

การพัฒนาประสิทธิภาพกระบวนการขัดเลนส์ด้วยการออกแบบการทดลอง

กรณีศึกษาโรงงานขัดและประกอบเลนส์

Productivity Improvement of Lens Grinding Process by Design and Analysis of Experiment

Case Study : Lens Grinding and Assembly Factory

ณัฐกานต์ รสดี (Natthakarn Roddee)* สมเกียรติ จงประสิทธิ์พร (Somkiat Jongprasithporn)**

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการขัดเลนส์ด้วยการออกแบบการทดลอง เริ่มต้นด้วยการใช้แผนภูมิพาเรโตหาสาเหตุของปัญหาพบว่า ผลิตภัณฑ์ Z340 ของเลนส์ L3 ที่กระบวนการขัดหยาบเลนส์ เกิดเลนส์ที่เป็นของเสียที่เกิดจากการบิ่นที่ขอบเลนส์ พบว่ามีปัญหามากที่สุด จึงนำเอาปัญหาดังกล่าวมาวิเคราะห์หาสาเหตุที่เป็นไปได้ด้วยแผนภูมิแก๊งปลา และสรุปปัจจัยหลักจากการระดมสมองผู้ที่เกี่ยวข้อง พบว่าปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดของเสียคือ แรงกดในการเจียรเลนส์และความเร็วรอบของล้อหินขัดเพชร จึงนำปัจจัยทั้ง 2 ปัจจัยมาทำการออกแบบการทดลองแฟกทอเรียลแบบ 3^k มาใช้ประยุกต์เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการควบคุมเครื่องขัดหยาบเลนส์ พบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดปัญหาเลนส์บิ่น โดยระดับที่ส่งผลให้เกิดชิ้นงานเสียน้อยที่สุด คือแรงกดในการเจียรเลนส์ที่ 10 กิโลกรัม และค่าความเร็วรอบของล้อหินขัดเพชรที่ 16,000 รอบต่อนาที ลดจำนวนของเสียจากของเดิมได้ถึง 55.6%

ABSTRACT

The objective of this study was to improve productivity of the lens grinding process by design and analysis. The study was initiated by studying factor impact on the defected product by using the Pareto Diagram, it was found that the process at grinding lens L3 of the product Z340 is wasted by chipping of the lens was defected during the grinding process. After that, brainstorming was done for finding causes of the problems using a Fish Bone Diagram. The selected factors from brainstorming were the pressure grinding lenses and speed of diamond wheel process. These factors then were studied in detail by using a 3^k factorial experiment which was applied to determine the optimum conditions for the control of the grinding lenses process. The results show the optimal conditions of grinding process were the pressure is 10 kilogram and speed of diamond wheel is 16,000 rpm. The defected product was reduced by 55.6%.

คำสำคัญ: การพัฒนาประสิทธิภาพ การออกแบบการทดลอง การขัดเลนส์

Key Words: Productivity improvement, Design of experiment, Lens grinding

* นักศึกษา หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

** รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

บทนำ

ในโรงงานอุตสาหกรรมในกรณีศึกษานี้เป็นอุตสาหกรรมเกี่ยวกับการจัดและประกอบตัวเลนส์ ซึ่งหัวใจในการประชันรูปประกอบคือเลนส์ โดยมีการผลิตหลายขั้นตอน จากโรงงานจะรับเลนส์ที่ขึ้นรูปแล้ว (glass block) จากผู้จัดหาและเข้าสู่กระบวนการผลิตเลนส์ตามแบบที่ลูกค้าต้องการ ซึ่งเลนส์ที่ใช้ในการผลิตนั้นจะใช้แก้วเป็นแม่แบบในการผลิตที่อยู่มีราคาสูงและไม่สามารถซ่อมแก้ไขได้เมื่อเกิดรอยตำหนิ จึงทำให้กระทบต่อต้นทุนในการผลิตเลนส์ค่อนข้างมาก ดังนั้นจึงต้องทำการพิจารณาความสามารถของกระบวนการผลิตในปัจจุบัน และเร่งหาวิธีการปรับปรุงและแก้ไขด้านความสามารถของกระบวนการผลิตเพื่อลดต้นทุนในการผลิต พร้อมทั้งหาแนวทางในการพัฒนากระบวนการผลิตต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

