การหาเงื่อนไขที่เหมาะสมในกระบวนการผลิตกระบอกเลนส์โดยการออกแบบการทดลอง

A Study of Optimal Conditions of Lens Tube Production by Experimental Design

อาทิตย์ นูมหันต์ [1]
สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ทศพล เกียรติเจริญผล [2]
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์ คือเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าความกลมของผลิตภัณฑ์ พร้อมทั้งหาระดับปัจจัยที่เหมาะสมเพื่อลดปริมาณของเสีย การดำเนินการวิจัยได้ใช้เทคนิคการออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียลที่เพิ่มจุดกึ่งกลางโดยมีปัจจัยที่ทำการศึกษา 3 ปัจจัยคือ อุณหภูมิการอบชิ้นงาน เวลาการอบชิ้นงาน และขนาดของอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานและมีตัวแปรตอบสนองคือ ค่าความกลมของผลิตภัณฑ์ จากการวิเคราะห์ผลเชิงสถิติพบว่า อุณหภูมิการอบ เวลาการอบและขนาดอุปกรณ์จับยึดส่งผลต่อค่าความกลมของผลิตภัณฑ์ ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ได้นำการออกแบบการทดลองแบบ Central Composite Design มาใช้ในการวิเคราะห์ระดับของปัจจัยและนำมาหาสภาวะที่เหมาะสมโดยใช้ การวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่เหมาะสม (Response optimizer) สรุปเงื่อนไขสภาวะที่เหมาะสมคืออุณหภูมิการอบชิ้นงาน 279.6 องศาเซลเซียส และเวลาการอบชิ้นงานคือ 8 ชั่วโมง โดยกำหนดขนาดอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานเท่ากับ 62.48 มิลลิเมตร จากผลการทดลองสามารถลดจำนวนของเสียจาก 22 เปอร์เซ็นต์ เหลือ 0.18 เปอร์เซ็นต์และส่งผลให้ลดมูลค่าของเสียลงได้เท่ากับ 1,651,584 บาทต่อปี

คำสำคัญ : การออกแบบการทดลอง, ออกแบบส่วนประสมกลาง, ความกลม, กระบอกเลนส์

Abstract

The objective of this research is to study factors have effects to roundness of the product and to determine the suitable condition to the reduction defective of products by experimental design approach in order to get good roundness of product. The factorial design with center point is used to study three factors which are annealing time, annealing temperature and diameter of jig fixture. Roundness of product as response is tested. The statistical analysis shows that the annealing time, annealing temperature and diameter of jig fixture effect on the result of roundness. By using Central Composite Design and response

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

optimizer with regards of roundness of product , the suitable is annealing temperature of 279.6 Celsius and annealing time of 8 hour by fix diameter of jig fixture was at 62.48 millimeter, it was found that the defective of products wear reduced from 22% to 0.18% according to reduced the defective value of 1,651,584 baht per year.

Keywords : Design of experiment, Central composite design, Roundness, Lens tube,

1. บทนำ

อุตสาหกรรมในปัจจุบันมีการสั่งซื้อชิ้นส่วนจากผู้ขายชิ้นส่วน (Vendor) เพิ่มสูงขึ้นจุดประสงค์เพื่อลดต้นทุนการผลิตในด้านแรงงานและวัตถุดิบ อีกทั้งยังเป็นการสร้างพันธมิตรทางการค้า แต่การสั่งซื้อชิ้นส่วนจากผู้ขายชิ้นส่วนก็ยังมีจุดบกพร่องที่อาจทำให้เกิดผลเสียต่อการผลิตซึ่งจะส่งผลทางด้านต้นทุนการผลิตคือหากผู้ขายชิ้นส่วนมีกระบวนการผลิตและการควบคุมคุณภาพที่ไม่ดีส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมานั้นคุณภาพไม่ตรงตามความต้องการของลูกค้า ซึ่งส่งผลต่อกระบวนการผลิตของผู้ผลิต ซึ่งดังกรณีที่นำมาศึกษาและวิจัยพบว่าในปัจจุบันกระบวนการผลิตกระบอกเลนส์มีของเสียที่เกิดขึ้นเนื่องจากค่าความกลมไม่เป็นไปตามข้อกำหนดจำนวน 4,333 ชิ้นคิดเป็นเปอร์เซ็นต์เท่ากับ 22% ซึ่งปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าความกลมของชิ้นงานนั้นมีอยู่หลายปัจจัยเช่น อายุการใช้งานของอุปกรณ์ตัดชิ้นงาน การขนส่งชิ้นงานและการเลือกสภาวะการอบชิ้นงานซึ่งปัจจัยเหล่านี้สามารถส่งผลให้เกิดงานเสียได้ ดังนั้นจึงต้องมีการศึกษาปัจจัยเพื่อให้ทราบถึงอิทธิพลของแต่ละปัจจัย

จากการศึกษาสามารถคาดหมายปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดของเสียคือ อุณหภูมิการอบชิ้นงาน เวลาการอบชิ้นงานและอุปกรณ์การจับยึดชิ้นงานซึ่งข้อกำหนดของสินค้ากำหนดค่าความกลมของผลิตภัณฑ์ต้องไม่เกิน 30 ไมครอนจึงจะถือว่าผลิตภัณฑ์นั้นผ่านมาตรฐานคุณภาพ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงจัดทำขึ้นเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าความกลมของชิ้นงานในกระบวนการผลิตกระบอกเลนส์พร้อมทั้งหาเงื่อนไขที่ดีที่สุดที่ส่งผลให้ค่าความกลมของชิ้นงานเป็นไปตามข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ การศึกษาดังกล่าวจะประยุกต์ใช้หลักการออกแบบการทดลองเทคนิคที่เลือกใช้คือ การทดลอง 2^k แฟคทอเรียลแบบเพิ่มจุดกึ่งกลาง เนื่องจากพื้นฐานของการทดลองแบบแฟคทอเรียล มีจำนวนการทดลองที่ไม่มาก สามารถสรุปผลการศึกษาด้วยนัยสำคัญทางสถิติ [1] และง่ายต่อความเข้าใจเพื่อนำไปใช้ในเชิงปฏิบัติ จากนั้นจะหาระดับของปัจจัยโดยใช้วิธีพื้นผิวตอบสนองและใช้ Response optimizer ในการหาเงื่อนไขของสภาวะที่เหมาะสม

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชุติมา ราชพิทักษ์ [2] ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการลดปริมาณของเสียที่จากกระบวนการผลิตแบบแมชชินนิ่ง โดยทำการออกแบบการทดลองแบบ Full Factorial พบว่าวิธีการส่งชิ้นงานระหว่างกระบวนการ เวลาในการเป่าเศษกลึง และปริมาณน้ำยาหล่อเย็นมีผลต่อการเกิดรอยขีดข่วนบนชิ้นงาน

2.2 การออกแบบการทดทองแบบแฟคทอเรียลแบบเพิ่มจุดกึ่งกลาง

การออกแบบการทดลองแบบแฟคทอเรียลเป็นการทดลองที่มีหลายปัจจัย โดยระดับของปัจจัยมีตั้งแต่ 2 ระดับขึ้นไป นอกจากจะเกิดอิทธิพลหลักของปัจจัยแล้วยังเกิดอิทธิพลร่วมของปัจจัย (Interaction) เปลี่ยนแปลงไปด้วย ซึ่งอิทธิพลของปัจจัยร่วมคือ ผลที่เกิดจากปัจจัยหนึ่งเปลี่ยนแปลงแล้วส่งผลให้อิทธิของอีกปัจจัยหนึ่งเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย

การประยุกต์ใช้ 2^k แฟคทอเรียล บางครั้งจะมีการเพิ่มจุดกึ่งกลางเพื่อให้สามารถทดสอบเชิงเส้นหรือเรียกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Curvature ได้ และเป็นการประมาณค่าความผิดพลาด (Error term) ที่จะนำไปใช้ในการคำนวณหานัยสำคัญของอิทธิพลของปัจจัยต่างๆได้ [3]

2.3 การออกแบบการทดลองแบบส่วนประสมกลาง (Central composite design)

การออกแบบแบบส่วนประสมกลางเป็นการออกแบบที่เป็นส่วนหนึ่งของวิธีพื้นผิวตอบสนอง (Surface response methodology) เป็นการออกแบบการทดลองสำหรับฟิตแบบจำลองกำลังสองและนำไปสู่การแปรผลพื้นผิวผลตอบ หลักการพื้นฐานของการออกแบบส่วนประสมกลางนั้นเป็นการขยายการออกแบบการทดลอง 2^k แฟคทอเรียลโดยการออกแบบส่วนประสมกลางจะประกอบด้วย 2^k แฟคทอเรียลที่มี n_f รันและ 2k รันในแนวแกนเรียกว่า Star runs และ Center runs (n_c) ที่จุดศูนย์กลางและค่า α จะบอกถึงค่าระยะปลายสุดของระดับปัจจัยทั้งทางด้านต่ำและด้านสูงทั้งนี้เพื่อให้สามารถพยากรณ์ได้ตลอดบริเวณตามระยะทางจากจุดกึ่งกลางของการออกแบบเรียกคุณสมบัตินี้ว่า Rotatable design นั่นคือความแปรปรวนของผลตอบที่ถูกพยากรณ์จะมีค่าคงตัวบนรูปทรงกลมซึ่งเป็นคุณสมบัติอย่างหนึ่งที่ใช้ในแบบจำลองกำลังสองเพื่อหาพื้นผิวผลตอบ [4]

