บทที่ 5
สรุปผลการดำเนินงานวิจัย

สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลงานวิจัย

ในงานวิจัยนี้ ศึกษาเกี่ยวกับการหา ส่วนผสมที่เหมาะสมของวัสดุผสมสำหรับแม่พิมพ์ขึ้นรูปด้วยความร้อนของพลาสติกแผ่นโดยใช้เทคนิคการออกแบบการทดลอง เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมสำหรับสร้างแม่พิมพ์ขึ้นรูปด้วยความร้อนของพลาสติกแผ่น โดยใช้วิธีการออกแบบส่วนผสม (Combined Mixture-Process Design) ซึ่งกำหนดตัวแปรทั้งหมด 5 ตัวแปร แบ่งเป็นส่วนผสมในการผลิตแม่พิมพ์ขึ้นรูปด้วยความร้อนของพลาสติกแผ่น ได้แก่ เรซิน อลูมิเนียม และทัลคัม ซึ่งเป็นส่วนผสมหลักของการสร้างแม่พิมพ์ขึ้นรูปด้วยความร้อนของพลาสติกแผ่น ส่วนของด้านกระบวนการหรือลักษณะภายนอก ได้แก่ อุณหภูมิ และระยะเวลาในการเซตตัวของวัสดุผสม โดยมีค่าความแข็งแรงเป็นตัวแปรผลตอบ ได้สูตรการทดลองทั้งหมด 46 สูตร

เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของปัจจัยที่ทำการศึกษาและพิจารณาผลทางสถิติของแต่ละแบบจำลอง พบว่าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Std. Dev.) และค่าผลรวมกำลังสองของความคลาดเคลื่อน (PRESS) ให้ค่าต่ำกว่าแบบจำลองอื่น ค่า R^2 และ Adj-R^2 ให้ค่าสูงกว่าแบบจำลองอื่น ซึ่งจะเห็นได้ว่าแบบจำลองควอสแดติกส์คูณแบบจำลองควอสแดติกส์ (Quadratic x Quadratic Model) เป็นแบบจำลองที่เหมาะสม โดยได้สมการความสัมพันธ์ดังนี้

$$\begin{aligned}\textit{Shore (D)} = {} & 83.85A+82.76B+85.79C+10.07AB-2.83AC+0.087A-6.667E\text{-}03AE+9BC \\ & -1.78BD-0.58BE+0.61CD-0.8CE-0.075AD^2-0.24AE^2+0.15BD^2+7.99BE^2 \\ & +3.61CD^2+5CE^2+3.82ABD+1.6ABE1.92ACD+1.54ACE+0.35ADE \\ & +2.67BCD+3.02BCE-0.99BDE+0.44CDE-15.16ABE^2-7.15ACD^2 \\ & +10.79ACE^2-7.85BCD^2-6.03BCE^2+1.68ABDE-2.22ACDE+1.22BCDE\end{aligned}$$

A = เรซิน; B = อลูมิเนียม; C = ทัลคัม; D = อุณหภูมิ; E = เวลา

จากการตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบ เมื่อพิจารณาส่วนตกค้างจากการพิจารณากราฟของส่วนตกค้าง ได้แก่การพล็อตส่วนตกค้าง (Residual Plots) และการพล็อตการกระจายแบบปกติ (Normal Probability Plots) พบว่ามีการกระจาย แบบสุ่ม แสดงว่าความแปรปรวนของค่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความคลาดเคลื่อนคงที่ ดังนั้นสมการถดถอยมีรูปแบบที่เหมาะสมกับข้อมูล และเมื่อตรวจสอบค่า leverage และค่า Quilter (d_i) พบว่าไม่พบจุดไฮเลฟเวอร์เลจ (high leverage) เกิดขึ้น นั่นคือไม่มีค่าผิดปกติเนื่องจากค่าตัวแปรอิสระเกินค่า h_{ii} ($h_{ii} \geq 1.522$) และค่าควอลิเออร์ (Quilter : d_i) มีค่าอยู่ในช่วงกำหนดควบคุมจำกัด ±3.5 แสดงว่าข้อมูลนั้นไม่มีค่าผิดปกติเนื่องจากตัวแปรตาม และเมื่อพิจารณาค่าคุกส์ดิสต์แตนต์ (Cook's Distance : D_i) ไม่พบค่ามีอิทธิพล หลังจากตรวจสอบค่าสังเกตที่มีอิทธิพล เนื่องจากค่าคุกส์ดิสต์แตนต์ (Cook's Distance : D_i) มีค่าไม่เกิน 1

เมื่อทำการวิเคราะห์ค่าที่เหมาะสม (Optimization) สรุปได้ผลว่า เมื่อทดลองในแต่ละคำตอบที่หาอัตราส่วนที่เหมาะสมที่ให้ค่าความแข็งวัสดุผสมมากที่สุดในแต่ละคำตอบคือ 86.6 ชอร์ดี ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 5-1

ตารางที่ 5-1 อัตราส่วนผสมที่เหมาะสมที่ให้ค่าความแข็งวัสดุผสมมากที่สุดในแต่ละคำตอบ

คำตอบ	A	B	C	D	E
1	54.99	24.00	21.01	74.64	9.93
2	50.02	24.00	25.98	87.81	9.79
3	56.73	24.00	19.17	81.10	9.96
4	53.02	24.00	22.98	80.71	7.00
5	50.00	24.00	26.00	82.85	8.52
6	50.00	24.00	26.00	82.93	8.81
7	50.07	24.00	25.93	82.50	7.55
8	52.77	24.00	18.23	71.72	10.00
9	50.03	24.00	25.97	71.08	10.00