1. อุปกรณ์

- 1) ชนิดของเลนส์ L3 ของผลิตภัณฑ์ Z340
- 2) เครื่องจักรรุ่น GV1-20M

2. วิธีการวิจัย

1) การระบุปัญหา

จากการศึกษาข้อมูลใน โรงงานกรณีศึกษานี้เป็นอุตสาหกรรมที่เกี่ยวกับการจัดและประกอบเลนส์ ซึ่งโรงงานจะประกอบไปด้วย 2 แผนกใหญ่คือ แผนกเลนส์1 และแผนกเลนส์2 ผู้วิจัยได้เข้าร่วมกับกิจกรรมกับแผนกเลนส์1 จากการได้ศึกษาข้อมูลพบว่า ผลิตภัณฑ์ Z340 มีปริมาณการผลิตและเกิดของเสียมากที่สุดและในผลิตภัณฑ์ Z340 ประกอบด้วยชนิดของเลนส์ทั้งหมด 19 ชนิดซึ่งพบว่าชนิดของเลนส์L3 มีปริมาณของเสียมากที่สุดเมื่อเทียบเป็นสัดส่วนของปัญหา จึงได้ทำการเก็บข้อมูลของแผนกเลนส์1ในแต่ละกระบวนการระหว่างเดือนมกราคม-มีนาคม2554ของแผนกเลนส์1 แสดงรายละเอียดได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลของเสียชนิดของเลนส์ L3 ที่แผนกเลนส์1 ช่วงเดือนมกราคม – มีนาคม 2554

กระบวนการผลิตในแผนกเลนส์1	จำนวนผลิตทั้งหมด (ชิ้น)	ของเสีย (ชิ้น)	มูลค่าความเสียหาย (บาท)
ขัดหยาบเลนส์	70,549	8,400	420,000
ขัดละเอียดเลนส์(1)	62,149	4,173	208,650
ขัดละเอียดเลนส์(2)	57,976	1,975	98,750
ทำความสะอาด	56,001	43	2,150
รวม		14,591	729,550

จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นว่ากระบวนการขัดหยาบเลนส์มีของเสียและมีมูลค่าความเสียหายมากที่สุด ผู้วิจัยจึงได้เก็บข้อมูลลักษณะของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการขัดหยาบเลนส์ โดยจะศึกษาที่ชนิดของเลนส์ L3 เท่านั้นตามที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น เนื่องจากมีปริมาณของเสียมากที่สุดที่กระบวนการขัดหยาบเลนส์ซึ่งสามารถแสดงสัดส่วนของปัญหา ได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ข้อมูลสัดส่วนลักษณะของเสียชนิดของ

เลนส์ L3 ที่เกิดในกระบวนการขัดหยาบเลนส์ที่เกิดขึ้นระหว่างเดือนมกราคม – มีนาคม 2554

ลักษณะของเสีย	จำนวน (ชิ้น)	มูลค่าความเสียหาย	% ของเสีย
เลนส์บิ่น	6,380	319,000	75.95
เลนส์แตก	210	10,500	2.50
เลนส์รอยข่วน	1,350	67,500	16.07
เลนส์ขีดผิวด้าน	140	7,000	1.67
เลนส์มีรอยร้าว	260	13,000	3.10
อื่นๆ	60	3,000	0.71
รวม	8,400	420,000	100%

และจากข้อมูลการผลิต สัตว์เลี้ยงของเสียที่มีมากที่สุดคือ ขอบเลนส์บิ่น ซึ่งเป็นสาเหตุใหญ่ จากการวิเคราะห์สาเหตุในการเกิดขึ้นนั้น โดยได้มีการระดมสมอง (Brain Storming) ถึงเห็นว่า ปัญหาที่เลนส์เกิดการบิ่นนั้นเป็นของเสียที่เกิดจากปัญหาการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ที่ไม่เหมาะสม ซึ่งในแต่ละครั้ง ทำให้เกิดเสียเวลาในการปรับตั้งเครื่องใหม่

2) ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1) การออกแบบการทดลอง Montgomery (2005) ได้กล่าวไว้ว่า ถ้าต้องการให้การทดลองเกิดประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ผลได้สูงสุด จะต้องนำวิธีการทางวิทยาศาสตร์เข้ามาช่วยในการวางแผนการทดลอง คำว่า “การออกแบบการทดลองเชิงสถิติ” หมายถึง กระบวนการในการวางแผนการทดลอง เพื่อที่จะได้มาซึ่งข้อมูลที่เหมาะสมที่สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์โดยวิธีทางสถิติ ซึ่งจะทำได้หาข้อสรุปที่สมเหตุสมผลได้ วิธีการออกแบบการทดลองในเชิงสถิติเป็นสิ่งที่จำเป็น ถ้าต้องการหาข้อสรุปที่มีความหมายจากข้อมูลที่มีอยู่ และถ้ายังปัญหาที่สนใจนั้นเกี่ยวข้องกับความผิดพลาดในการทดลอง วิธีการทางสถิติเป็นวิธีการเพียงอย่างเดียวเท่านั้นที่จะสามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์ผลการทดลองนั้นได้ ดังนั้นสิ่งสำคัญ 2 ประการ สำหรับปัญหาที่เกี่ยวกับการทดลอง คือ การออกแบบการทดลอง และการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ ซึ่งศาสตร์ทั้งสองนี้มีความเกี่ยวข้องกันอย่างมาก ทั้งนี้เพราะว่าวิธีการวิเคราะห์เชิงสถิติที่เหมาะสมนั้นจะขึ้นกับการออกแบบการทดลองที่จะนำมาใช้

2.2) การออกแบบการทดลองเชิงแฟคทอเรียล ปารเมส (2545) ได้กล่าวไว้ว่า การทดลองส่วนมากในทางปฏิบัติจะเกี่ยวข้องกับการศึกษาผลของปัจจัยตั้งแต่ 2 ปัจจัยขึ้นไป ในกรณีเช่นนี้ การออกแบบเชิงแฟคทอเรียล (Factorial Design) จะเป็นวิธีการทดลองที่มีประสิทธิภาพสูงสุด การออกแบบเชิงแฟคทอเรียล หมายถึง การทดลองที่พิจารณาถึงผลที่เกิดจากการรวมกันของระดับ (Level) ของปัจจัยทั้งหมดที่เป็นไปได้ในการทดลองนั้น ตัวอย่างเช่น กรณี 2 ปัจจัย

ถ้าปัจจัย A ประกอบด้วย a ระดับ และปัจจัย B ประกอบด้วย b ระดับ ในการทดลอง 1 เปรดิเคต (Replicate) จะประกอบด้วยการทดลองทั้งหมด ab การทดลอง และเมื่อปัจจัยที่เกี่ยวข้องถูกนำมาจัดให้อยู่ในรูปแบบของการออกแบบเชิงแฟคทอเรียล จะกล่าวได้ว่า ปัจจัยเหล่านี้มีการไขว้ (Crossed) ชั้กันและกัน

แผนการทดลองแบบแฟคทอเรียลทั่วไป มีรูปแบบทั่วไป คือ $A \times B \times C \dots$ แฟคทอเรียล รูปแบบของแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียลที่สำคัญ ได้แก่ Montgomery (2005)

1) 2^k แฟคทอเรียล ใช้กับการทดลองหลายปัจจัยที่กำหนดระดับของปัจจัยแค่ 2 ระดับ เท่านั้น ในปัจจัยทั้งหมด k ปัจจัย

2) 3^k แฟคทอเรียล ใช้กับการทดลองหลายปัจจัยที่กำหนดระดับของปัจจัยแค่ 3 ระดับ เท่านั้น ในปัจจัยทั้งหมด k ปัจจัย

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการหาปัจจัยที่ทำให้เกิดของเสียและหาวิธีการลดของเสีย โดยมีแนวคิดที่จะประยุกต์ใช้หลักของการออกแบบและวิเคราะห์การทดลอง เมื่อได้ระดับปัจจัยที่เหมาะสมแล้ว จึงนำค่าที่ได้มาเขียนคู่มือวิธีการปฏิบัติงาน เพื่อให้เครื่องมีการทำงานอย่างมีแบบแผนและเป็นมาตรฐานมากขึ้น

เพื่อให้ทราบถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อปัญหา จึงทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาโดยใช้แผนภาพสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) หรือแผนภาพก้างปลา (Fish Bone Diagram) จากผู้มีความรู้ความเชี่ยวชาญ และผู้มีประสบการณ์ เพื่อให้ได้มาซึ่งสาเหตุของปัญหา ซึ่งจากการระดมสมองได้ปัจจัยต่างๆ ที่คาดว่าจะส่งผลทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่เกิดปัญหา เลนส์บิ่น

โดยทั่วไป ปัจจัยที่จะส่งผลต่อความแปรผันของผลิตภัณฑ์ ที่ผลิตได้ไม่คงที่ จะมาจาก 4M คือ คน (Man), เครื่องจักร (Machine), วัตถุดิบ (Material), และวิธีการ (Method) ดังรูปที่ 1

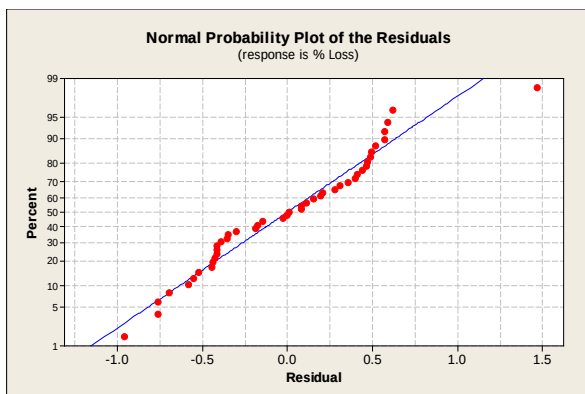
สามารถที่จะปรับค่าแรงกดสูงและต่ำได้ในแต่ละรอบการผลิตที่กำหนด และค่าความเร็วของล้อหินขัดก็สามารถที่จะปรับเพิ่มและลดลงได้ในแต่ละรอบการผลิตที่กำหนด

ผู้วิจัยได้ทำการทดลองซ้ำที่ระดับปัจจัยต่างๆ เป็นจำนวน 5 ซ้ำ (5 Replicate) แล้วทำการเก็บข้อมูลในตารางบันทึกผลการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบสามระดับ (3^k Factorial Design) และในขั้นตอนการวิเคราะห์และสรุปผลการทดลองเบื้องต้นนี้ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรมทางสถิติ Minitab Version 14 มาทำการวิเคราะห์ผลการทดลอง

2. การตรวจสอบความถูกต้องของตัวแบบ

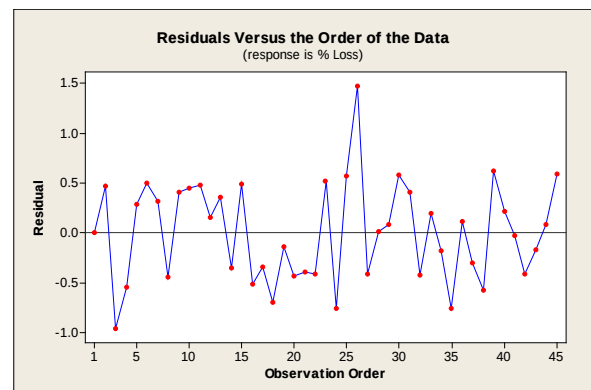
Montgomery (2005) กล่าวว่า ก่อนที่จะนำข้อสรุปที่ได้จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนไปใช้จะต้องมีการตรวจสอบความเพียงพอของการทดลองที่จะนำมาใช้เสียก่อน เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบคือการวิเคราะห์ส่วนตกค้าง (Residual Analysis) ซึ่งประกอบด้วย

1) การตรวจสอบการกระจายตัวของตัวแบบปกติ (Normal Distribution) ของค่าส่วนตกค้าง (Residuals) ซึ่งใช้ในการทดสอบการแจกแจงแบบปกติ (Normal Probability Plot) โดยพิจารณาจากรูปที่ 2 พบว่า ค่าส่วนตกค้าง (Residuals) มีการกระจายตัวตามแนวเส้นตรง ทำให้ประมาณได้ว่า ค่าส่วนตกค้าง (Residuals) มีการแจกแจงแบบปกติ



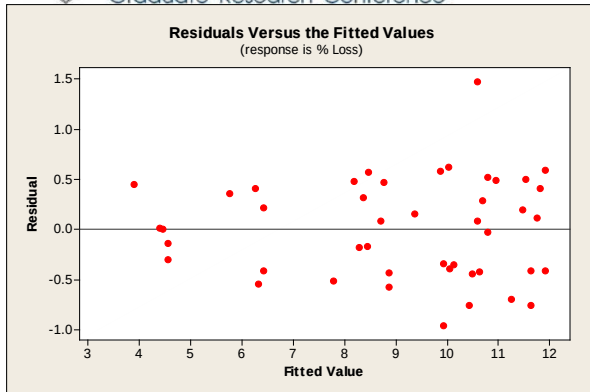
รูปที่ 2 กราฟแสดงการกระจายแบบปกติของค่า Residuals

2) การตรวจสอบความเป็นอิสระ (Independent) ของค่าส่วนตกค้าง (Residuals) โดยพิจารณาจากรูปที่ 3 พบว่า การกระจายตัวของค่าส่วนตกค้าง (Residuals) มีความเป็นอิสระ ไม่มีรูปแบบที่แน่นอน หรือไม่สามารถประมาณรูปแบบที่แน่นอนได้ แสดงให้เห็นว่าค่าส่วนตกค้าง (Residuals) มีความเป็นอิสระต่อกัน (Independent)



รูปที่ 3 กราฟแสดงการกระจายตัวของค่าส่วนตกค้าง (Residuals) เทียบกับ Observation Order

3) การตรวจสอบความเสถียรของ σ^2 (Variance Stability) โดยพิจารณาจากรูปที่ 4 พบว่า σ^2 ของค่าส่วนตกค้าง (Residuals) มีค่าใกล้เคียงกันในแต่ละตำแหน่ง และไม่พบว่ามีรูปแบบการกระจายตัวของค่าส่วนตกค้าง (Residuals) มีลักษณะเป็นแนวโน้มแต่อย่างใด จึงสรุปว่าข้อมูลมีความเสถียรของความแปรปรวน



รูปที่ 4 แสดงการกระจายตัวของค่าส่วนตกค้าง (Residuals) เทียบกับ Fitted value

ดังนั้นจากรูปที่ 2 ถึง รูปที่ 4 พบว่าการวิเคราะห์ ส่วนตกค้าง (Residual Analysis) ที่ได้จากข้อมูลในการทดลอง สามารถสรุปได้ว่าข้อมูลการทดลองชุดนี้มีความถูกต้องและมีความน่าเชื่อถือ สามารถนำข้อมูลดังกล่าวไปทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนในขั้นต่อไป

3. ผลการทดลองการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบสามระดับ เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสม

ในขั้นตอนการวิเคราะห์และสรุปผลการทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสม โดยใช้โปรแกรมทางสถิติ Minitab Version 14 มาทำการวิเคราะห์ผลการทดลอง

การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของค่าจำนวนของเสียประเภทของการบิ่นที่ขอบเลนส์ สามารถแสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบสามระดับ เพื่อศึกษาปัจจัยทั้งหมดโดยกำหนดระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซนต์ ($\alpha=0.05$) ได้ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบสามระดับ (3^k Factorial Design)

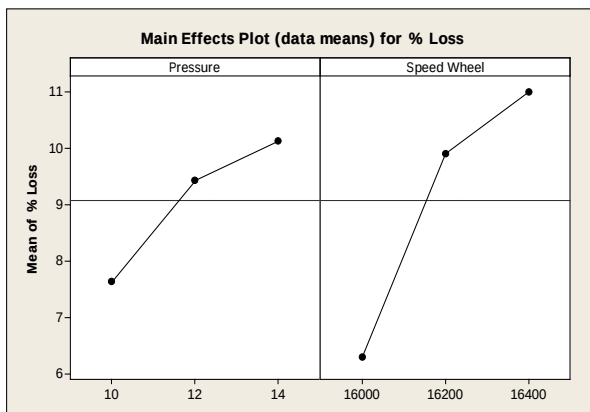
Analysis of Variance for % Loss,using Adjust SS for Tests						
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Pressure	2	49.799	49.799	24.90	73.66	0.000
Speed wheel	2	181.803	181.803	90.90	268.9	0.000
Pressure*						0.000
Speed Wheel	4	9.589	9.589	2.397	7.09	0.037
Error	32	10.817	10.817	0.338		
Total	44	254.779				
S= 0.581417		R-Sq = 95.75%		R-Sq (adj) = 94.16%		

จากตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ค่าการสูญเสีย %Loss โดยใช้โปรแกรมทางสถิติพบว่า แรงกดการเจียรในเลนส์ และความเร็วรอบของล้อหินผงขัดเพชร มีผลต่อค่าการสูญเสีย%Loss อย่างมีนัยสำคัญ

จากข้อมูลที่วิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม Minitab Version 14 พบว่า ให้ค่า $R^2 = 95.75\%$ และค่า $R^2_{Adj} = 94.16\%$ จึงเป็นค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจที่ดี จากค่า P-Value ของปัจจัยหลัก ทั้งแรงกดของการเจียรในเลนส์ และ ความเร็วรอบของล้อหินขัดเพชร เท่ากับ $0.000 < \alpha$ (ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดไว้ $\alpha = 0.05$) เราจึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก ตัวแปรตกผล ปัจจัยแรงกดของการเจียรในเลนส์ และ ปัจจัยความเร็วรอบของล้อหินขัดเพชร มีผลอย่างมีนัยสำคัญ

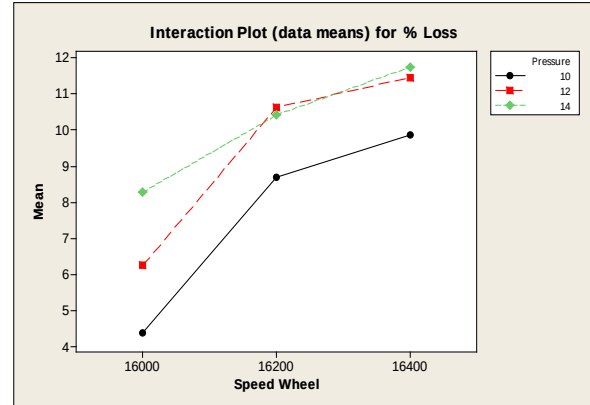
และเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของอิทธิพลหลักจาก 2 ปัจจัย ดังรูปที่ 5 พบว่า ปัจจัยแรงกดของการเจียรในเลนส์มีลักษณะเส้นกราฟชันขึ้น ซึ่งหมายความว่า เมื่อได้ทำการเพิ่มแรงกดของการเจียรในเลนส์มากขึ้น จะส่งผลให้เกิดการสูญเสีย %Loss เพิ่มขึ้น และเมื่อผู้วิจัยได้ทำการศึกษาว่าปัญหาการเกิดการสูญเสีย %Loss ในกระบวนการขัดหยาบเลนส์คือ การปรับค่าแรงกดของการเจียรในเลนส์ที่มี