2.4 ลักษณะการวัดความกลม

การวัดค่าความกลมของชิ้นงานทำได้สองวิธีได้แก่ การหมุนหัววัดความกลมรอบชิ้นงานและการหมุนชิ้นงานรอบหัววัด สำหรับโดยทั่วไปค่าความกลมที่นิยมจะถูกแสดงออก 2 รูปแบบได้แก่ การวัดค่าความกลมแบบเฉลี่ยเป็นการวัดค่าความกลมโดยการนำค่าความสูงต่ำมาทำการเฉลี่ยโดยเปรียบเทียบกับค่าเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย ส่วนการวัดค่าความกลมแบบพีคทูพีค (Peak to peak) เป็นการวัดค่าความกลมโดยพิจารณาจากความแตกต่างของค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของชิ้นงาน [5]

3. การกำหนดการออกแบบการทดลอง

วัสดุที่ใช้ในการทดลอง คือ อะลูมิเนียมหล่อขึ้นรูป (Aluminum alloy die casting) ซึ่งเป็นอะลูมิเนียมที่นำมาฉีดขึ้นรูปเพื่อใช้ในกระบวนการแปรรูปวัสดุ (Machining process) สำหรับเครื่องมือที่ใช้สำหรับวัดค่าความกลมของชิ้นงานคือ เครื่อง Roundness Measuring Machine ยี่ห้อ Mitutoyo รุ่น RA-10 ซึ่งค่าตอบสนองที่เลือกใช้มีข้อกำหนดคือค่าความกลมของชิ้นงานต้อง $\leq$ 30 ไมครอน

3.1 การกำหนดปัจจัยและผลตอบสนอง

เครื่องมือในการวิเคราะห์เพื่อกำหนดปัจจัยคือ ผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) และการวิเคราะห์ผลกระทบอันเนื่องมาจากความผิดพลาดในกระบวนการ (FMEA Process) ผลการวิเคราะห์พบปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าความกลมของผลิตภัณฑ์ไม่เป็นไปตามข้อกำหนด 3 ปัจจัยดังนี้ อุณหภูมิการอบชิ้นงาน เวลาการอบชิ้นงานและอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน

ตารางที่ 1 สภาวะการทำงานก่อนปรับปรุง

ปัจจัย		ระดับ
Time	เวลาการอบ	6-10 ชม.
Temp	อุณหภูมิการอบ	270-300 C°
Diameter	ขนาดอุปกรณ์จับยึด	62.47 มม.

ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงกำหนดปัจจัยทั้งหมด 3 ปัจจัย แบ่งออกเป็นสองระดับ คือค่าระดับที่ต่ำและสูงตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปัจจัยและตัวแปรตอบสนอง

ปัจจัย		ระดับต่ำ	ระดับสูง
Time	เวลาการอบ (ชั่วโมง)	7.5	8.5
Temp	อุณหภูมิการอบ (องศาเซลเซียส)	270	290
Diameter	ขนาดอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน (มิลลิเมตร)	62.47	62.49
ตัวแปรตอบสนอง			
1. การวัดค่าความกลมของชิ้นงาน			

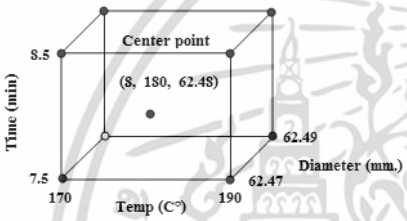
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวัดค่าความกลมของชิ้นงาน

นำชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการอย่างสมบูรณ์แล้วมาวัดค่าความกลมด้วยเครื่อง Roundness Measuring Machine ที่ตำแหน่งเส้นผ่านศูนย์กลาง 62.50 มิลลิเมตร