A = เรซิน; B = อลูมิเนียม; C = ทัลคัม; D = อุณหภูมิ; E = เวลา

เมื่อเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการทำนายกับค่าที่ได้จากการทดสอบ สำหรับคำตอบที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ในแต่ละคำตอบ พบว่าค่าผลตอบทั้งหมดจากการทดลองไม่มีความแตกต่างกับค่าผลตอบจากการทำนายอย่างมีนัยสำคัญ และยังสามารถยืนยันการทดลองว่าในการทดลองเพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมหลายคำตอบ สามารถทำให้ได้ค่าความแข็งที่มากที่สุด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 5-2 แสดงค่าของวัสดุผสมใหม่ที่ได้จากการออกแบบการทดลองทั้ง 9 คำตอบ

สูตร	เรซิน	อลูมิเนียม	ทัลคัม	อุณหภูมิ	ระยะเวลา	ชอร์ดี
1	54.99	24.00	21.01	74.64	9.93	86.6
2	50.02	24.00	25.98	87.81	9.97	86.6
3	56.73	24.00	19.27	81.10	9.96	86.6
4	53.02	24.00	22.98	80.71	7.00	86.6
5	50.00	24.00	26.00	82.25	8.82	86.6
6	50.00	24.00	26.00	82.93	8.81	86.6
7	50.07	24.00	25.93	82.50	7.55	86.6
8	57.77	24.00	18.23	72.14	10.00	86.6
9	50.03	24.00	25.97	71.08	10.00	86.6

จากตารางที่ 5-2 เมื่อพิจารณาเงื่อนไขดังกล่าวสามารถหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตวัสดุผสมที่มีค่าความแข็งมากที่สุดอยู่หลายคำตอบ โดยคำตอบดังกล่าวมีผลต่อผลตอบ คือ ค่าความแข็งของวัสดุผสมมีค่ามากที่สุด และจะเห็นว่าในการใช้ผงอลูมิเนียมในการผลิตนั้น ทุก ๆ ค่าจะใช้ผงอลูมิเนียมในการผลิตเท่ากันหมด คือใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตร้อยละ 24.00 ดังนั้นจากคำตอบทั้ง 9 คำตอบที่ให้ค่าความแข็งเท่ากันหมด จึงตัดสินใจเลือกใช้คำตอบจากจากสูตรที่ 4 ซึ่งต้องใช้เรซินในการผลิตร้อยละ 53.02 ต้องใช้อลูมิเนียมในการผลิตร้อยละ 24.00 ต้องใช้ทัลคัมในการผลิตร้อยละ 22.98 ซึ่งทั้งหมดเมื่อนำค่าร้อยละของทั้งเรซิน อลูมิเนียม และทัลคัม มารวมกันจะได้เท่ากับร้อยละร้อย หรือ 100% พอดี และปัจจัยที่ต้องทำการควบคุมก็มีเรื่องของอุณหภูมิในการอบเท่ากับ 80.71 องศาเซลเซียส และระยะเวลาในการอบเท่ากับ 7.00 ชั่วโมง ซึ่งจะทำให้ได้ค่าความแข็งแรงเท่ากับ 86.6 ชอร์ดี ที่เลือกใช้คำตอบนี้เพราะว่า ใช้ระยะเวลาในการอบสั้นที่สุด ซึ่งจะทำให้เราสามารถผลิตวัสดุผสมใหม่ได้รวดเร็วมากที่สุด

ผู้วิจัยหวังว่างานวิจัยชิ้นนี้จะเป็นประโยชน์ต่อโรงงานอุตสาหกรรมผลิตแม่พิมพ์ขึ้นรูปด้วยความร้อนพลาสติกแผ่น หรือนำไปเป็นข้อมูลพื้นฐานเพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการผลิตแม่พิมพ์ขึ้นรูปด้วยความร้อนพลาสติกแผ่น และเป็นแนวทางในการพัฒนาวัสดุผสมต่อไปในอนาคต เพื่อเป็นการลดต้นทุนในการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตแม่พิมพ์ขึ้นรูปด้วยความร้อนพลาสติกแผ่น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองอย่างเช่น อลูมิเนียมผงไม่สามารถหาซื้อเป็นหน่วยย่อยได้ ต้องสั่งซื้อในปริมาณที่มากพอ ทางตัวแทนจำหน่ายจึงจะยินยอมจำหน่ายให้

5.2.2ในการผสมวัสดุที่ใช้ในการทดลอง ควรมีเครื่องมือที่มีความเที่ยงตรงและมีความแม่นยำสูง เพราะน้ำหนักที่เป็นสัดส่วนผสมจะมีผลต่อการทดลอง

5.2.3 ในการทำการทดสอบผลิตภัณฑ์ทุกครั้ง ควรใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติมาประยุกต์ใช้ในการเก็บรวมรวม วิเคราะห์ และสรุปผลการทดลอง เพื่อให้การพัฒนาผลิตภัณฑ์นั้นเป็นระบบ ง่ายและสะดวกต่อการนำข้อมูลมาใช้ เพื่อการศึกษาหรือวิจัยในครั้งต่อ ๆ ไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved