันได้ดีมาก แต่ผิวของยางซิลิโคนหลุดลอกจากผิวของ แม่พิมพ์ในใช้แม่พิมพ์ดังกล่าวเพียงครั้งเดียว ซึ่งปัญหา ดังกล่าวเกิดเนื่องจากความสามารถในการยึดติดผิว (Adhesion) ระหว่างยางซิลิโคน กับ พอลิเอสเตอร์ไม่

อึดตัวไม่ดี ซึ่งปัญหาดังกล่าวอาจจะแก้ไขได้โดยใช้สาร ตัวกลางติดยึด(Primer) สำหรับวัสดุทั้ง 2 ชนิดช่วย

สำหรับแม่พิมพ์ที่ไม่ได้เคลือบผิวด้วยยางซิลิโคนนั้น สามารถผลิตได้โดยไม่เกิดรอยตำหนิบนผิวแม่พิมพ์และ ได้นำไปใช้ทดลองผลิตลำเรือแบบกดอัด จำนวน 15 ลำ แล้วนำเรือที่ผลิตได้ไปตรวจสอบปัญหาการยึดติดผิว และ รอยตำหนิต่างๆ ตามกระบวนการตรวจสอบคุณภาพของ บริษัทคอบร้า ได้ผลการตรวจสอบคุณภาพดังแสดงใน ตารางที่1 และ เมื่อเปรียบเทียบปัญหาที่สำคัญเรื่องการ ยึดติดของโฟม PVC กับ โฟม EPS ของการผลิตลำเรือ โดยใช้แม่พิมพ์เดิม กับ การใช้แม่พิมพ์ที่ได้ออกแบบขึ้น ใหม่ ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 2 และ ใน ตารางที่ 3 เป็นการเปรียบเทียบรอบระยะเวลาการผลิตลำ เรือ ของการใช้แม่พิมพ์เก่า กับ แม่พิมพ์ที่ออกแบบใหม่ พบว่าการใช้แม่พิมพ์แบบใหม่สามารถลดระยะเวลาการ ผลิตจาก 3 ชั่วโมง เหลือเพียง 1 ชั่วโมง

ตารางที่ 1 แสดงผลสรุปปัญหาจากการตรวจสอบ คุณภาพของการผลิตลำเรือแบบกดอัดโดยใช้แม่พิมพ์ที่ ไม่ได้เคลือบผิวด้วยยางซิลิโคน

ลักษณะปัญหา	จำนวนเรือ(ลำ)
การยึดติดโฟม PVC กับ EPS	1
โพรงอากาศรอบผิวขอบเรือ	0
ผิวเรือยุบตัว หรือ เป็นคลื่น	0
ขนาดความโค้งตัวลำเรือผิดเพี้ยน	3
ความหนาของตัวลำเรือไม่ได้ขนาด	0

*จากจำนวนลำเรือที่ทดลองผลิตทั้งหมด 15 ลำ

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบเปรียบเทียบปัญหาการไม่ติดกัน ระหว่าง โฟม PVC กับ โฟม EPS ของการผลิตลำเรือ กระดานโต้คลื่น

ใช้แม่พิมพ์แบบเดิม	33% ^a
ใช้แม่พิมพ์ที่ออกแบบใหม่	6% ^b

^a ค่าเฉลี่ยที่ได้จากข้อมูลบริษัทฯ

^b ค่าคำนวณจากการทดลองผลิตจำนวน 15 ลำ

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบระยะเวลาการผลิตลำเรือจากแม่พิมพ์ที่ใช้อยู่เดิม กับ แม่พิมพ์ที่ออกแบบใหม่ไม่ได้เคลือบผิวด้วยยางซิลิโคน

แม่พิมพ์การผลิตที่ใช้	ระยะเวลาการผลิต
แม่พิมพ์เดิม	3 ชั่วโมง
แม่พิมพ์ที่ออกแบบใหม่	1 ชั่วโมง

5. วิเคราะห์ผลการทดลอง

ในการใช้แม่พิมพ์ ที่เคลือบผิวด้วยยางซิลิโคนในการผลิตตัวลำเรือนั้น พบว่าใช้แม่พิมพ์ได้เพียงครั้งเดียว เพราะผิวซิลิโคนหลุดลอกจากแม่พิมพ์ โดยที่ชิ้นงานที่ผลิตได้มีคุณภาพสูง และ ไม่มีปัญหาในเรื่องการยึดติดระหว่างโฟม PVC กับ โฟม EPS เนื่องจากผิวยางซิลิโคนจะทำหน้าที่เป็นตัวรับแรงกดจากแรงกดสูญญากาศไปยังพื้นผิวของโฟม PVC กับ โฟม EPS ในแต่ละตำแหน่งได้เท่าๆ กันไม่ว่าโฟม EPS ที่ขัดแต่งผิวมาจะมีรอยยุบ หรือ หนูน ไม่สม่ำเสมอก็ตาม ซึ่งปัญหาซิลิโคนหลุดลอกอาจจะแก้ปัญหามาได้ด้วยการใช้ตัวกลางยึดติด(Primer) ระหว่างพอลิเอสเตอร์ไม่อิมตัว กับ ยางซิลิโคนก็ได้

สำหรับผลการใช้แม่พิมพ์ที่ออกแบบใหม่ที่ไม่มีการเคลือบผิว และ มีระบบการให้ความร้อนกับแม่พิมพ์ด้วยระบบการไหลวนของน้ำร้อน และ นอกจากนั้นยังได้ทำการสลับด้านของแม่พิมพ์คือด้านเบอร์ 1 และ ด้านเบอร์ 2 ในทิศทางตรงกันข้ามกับแม่พิมพ์ที่ใช้อยู่เดิมพบว่า จากจำนวนเรือที่ทดลองผลิตจำนวน 15 ลำ พบว่าสามารถลดปัญหาเรื่องการยึดติดผิวระหว่างโฟม PVC และ โฟม EPS ซึ่งเป็นปัญหาหลักของการผลิต ลงจาก 33% เหลือเพียง 6% ปัญหาที่ลดลงอย่างมากเป็นผลอันเนื่องมาจาก แม่พิมพ์ที่ได้ออกแบบใหม่สามารถทำให้แรงกดบนชิ้นงานสม่ำเสมอ นอกจากนี้ การใช้ระบบความร้อนเข้าช่วยในการแห้งตัวของน้ำยาอีพ็อกซีเรซินแห้งตัวอย่างเต็มที่ ทำให้การยึดติดระหว่างชิ้นโฟมทั้งสอง ไม่

หลุดออกจากกันขณะเปิดแม่พิมพ์เพื่อเอ้าชิ้นงานออก ซึ่งเมื่อเทียบกับการใช้แม่พิมพ์แบบเดิมขณะเปิดแม่พิมพ์ ชิ้นงานยังไม่แห้งตัวเต็มที่อาจจะทำให้ชิ้นโฟมทั้งสองเกิดการดีดแยกตัวออกจากกัน เนื่องจากไม่มีแรงกดให้ติดยึดกัน สำหรับการวางท่อทองแดงควบคุมอุณหภูมิโดยใช้น้ำร้อนไหลวนนั้น นอกจากจะสามารถควบคุมอุณหภูมิได้อย่างสม่ำเสมอแล้ว ยังสามารถลดระยะเวลาการผลิตเรือกระดานโต้คลื่น และ กระดานโต้ลม ซึ่งเดิมใช้ระยะเวลาผลิตต่อลำเท่ากับ 3 ชั่วโมง เมื่อใช้แม่พิมพ์ดังกล่าวจะใช้ระยะเวลาการผลิตเพียง 1 ชั่วโมง ผลการออกแบบดังกล่าวนอกจากช่วยลดปัญหานั้นขึ้นงานแล้ว ยังช่วยเพิ่มผลผลิตด้วย เนื่องจากปัจจุบันทางบริษัทผลิตลำเรือโดยใช้แม่พิมพ์แบบเดิมได้วันละ 240 ลำ ดังนั้นถ้าเปลี่ยนมาใช้แม่พิมพ์ที่ออกแบบใหม่ จะผลิตลำเรือได้ถึงวันละ 720 ลำ ซึ่งมากกว่าเดิมถึง 3 เท่าตัว หรือในทางกลับกัน ถ้าต้องการผลิตจำนวนเรือเท่าเดิม ทางบริษัทสามารถลดจำนวนแม่พิมพ์ที่ใช้ในการผลิตลง 3 เท่าตัว นั้นหมายถึงจำนวนพนักงานที่ลดลง และ แ่นอนทุนให้ต้นทุนการผลิตลดลงด้วยเช่นกัน

6. สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองศึกษาการออกแบบแม่พิมพ์ใหม่ ทำให้สรุปได้ว่า การใช้ยางซิลิโคนเคลือบผิวหน้าแม่พิมพ์พบว่าความยืดหยุ่นของซิลิโคนสามารถช่วยทำให้ปัญหาการยึดติดผิวของโฟม PVC กับ โฟม EPS ลดลงแต่แม่พิมพ์มีอายุการใช้งานสั้นมากเนื่องจากผิวซิลิโคนหลุด และ สำหรับแม่พิมพ์ที่ไม่ต้องเคลือบผิวด้วยยางซิลิโคน และ มีระบบท่อน้ำร้อนช่วยควบคุมอุณหภูมินั้นก็ช่วยแก้ปัญหการยึดติดผิวของโฟมทั้งสองได้เหมือนกัน และ ยังสามารถลดระยะเวลาการผลิตลง ซึ่งจะทำให้สามารถเพิ่มผลผลิตต่อวัน ได้ถึง 3 เท่าตัว ได้อีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

ศุภสโรหะ หมั่นสิทธิ, วัสดุศาสตร์เชิงฟิลิกส์, ศูนย์สื่อเสริม,
กรุงเทพ, 2542

F.R. Eirich(Ed), Science and Technology of Rubber,
Academic Press, 1998

J.A. Brydson, Plastics Material, Butterworth-
Heinemann, 1999

L.E. Nielson, Mechanical Properties of Polymers
And Composites, 1974