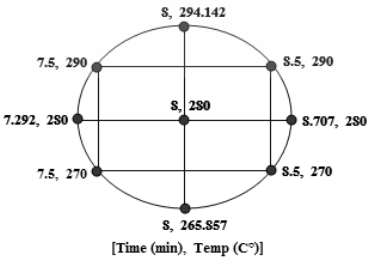
3.2 แผนการออกแบบการทดลอง

ดำเนินวางแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล แบบมีจุดกึ่งกลาง (2^k with center point) โดยกำหนดให้ลำดับขั้นการทดลองเป็นการสุ่ม (randomization) เพื่อเฉลี่ยผลของตัวแปรรบกวนที่ควบคุมไม่ได้และทำการทดลองซ้ำ 4 ครั้งในแต่ละเงื่อนไขการทดลอง และกำหนดจุดกลางทำซ้ำ 4 ครั้ง ดังนั้นจำนวนการทดลองทั้งหมด 36 สภาวะการทดลอง แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 : แผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล

เมื่อได้อิทธิพลของปัจจัยแล้วจึงวางแผนการทดลองเพื่อหาพื้นผิวตอบสนองโดยกำหนดปัจจัย 2 ปัจจัย คือ อุณหภูมิการอบและเวลาการอบ โดยกำหนดปัจจัยขนาดอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานคงที่เนื่องจากข้อจำกัดทางด้านเครื่องจักรจึงไม่สามารถปรับเปลี่ยนระดับของปัจจัยให้ละเอียดได้อีกโดยจะทำการทดลองซ้ำ 4 ครั้งในแต่ละเงื่อนไขหรือทำซ้ำ 4 (4 replicates) ดังนั้นจำนวนการทดลองทั้งหมด 52 สภาวะการทดลอง แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 : แผนการทดลองแบบส่วนประสมกลาง

ในการวิเคราะห์หาสภาวะที่เหมาะสมจะใช้ Response optimizer ในโปรแกรม Minitab ในการคำนวณโดยจะเลือกค่าระดับของปัจจัย ที่ทำให้ค่าตัวแปรตอบสนองเข้าใกล้ค่าเป้าหมายมากที่สุด จากนั้นนำผลการวิเคราะห์มาทำการทดสอบเพื่อยืนยันผลการทดลอง

4. วิเคราะห์ผลการศึกษา

การวิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้การทดลองเชิงแฟคทอเรียลแบบสองระดับ โดยใช้วิธีเพิ่มจุดศูนย์กลาง (Addition of center point 2^k Design) ซึ่งจะมีการเพิ่มจุดศูนย์กลางของระดับของปัจจัย เพื่อศึกษาอิทธิพลของแต่ละปัจจัย ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงค่า P value ของปัจจัยต่างๆ

Factorial Fit: Response versus Time, Temp, Diameter

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		28.093	0.2824	99.48	0.000
Time	2.075	1.038	0.2824	3.67	0.001*
Temp	1.771	0.886	0.2824	3.14	0.004*
Diameter	-1.634	-0.817	0.2824	-2.89	0.007*
Time* Temp	1.645	0.823	0.2824	2.91	0.007*
Time* Diameter	0.150	0.075	0.2824	0.27	0.793
Temp* Diameter	-0.704	-0.352	0.2824	-1.25	0.223
Time* Temp* Diameter	0.120	0.060	0.2824	0.21	0.833
Ct Pt		-6.943	0.8472	-8.20	0.000*

S = 1.59747 R-Sq = 80.15% R-Sq(adj) = 74.27%

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

*P -Value คือระดับนัยสำคัญน้อยที่สุดที่ปฏิเสธสมมุติฐาน

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า เวลาการอบ (Time) ชิ้นงาน อุณหภูมิการอบชิ้นงาน (Temp) และขนาดอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน (Diameter) แต่ละปัจจัยมีค่า P-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Value น้อยกว่า 0.05 และพบว่าปัจจัยร่วม (Interaction) ระหว่างอุณหภูมิการอบกับเวลาการอบมีอิทธิพลต่อค่าความกลมของผลิตภัณฑ์ สรุปได้ว่าปัจจัยทั้งสามข้างต้นมีอิทธิพลต่อค่าความกลมของผลิตภัณฑ์ แต่หากพิจารณาค่า P-Value ของ Curvature จะเห็นได้ว่ามีค่าน้อยกว่า 0.05 ซึ่งแสดงว่าจากกรณีดังกล่าวผลการทดลองมีลักษณะเป็นส่วนโค้ง ดังนั้นจึงต้องนำปัจจัยหลักที่มีผลต่อค่าตัวแปรตอบสนองทั้ง 3 ปัจจัยมาทำการวิเคราะห์การออกแบบการทดลองที่มีลักษณะส่วนโค้งต่อไป

4.1 การหาพื้นผิวตอบสนอง

การวิเคราะห์ผลโดยวิธีการพื้นผิวตอบสนองโดยอาศัยการออกแบบการทดลองแบบ Central Composite Design ผลการวิเคราะห์แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงค่า P value ของปัจจัยต่างๆ

Response Surface Regression: Response versus Time, Temp

Term	Coef	SE	T	P
Constant	5258.52	280.73	18.731	0.00
Time	-249.03	26.39	-9.436	0.00*
Temp	-30.34	1.61	-18.77	0.00*
Time* Time	12.55	1.08	11.62	0.00
Temp* Temp	0.05	0.00	19.18	0.00
Time* Temp	0.17	0.07	2.41	0.02*

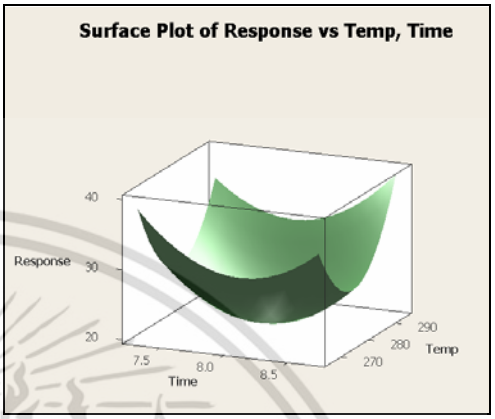
S = 1.424 R-Sq = 90.9% R-Sq (adj) = 89.9%

Analysis of Variance for Response

Source	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	935.15	935.15	187.03	92.20	0.00
Linear	5.19	734.96	367.47	181.15	0.00
Square	918.10	918.10	459.04	226.29	0.00
Interaction	11.87	11.87	11.86	5.85	0.02
Residual Error	93.32	93.32	2.02		
Lack-of-Fit	12.63	12.63	4.21	2.24	0.09
Pure Error	80.68	80.68	1.87		
Total	1028.47				

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า เวลาการอบชิ้นงาน (Time) อุณหภูมิการอบชิ้นงาน (Temp) แต่ละปัจจัยมีค่า P-Value น้อยกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่าปัจจัยทั้งสองมีอิทธิพลต่อค่าความกลมของผลิตภัณฑ์



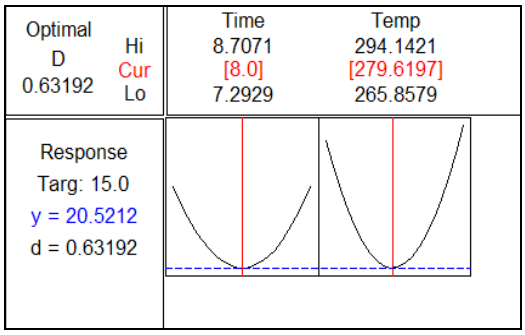
รูปที่ 3 : พื้นผิวตอบสนองระหว่างปัจจัยอุณหภูมิการอบชิ้นงานและเวลาการอบชิ้นงาน

จากรูปที่ 3 พื้นผิวตอบสนองระหว่างปัจจัยอุณหภูมิการอบชิ้นงานและเวลาการอบชิ้นงาน พบว่าค่าความกลมของชิ้นงานเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิการอบชิ้นงานสูงขึ้นเกิน 287 องศาเซลเซียสและระดับอุณหภูมิการอบชิ้นงานต่ำลงกว่า 273 องศาเซลเซียส และค่าความกลมของชิ้นงานจะเพิ่มขึ้นเมื่อระดับปัจจัยเวลาการอบชิ้นงานอยู่ที่ระดับต่ำกว่า 8 ชั่วโมงและสูงกว่า 8.2 ชั่วโมง ซึ่งเวลาการอบชิ้นงานจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิการอบชิ้นงาน จากกราฟสรุปได้ว่าปัจจัยอุณหภูมิการอบชิ้นงานควรอยู่ที่ระดับประมาณ 273-287 องศาเซลเซียส และปัจจัยเวลาการอบชิ้นงานควรอยู่ที่ระดับประมาณ 8.0 - 8.2 ชั่วโมง

4.2 การหาค่าสภาวะที่เหมาะสม

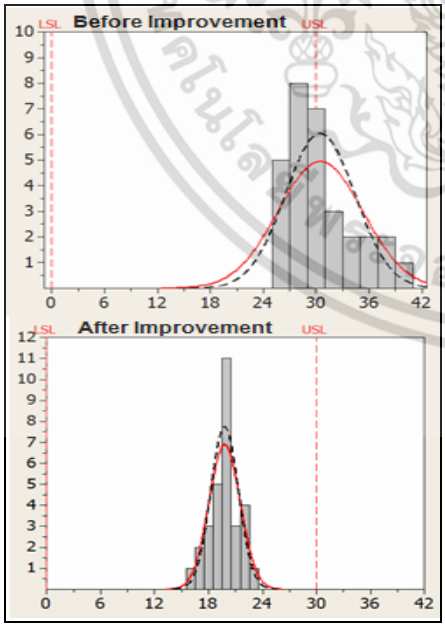
การวิเคราะห์หาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตกระบอกเลนส์จะใช้ Response optimizer ในการคำนวณเพื่อหาผลลัพธ์โดยจะเลือกค่าระดับของปัจจัย ที่เข้าใกล้เป้าหมายมากที่สุด ผลการวิเคราะห์สภาวะที่เหมาะสมของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าความกลมแสดงดังรูปที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4 : แสดงปัจจัยที่เหมาะสม

จากรูป 4 พบว่า เพื่อให้ได้ค่าความกลมของผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมที่สุด จะต้องกำหนดควบคุมปัจจัยในการผลิต คือ อุณหภูมิการอบชิ้นงานเท่ากับ 279.6 องศาเซลเซียส และเวลาการอบชิ้นงานเท่ากับ 8 ชั่วโมง จากการทดสอบยืนยันผลการทดลองและเปรียบเทียบกับชิ้นงานก่อนการปรับปรุงจำนวน 30 ชิ้น พบว่า ดัชนีศักยภาพความสามารถของกระบวนการ (Potential Process Capability Index; C_p) มีค่าเท่ากับ 2.88 และดัชนีความสามารถของกระบวนการ (Process Capability Index; C_{pk}) มีค่าเท่ากับ 1.96 แสดงว่าดัชนีความสามารถอยู่ในเกณฑ์ดีมาก



รูปที่ 5 : กราฟแสดงความสามารถของกระบวนการ

จากข้อมูลการผลิตก่อนการปรับปรุง พบของเสียจากการผลิตจำนวน 4,333 ชิ้นหรือเท่ากับ 22 เปอร์เซ็นต์ หลังจากการปรับปรุง พบว่าจำนวนของเสียลดลงเหลือจำนวน 22 ชิ้นหรือเท่ากับ 0.18 เปอร์เซ็นต์

5. บทสรุป

จากงานวิจัยนี้ทำให้ทราบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดของเสียเนื่องจากค่าความกลมของผลิตภัณฑ์คือ อุณหภูมิการอบชิ้นงาน เวลาการอบชิ้นงาน ซึ่งทั้งสองปัจจัยมีนัยสำคัญทางสถิติ และได้สรุปสภาวะที่เหมาะสมคืออุณหภูมิการอบชิ้นงาน 279.6 องศาเซลเซียสและเวลาการอบชิ้นงานคือ 8 ชั่วโมง ทำให้จำนวนของเสียที่เกิดจากค่าความกลมของชิ้นงานไม่เป็นไปตามข้อกำหนดลดลงจาก 22 เปอร์เซ็นต์ เหลือ 0.18 เปอร์เซ็นต์และสามารถลดมูลค่าของเสียลงได้เท่ากับ 1,651,584 บาทต่อปี

6. เอกสารอ้างอิง

[1] D.C. Montgomery, “Design and analysis of experiments,” John Wiley & Sons, The United State of America, 2004.

[2] ชุติมา ราชพิทักษ์, “การลดของเสียจากกระบวนการผลิตแบบแมชชินนิ่งโดยการประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลอง,” วิทยานิพนธ์ วศ.ม. (วิศวกรรมอุตสาหการ) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพ, 2552.

[3] D. R. Moen, W. T. Nolan and P. L. Provost, Improving Quality Through Planned Experiment, McGraw-Hill, Singapore, 1992.

[4] ปารเมศ ชุติมา, “การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม,” สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร, 2530.

[5] Roundness Measurement Theory, Engineering Statistics Handbook,http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/index.htm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้