บทที่ 6

การปรับปรุง

6.1 บทนำ

หลังจากที่ได้ทำการวิเคราะห์ปัจจัยนำเข้าปัญหาที่ทำให้เกิดปัญหาจุดดำในชิ้นงานและสามารถคัดกรองจนสามารถเหลือปัจจัยนำเข้าที่คาดว่าจะเป็นสาเหตุของปัญหาได้เหลือเพียง 4 ปัจจัยแล้วนั้นในขั้นตอนต่อไปจะเป็นการนำปัจจัยดังกล่าวทั้งหมดไปทำการออกแบบการทดลองทางสถิติเพื่อหาค่าที่เหมาะสมสำหรับในแต่ละปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่ออัตราส่วนข้อบกพร่องเนื่องมาจากปัญหาจุดดำในชิ้นงานและใช้เป็นแนวทางในการควบคุมการปฏิบัติงานในอนาคตต่อไป

6.2 การพิจารณาปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ

จากปัจจัยนำเข้าที่เหลือทั้งหมด 4 ปัจจัยจะถูกนำมาใช้ในการออกแบบการทดลองเพื่อพิจารณาปัจจัยที่มีผลกับการเกิดปัญหาจุดดำในชิ้นงานโดยในการทดลองเพื่อศึกษาในแต่ละปัจจัยนั้นจะทำการพิจารณากำหนดระดับของปัจจัยอยู่ที่ 2 ระดับคือที่ระดับต่ำ (-1) และระดับสูง (1) โดยระดับต่ำพิจารณาจากส่งผลให้เกิดอัตราส่วนของเสียเป็นปัญหาจุดดำสูง ส่วนระดับสูงพิจารณาจากระดับการทดลองนั้นส่งผลให้เกิดอัตราส่วนของเสียที่เป็นจุดดำต่ำ ซึ่งจากการพิจารณาจากหลักเกณฑ์ดังกล่าวนี้ทำให้สามารถกำหนดระดับของแต่ละปัจจัยได้ดังนี้

6.2.1 ความสะอาดของสกรู

เนื่องจากในขั้นตอนการทดสอบสมมติฐานจะพบได้ว่าเมื่อมีการนำสกรูมาทำความสะอาดด้วยการขัดแล้วนั้นอัตราส่วนของเสียที่เป็นปัญหาจุดดำน้อยกว่าสกรูที่ไม่มีการนำมาทำความสะอาดและใช้วิธีการนำเม็ดไล่เศษออกมา ดังนั้นจึงกำหนดให้วิธีการทำความสะอาดด้วยการขัดเป็นระดับสูงและการทำความสะอาดด้วยวิธีการใช้เม็ดไล่เศษสิ่งสกปรกเป็นระดับต่ำ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.2.2 อุณหภูมิในการฉีดชิ้นงาน

การกำหนดอุณหภูมิในการฉีดนั้นมีการกำหนดให้ที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เป็นการกำหนดการทดลองที่ระดับสูงเนื่องจากให้อัตราส่วนของเสียต่ำกว่าที่อุณหภูมิ 240 องศาเซลเซียสที่มีการกำหนดให้เป็นการทดลองที่ระดับต่ำเนื่องจากให้อัตราส่วนของเสียที่สูง

6.2.3 เวลาที่ใช้ในการฉีดชิ้นงาน

เวลาที่ใช้ในการทดลองมีการกำหนดไว้ 2 ระดับเช่นเดียวกันโดยมีการกำหนดไว้ที่ 8 วินาทีเป็นระดับสูงเนื่องจากให้อัตราส่วนของเสียต่ำกว่าที่เวลา 12 วินาทีซึ่งมีการกำหนดให้เป็นการทดลองที่ระดับต่ำเนื่องจากให้อัตราส่วนของเสียที่สูงกว่า

6.2.4 ความสะอาดของ Runner

Runner ที่นำมาใช้ในการทดลองมีการกำหนดไว้ 2 ระดับเช่นเดียวกันโดยกำหนดไว้ว่า Runner ที่ไม่ได้ผ่านการร่อนเป็นการทดลองที่ระดับต่ำเนื่องจากให้อัตราส่วนของของเสียที่สูงและ Runner ที่ผ่านการร่อนแล้วเป็นการทดลองในระดับสูงเนื่องจากให้ผลของอัตราส่วนของเสียที่ระดับต่ำกว่า

จากการกำหนดปัจจัยในแต่ละระดับการทดลองของแต่ละปัจจัยสามารถสรุปผลได้ดังนี้

ตารางที่ 6.1 แสดงระดับของปัจจัยนำเข้าของแต่ละปัจจัยที่ทำการทดลอง

ลำดับที่	ปัจจัยนำเข้า	ระดับ	
		-1	1
1.	สกรูที่มีวิธีการทำความสะอาดต่างกัน	สกรูที่ใช้เศษเม็ดไล่สิ่งตกค้าง	สกรูที่ใช้วิธีการขัด
2.	อุณหภูมิที่ใช้ในการฉีด	240 องศาเซลเซียส	200 องศาเซลเซียส
3.	เวลาที่ใช้ในการฉีด	22 วินาที	18 วินาที
4.	Runner ที่นำมาใช้ผสม	ไม่ผ่านการร่อน	ผ่านการร่อน

6.3 ตัวแปรตอบสนอง

ในการทดลองนี้เป็นการศึกษาหาปัจจัยที่ทำให้เกิดปัญหาจุดดำในชิ้นงานดังนั้นตัวแปรตอบสนองในการทดลองครั้งนี้คืออัตราของเสียเนื่องจากปัญหาชิ้นงานเป็นจุดดำ

6.4 ขั้นตอนการออกแบบการทดลองทางสถิติ

ในการทดลองเพื่อพิจารณาปัจจัยนำเข้าทั้งหมดที่มีผลต่อปัญหาจุดดำในชิ้นงานนั้นจำเป็นต้องทำการทดลองให้ครบทุกขั้นตอนตามวิธีการการออกแบบการทดลองโดยจะต้องประกอบไปด้วยขั้นตอนดังต่อไปนี้

6.4.1 ทำการออกแบบการทดลอง

ในการทดลองครั้งนี้เลือกดำเนินการทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบ 2^k โดยที่ k คือจำนวนปัจจัยที่ใช้ในการทดลองซึ่งในการทดลองครั้งนี้ประกอบไปด้วย 4 ปัจจัย และ 2 คือจำนวนระดับที่ใช้ในการทดลองซึ่งประกอบไปด้วย 2 ระดับ ได้แก่ระดับต่ำ (-) และระดับสูง (+) ดังตารางที่ 7.1 โดยในการออกแบบการทดลองนั้นมีหลักการพื้นฐาน 3 ประการด้วยกันคือ

6.4.1.1 การทำซ้ำ (Replication)

หมายถึงการทำการทดลองซ้ำ การทำซ้ำมีคุณสมบัติที่สำคัญ 2 ประการคือทำให้ผู้ทำการทดลองสามารถหาค่าประมาณของความผิดพลาดในการทดลองได้โดยตัวประมาณค่าความผิดพลาดนี้กลายเป็นหน่วยของการวัดขั้นพื้นฐานสำหรับพิจารณาว่าความแตกต่างสำหรับข้อมูลที่ได้จากการทดลองนั้นมีความแตกต่างกันในเชิงสถิติหรือไม่ ส่วนอีกประการหนึ่งคือถ้าค่าเฉลี่ยถูกนำมาใช้เพื่อประมาณผลที่เกิดจากปัจจัยหนึ่งในการทดลองดังนั้นการทำซ้ำทำให้ผู้ทดลองสามารถหาตัวประมาณที่ถูกต้องยิ่งขึ้นในการประมาณผลกระทบนี้

6.4.1.2 การสุ่ม (Randomization)

เป็นพื้นฐานหลักสำหรับการใช้วิธีการเชิงสถิติในการออกแบบการทดลองโดยการสุ่มนั้นหมายถึงการทดลองที่มีทั้งวัสดุที่ใช้ในการทดลองและลำดับของการทดลองแต่ละครั้งเป็นแบบสุ่ม

6.4.1.3 การบล็อกกิง (Blocking)

เป็นเทคนิคที่ใช้สำหรับเพิ่มความเที่ยงตรง (Precision) ให้แก่การทดลอง บล็อกอันหนึ่งอาจจะหมายถึงส่วนหนึ่งของวัสดุที่ใช้ในการทดลองที่ควรจะมีความเป็นอันหนึ่งอันเดียวกันมากกว่าเซ็ตทั้งหมดของวัสดุ การเปรียบเทียบเงื่อนไขที่น่าสนใจต่างๆภายในแต่ละบล็อกจะเกิดขึ้นได้จากการทำบล็อกกิง

6.4.2 การออกแบบจำนวนสิ่งตัวอย่าง

ในการทดลองนี้จะประเมินหาขนาดสิ่งตัวอย่างโดยใช้โปรแกรม MINITAB มาช่วยในการหาขนาดสิ่งตัวอย่างที่เหมาะสม ซึ่งผลจากการทดสอบสมมติฐานในบทที่ 6 โดยพิจารณาจากสัดส่วนของของเสียที่เกิดขึ้นทำให้สามารถพิจารณาจำนวนของสิ่งตัวอย่างในแต่ละปัจจัยได้ดังนี้

ตารางที่ 6.2 แสดงจำนวนสิ่งตัวอย่างที่ทำการทดลองในแต่ละปัจจัย

ลำดับ	ปัจจัยนำเข้าที่ใช้พิจารณา	จำนวนสิ่งตัวอย่าง
1.	วิธีการทำความสะอาดสกรู	119 ชิ้น
2.	อุณหภูมิที่ใช้ในการฉีด	371 ชิ้น
3.	เวลาที่ใช้ในการฉีด	2000 ชิ้น
4.	Runner ที่นำมาใช้ผสม	2737 ชิ้น

6.4.2.1 การเตรียมการทดลอง

6.4.2.1.1 จัดเตรียมวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตได้แก่

6.4.2.1.2 จัดเตรียมเครื่องจักรและอุปกรณ์ เช่น สกรู, เศษ Runner, แม่พิมพ์ที่จะใช้ในการผลิตจัดเตรียมพนักงานที่ใช้ในการควบคุมเครื่องและทำการตรวจสอบในการทดลองครั้งนี้จะใช้พนักงานกลุ่มเดียวกันทั้งหมด

6.4.2.2 ขั้นตอนการทดลอง

6.4.2.2.1 นำเม็ดพลาสติกเทลงใน Hopper dryer แล้วปิดฝาให้เรียบร้อย ปรับตั้งการอบ

6.4.2.2.2 ปรับอุณหภูมิกระบอกฉีดให้เหมาะสมกับชนิดของพลาสติกในการทดลอง

6.4.2.2.3 ปรับความดันฉีด PI ที่ 50% ความเร็วฉีด V1 = 50 %, V2 = 40%, V3 = 30%, V4 = 25%, VH = 15%

6.4.2.2.4 ปรับเวลาฉีดตามการทดลอง เวลา cooling 10 วินาที ปรับรอบเวลาฉีดแม่พิมพ์ 2 วินาที

6.4.2.2.5 บิด switch ให้อยู่ตำแหน่ง manual จากนั้นบิด switch ชุดปิด-เปิดแม่พิมพ์ ให้แม่พิมพ์ ปิดสนิท

6.4.2.2.6 บิด switch เลือกการทำงานของชุด nozzle เดินหน้าให้หัว nozzle ของเครื่องฉีดสนิทกับ spur bush ของ mold และให้ชุดฉีดมีไฟโชว์สีแดง

6.4.2.2.7 บิด switch เลือกการทำงานของชุดสกรูให้สกรูฉีดพลาสติกเข้าไปใน mold จากนั้นบิด switch ถอยสกรูให้กลับไปที่ตำแหน่ง screw charge

6.4.2.2.8 เมื่อหมดเวลาหล่อเย็น (cooling) ให้บิด switch การทำงานของ mold ไปที่ตำแหน่ง mold เปิดจนแม่พิมพ์ชุดเคลื่อนที่หยุด

6.4.2.2.9 บิด switch เลือกการทำงานชุดกระทุ้ง (ejector) ไปด้านขวามือให้ชุดกระทุ้งเคลื่อนที่จนหยุดนิ่ง (switch LS31 มีไฟสีแดงติดขึ้น) ถ้าหากชิ้นงานไม่ร่วงจากแม่พิมพ์ให้ปรับระยะกระทุ้งให้มากขึ้น 3-5 มิลลิเมตร

6.4.2.2.10 บิด switch เลือกการทำงานของชุดกระทุ้งไปด้านซ้ายมือให้ชุดกระทุ้งถอยกลับจนสุด (switch LS31 มีไฟสีแดงติดขึ้น)

6.4.2.2.11 พิจารณาชิ้นงานที่ฉีดได้หากชิ้นงาน short mold ให้เพิ่ม short size 3-5 มิลลิเมตร แล้วทำการฉีดใหม่จนกระทั่งชิ้นงานเต็มสมบูรณ์

6.4.2.2.12 เมื่อได้ชิ้นงานที่สมบูรณ์แล้วให้บิดเลือก switch การทำงานที่กึ่งอัตโนมัติ (semi auto) หรืออัตโนมัติ (Automatic) ตามชนิดของแม่พิมพ์นั้นๆเพื่อทำการผลิตต่อไป

6.5 ผลการทดลอง

ในการทดลองได้ทำการปรับปัจจัยที่นำเข้าในการทดลองทั้ง 4 ปัจจัยอันได้แก่ การนำสกรู ที่ผ่านการทำความสะอาดจาก 2 วิธีที่แตกต่างกัน, การปรับตั้งค่าอุณหภูมิในการฉีด, การปรับตั้งเวลาในการฉีด และ Runner ที่ผ่านการร่อนทำความสะอาดและไม่ผ่านการร่อนทำความสะอาด นำมาทำการทดลองเป็นจำนวนครั้งทั้งหมด 32 การทดลอง ซึ่งได้ผลการทดลองดังตารางที่ 6.3

ตารางที่ 6.3 แสดงผลการทดลอง

StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	Runner	Screw	Temp	Time	BD
11	1	1	1	-1	1	-1	1	0.132
21	2	1	1	-1	-1	1	-1	0.161
5	3	1	1	-1	-1	1	-1	0.172
25	4	1	1	-1	-1	-1	1	0.155
31	5	1	1	-1	1	1	1	0.115
10	6	1	1	1	-1	-1	1	0.112
14	7	1	1	1	-1	1	1	0.18
15	8	1	1	-1	1	1	1	0.121
28	9	1	1	1	1	-1	1	0.07
27	10	1	1	-1	1	-1	1	0.09
30	11	1	1	1	-1	1	1	0.165
19	12	1	1	-1	1	-1	-1	0.114
16	13	1	1	1	1	1	1	0.08
9	14	1	1	-1	-1	-1	1	0.175

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

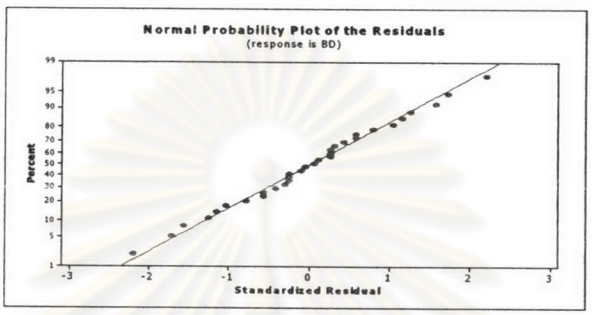
StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	Runner	Screw	Temp	Time	BD
17	15	1	1	-1	-1	-1	-1	0.17
20	16	1	1	1	1	-1	-1	0.068
23	17	1	1	-1	1	1	-1	0.095
13	18	1	1	-1	-1	1	1	0.195
6	19	1	1	1	-1	1	-1	0.128
7	20	1	1	-1	1	1	-1	0.065
29	21	1	1	-1	-1	1	1	0.19
1	22	1	1	-1	-1	-1	-1	0.165
26	23	1	1	1	-1	-1	1	0.145
22	24	1	1	1	-1	1	-1	0.15
24	25	1	1	1	1	1	-1	0.07
4	26	1	1	1	1	-1	-1	0.073
12	27	1	1	1	1	-1	1	0.081
2	28	1	1	1	-1	-1	-1	0.156
8	29	1	1	1	1	1	-1	0.068
32	30	1	1	1	1	1	1	0.088
18	31	1	1	1	-1	-1	-1	0.155
3	32	1	1	-1	1	-1	-1	0.138

6.5.1 ตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Model Adequacy Checking)

ก่อนที่จะนำข้อสรุปผลจากการทดลองไปใช้ได้จะต้องมีการตรวจสอบความเพียงพอ (Adequacy) ของแบบจำลองทางสถิติที่นำมาใช้เสียก่อน โดยการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองนั้นจะต้องประกอบไปด้วยการทดสอบข้อกำหนดเกี่ยวกับความคลาดเคลื่อนของการทดลองภายในเงื่อนไข 3 ประการได้แก่

6.5.1.1 สมมติฐานของความเป็นปกติ

ภายใต้สมมติฐาน (Assumption) ที่ว่า เทอมของความผิดปกติ (Error term) ต้องมีการแจกแจงแบบปกติ (Normal Didtribution) ซึ่งสามารถตรวจสอบโดยดูจากการพล็อตความคลาดเคลื่อนลงบนกราฟการแจกแจงแบบปกติดังรูปที่ 7.1

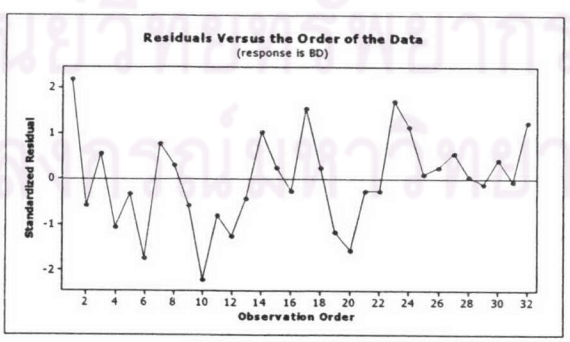


รูปที่ 6.1 กราฟแสดงการกระจายของค่าส่วนตกค้าง

จากภาพข้างต้นพบว่าเทอมของความผิดปกตินำจะมีการแจกแจงแบบปกติเนื่องจากลักษณะจุดที่ปรากฏในแผนภาพส่วนใหญ่มีการกระจายอยู่ในแนวเส้นตรง

6.5.1.2 สมมติฐานของความเป็นอิสระ

ภายใต้สมมติฐาน (Assumption) ที่ว่า เทอมของความผิดปกติต้องไม่มีความสัมพันธ์กัน (Uncorrelated) กล่าวคือข้อมูลแต่ละตัวต้องเป็นอิสระต่อกันซึ่งสามารถตรวจสอบได้จากการพล็อตค่าความคลาดเคลื่อนตามลำดับเวลาดังรูปที่ 7.2

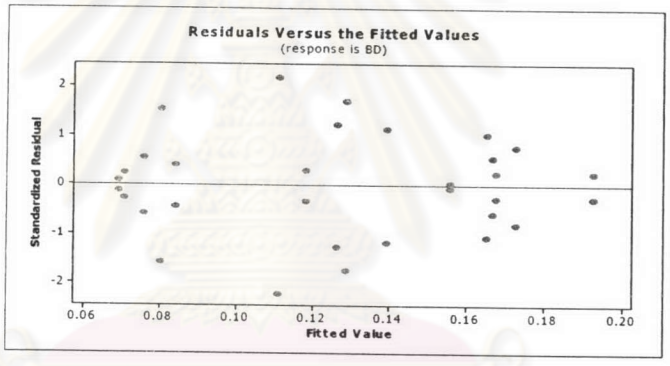


รูปที่ 6.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างและลำดับของข้อมูล

จากรูปที่ 6.2 จะเห็นว่าการกระจายตัวของค่าความคลาดเคลื่อนเป็นไปอย่างอิสระ และไม่มีแนวโน้มแสดงว่าข้อมูลแต่ละตัวเป็นอิสระต่อกันและไม่ขึ้นกับเวลา

6.5.1.3 สมมติฐานของค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน

ภายใต้สมมติฐาน (Assumption) ที่ว่า ความผิดปกติต้องมีค่าเฉลี่ย (Mean) เป็น 0 และต้องมีความแปรปรวน (Variance) คงที่ ซึ่งถ้าหากแบบจำลองถูกต้องและสมมติฐานมีความเหมาะสมแล้วส่วนตกค้างที่เกิดขึ้นจะไม่มีรูปแบบหรือโครงสร้างใดๆทั้งสิ้นและจะไม่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรอื่นใดรวมถึงค่าของผลตอบที่ถูกทำนาย (Predicted Response) ด้วย และลักษณะจุดที่ปรากฏจะต้องมีการกระจายเท่าๆกันรอบค่าศูนย์ซึ่งสามารถตรวจสอบได้จากการพล็อตค่าความคลาดเคลื่อนเทียบกับสมการที่ประมาณ (Fitted value) ดังรูปที่ 6.3

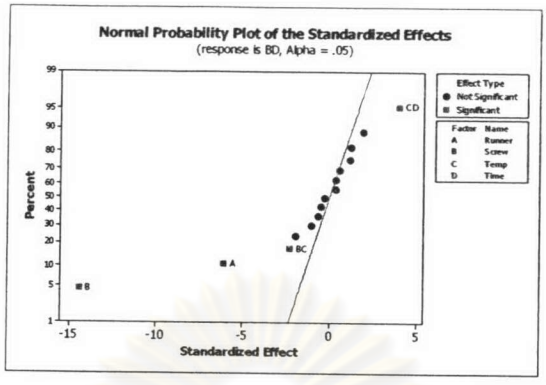


รูปที่ 6.3 แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าส่วนตกค้างและค่าที่ถูกฟิต

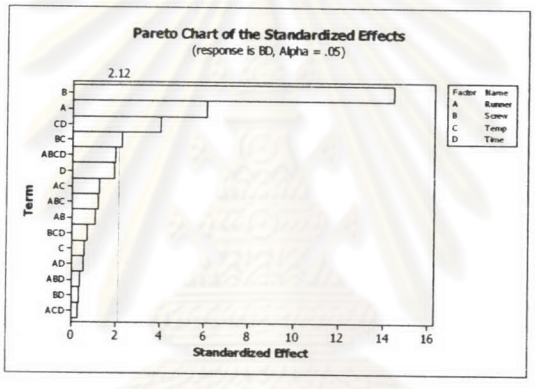
จากรูปที่ 6.3 พบว่าลักษณะของจุดมีการกระจายอย่างสม่ำเสมอโดยสุ่มรอบๆเส้นกลางดังนั้นจึงสรุปได้ว่าความคลาดเคลื่อนมีค่าเฉลี่ยเป็น 0 และมีความแปรปรวนคงที่

6.5.2 วิเคราะห์ผลการทดลอง

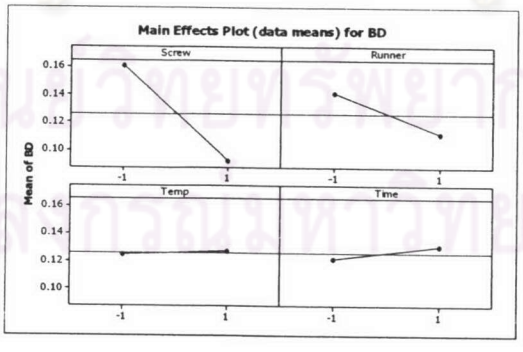
หลังจากการทดลองเสร็จสิ้นได้มีการทำการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม MINITAB เพื่อพิจารณาผลของปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่มีนัยสำคัญต่อตัวแปรตอบสนองในรูปของกราฟ Normal Probability Plot และแผนภูมิพาเรโต ดังรูปที่ 7.4 และ 7.5 ตามลำดับ รวมทั้งแสดงผลของผลหลักที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองดังรูปที่ 7.6 และผลของอันตรกิริยาดังรูปที่ 7.7



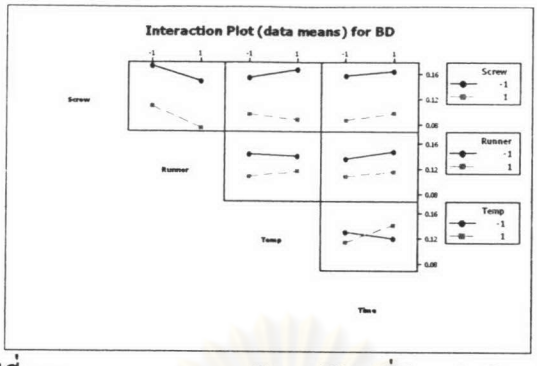
รูปที่ 6.4 กราฟ Normal Probability Plot แสดงถึงปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่มีนัยสำคัญ



รูปที่ 6.5 แผนภูมิพาเรโต แสดงถึงปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่มีนัยสำคัญ



รูปที่ 6.6 แสดงภาพของผลหลักของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง
(สัดส่วนของเสียเนื่องจากชิ้นงานเป็นจุดดำ)



รูปที่ 6.7 แสดงภาพของอันตรกิริยาที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง
(สัดส่วนของเสียเนื่องจากชิ้นงานเป็นจุดดำ)

และจากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม MINITAB สามารถแสดงถึงผลการวิเคราะห์การออกแบบการทดลองได้ดังนี้

ตารางที่ 6.4 แสดงผลการวิเคราะห์การออกแบบการทดลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Factorial Fit: BD versus Runner, Screw, Temp, Time

Estimated Effects and Coefficients for BD (coded units)

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0.12631	0.002392	52.80	0.000	
Runner	-0.02900	-0.01450	0.002392	-6.06	**0.000**
Screw	-0.06913	-0.03456	0.002392	-14.45	**0.000**
Temp	0.00275	0.00138	0.002392	0.57	0.573
Time	0.00912	0.00456	0.002392	1.91	0.075
Runner*Screw	-0.00500	-0.00250	0.002392	-1.05	0.312
Runner*Temp	0.00588	0.00294	0.002392	1.23	0.237
Runner*Time	-0.00250	-0.00125	0.002392	-0.52	0.608
Screw*Temp	-0.01075	-0.00538	0.002392	-2.25	0.039
Screw*Time	0.00162	0.00081	0.002392	0.34	0.739
Temp*Time	0.01900	0.00950	0.002392	3.97	0.001
Runner*Screw*Temp	0.00562	0.00281	0.002392	1.18	0.257
Runner*Screw*Time	0.00175	0.00087	0.002392	0.37	0.719
Runner*Temp*Time	-0.00138	-0.00069	0.002392	-0.29	0.778
Screw*Temp*Time	-0.00325	-0.00162	0.002392	-0.68	0.507
Runner*Screw*Temp*Time	-0.00938	-0.00469	0.002392	-1.96	0.068

Analysis of Variance for BD (coded units)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Main Effects	4	0.0456808	0.0456808	0.0114202	62.36	0.000
2-Way Interactions	6	0.0043598	0.0043598	0.0007266	3.97	0.013
3-Way Interactions	1	0.0003772	0.0003772	0.0000943	0.52	0.726
4-Way Interactions	4	0.0007031	0.0007031	0.0007031	3.84	0.068
Residual Error	16	0.0029300	0.0029300	0.0001831		
Pure Error	16	0.0029300	0.0029300	0.0001831		
Total	31	0.0540509				

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่าปัจจัยที่มีผลในการเกิดปัญหาจุดดำ ได้แก่ ความสะอาดของสกรู, ความสะอาดของ Runner ที่นำมาใช้ในการผสม อุณหภูมิที่สูงและใช้ เวลานานในการฉีด รวมทั้ง อุณหภูมิที่สูงกับสกรูที่ทำความสะอาดไม่ดีพอ(ไม่ได้ทำการขัด)

6.5.3 หาค่าเงื่อนไขที่เหมาะสมจากการทดลองเพื่อหาค่าที่เหมาะสมสำหรับปัจจัยนั้นๆ

ผลจากการทดลองได้นำปัจจัยนำเข้าทั้ง 4 ปัจจัยมาหาความสัมพันธ์เพื่อหาตัวแบบถดถอยของปัจจัยทั้ง 4 กับอัตราส่วนการเกิดปัญหาจุดดำและใช้โปรแกรม MINITAB วิเคราะห์ตัวแบบถดถอยได้ดังนี้

The regression equation is

BD = 0.126 - 0.0145 Runner - 0.0346 Screw + 0.00138 Temp + 0.00456 Time

Predictor	Coef	SE	T	P
Constant	0.126313	0.003112	40.58	0.000
Runner	-0.014500	0.003112	-4.66	0.000
Screw	-0.034563	0.003112	-11.10	0.000
Temp	0.001375	0.003112	0.44	0.662
Time	0.004563	0.003112	1.47	0.154

S = 0.0176069 R-Sq = 84.5% R-Sq(adj) = 82.2%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	4	0.045681	0.011420	36.84	0.000
Residual Error	27	0.008370	0.000310		
Total	31	0.054051			

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวแบบถดถอยพบว่าค่า P-Value ของตัวแบบถดถอยมีค่าน้อยกว่า 0.05 ทำให้สรุปได้ว่าเทอมของตัวแปรอิสระภายในตัวแบบถดถอยมีความสามารถในการอธิบายความผันแปรที่เกิดขึ้นในตัวแปรตอบสนองได้ และ

หมายความว่าความผันแปรจำนวน 82% สามารถอธิบายได้ด้วยตัวแบบถดถอยที่ได้จากการวิเคราะห์ และมีความผิดพลาดเท่ากับ 0.0176 หน่วย

ดังนั้นจากการทดลองนี้จึงสามารถสรุประดับที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัยนำเข้าที่สำคัญได้ดังนี้

1. ใช้สกรูที่ผ่านการทำความสะอาดด้วยวิธีการขัด
2. ใช้ Runner ที่ผ่านการร่อนทำความสะอาด
3. ใช้อุณหภูมิที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียสและเวลาที่ 18 วินาที

ในส่วนของอันตรกิริยาระหว่างสกรูและอุณหภูมินั้นพบว่าจะเกิดอันตรกิริยาเมื่อใช้สกรูที่ไม่ได้ทำการขัดกับอุณหภูมิที่สูงเท่านั้น ดังนั้นในการทดลองเมื่อมีการเลือกใช้สกรูที่ผ่านการทำความสะอาดด้วยการขัดแล้วจึงไม่มีการพิจารณาอันตรกิริยานี้

6.6 สรุปผลขั้นตอนการการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการ

จากการดำเนินการในขั้นตอนการแก้ไขกระบวนการนี้ ได้ดำเนินการทดลอง ปัจจัยนำเข้าทั้ง 4 ปัจจัยอันได้แก่ สกรูที่ผ่านการทำความสะอาดด้วยวิธีการขัด, Runner ที่ใช้เป็นส่วนผสมของเม็ดพลาสติกที่ผ่านการร่อนทำความสะอาดแล้ว อุณหภูมิที่ 200 องศาเซลเซียส และเวลาที่ใช้ในการฉีด 18 วินาที ซึ่งเมื่อนำมาทำการออกแบบการทดลองด้วยวิธี 2^4 Full Factorial Design ที่มีการทำซ้ำ 2 ครั้ง ผลจากการทดลองสรุปได้ว่าปัจจัยที่มีผลหลักในการทำให้เกิดปัญหาจุดดำได้แก่ สกรูที่ไม่ได้ทำความสะอาดด้วยวิธีการขัด, Runner ที่ไม่ได้ผ่านการร่อนเพื่อทำความสะอาด ส่วนอันตรกิริยาที่มีผลได้แก่ สกรูที่ไม่ได้ทำความสะอาดที่ดีพอนั้น (ไม่ได้ทำการขัดทำความสะอาด) จะมีผลกับอุณหภูมิที่สูง และเมื่อใช้อุณหภูมิที่สูงและเวลาที่ใช้ในการฉีดนาน ซึ่งจากผลลัพธ์ดังกล่าวที่ได้นี้จะถูกนำไปใช้ในขั้นตอนการทดสอบเพื่อยืนยันผลต่อไป