ระยะห่างมากจะทำให้ความคาดเคลื่อนในกระบวนการขัดหยาบเลนส์สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ส่วนการพิจารณาที่ปัจจัย ความเร็วรอบของล้อหินขัดเพชร พบว่าลักษณะเส้นกราฟขึ้นขึ้น ซึ่งหมายความว่า เมื่อผู้วิจัยได้ทำการเพิ่มความเร็วในการขัดหยาบเลนส์ จะส่งผลให้เกิดความคาดเคลื่อนในการขัดหยาบเลนส์มากขึ้น ปริมาณการสูญเสีย %Loss ในกระบวนการขัดหยาบเลนส์ก็จะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ



รูปที่ 5 กราฟความสัมพันธ์ของอิทธิพลหลัก 2 ปัจจัย

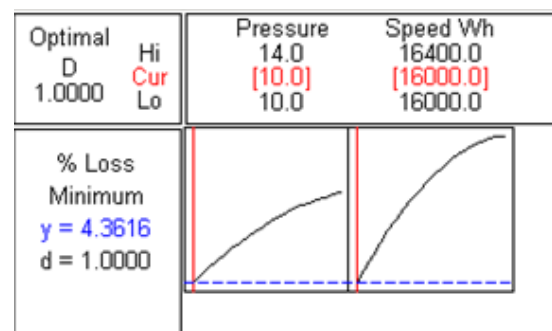
จากรูปที่ 6 พบว่า อิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัยแรงกดในการเจียรไนเลนส์และความเร็วรอบล้อหินขัดเพชร มีผลต่อค่าการสูญเสีย%lossอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งเมื่อแรงกดในการเจียรไนเลนส์เท่ากับ 10 กิโลกรัม และความเร็วรอบของล้อหินขัดเพชรเท่ากับ 16,000 รอบต่อนาที ทำให้อัตราของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการขัดหยาบเลนส์ลดลงมากกว่าการปรับตั้งค่าแรงกดในการเจียรไนเลนส์และความเร็วรอบของล้อหินขัดเพชรที่ระดับอื่น



รูปที่ 6 กราฟความสัมพันธ์ของอิทธิพลร่วม 2 ปัจจัย

4) การกำหนดค่าปัจจัยที่เหมาะสมจากการทดลอง

การทดลองหาสภาวะปัจจัยที่เหมาะสมเพื่อลดการเกิด%Loss โดยใช้โปรแกรม Minitab Version 14 เลือกใช้ฟังก์ชัน Response Optimizer ในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยปัจจัยที่ได้นำมาพิจารณาประกอบด้วย แรงกดในการเจียรไนเลนส์ และความเร็วรอบของล้อหินขัดเพชร สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 7



รูปที่ 7 กราฟแสดงผลตอบสนองของระดับปัจจัยที่เหมาะสม

จากการทดลองใช้ Response Optimizer โปรแกรม Minitab Version 14 ในการวิเคราะห์ข้อมูลและรูปที่ 7 พบว่า ถ้าต้องการให้เกิดการสูญเสีย %Loss ค่าที่สุดจะต้องเลือกใช้ ระดับแรงกดการเจียรไนเลนส์ที่ 10

กิโลกรัม และความเร็วรอบของล้อหินขัดเพชรผลิตที่ 16,000 รอบต่อนาที จึงจะพบว่าสัดส่วนของเสียลดลง

ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้นำค่าเหมาะสมที่ได้จากการทดลอง ไปใช้ในการทดลองจริง และนำข้อมูลก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุงมาทำการเปรียบเทียบ ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แสดงข้อมูลการผลิตเลนส์ชนิด L3 ที่เกิดจากของเสียที่มีลักษณะบิ่นในช่วงก่อนและหลังการปรับปรุง

เดือน	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
จำนวนการผลิต (ชิ้น)	70,549	77,222
จำนวนของเสียที่บิ่น (ชิ้น)	6,380	3,103
%ของเสียที่เกิดการบิ่น	9.04	4.02
ค่าความเสียหาย (บาท)	319,000	155,150
ค่าความเสียหาย (บาท/เดือน)	106,333	51,716

จากตารางที่ 6 เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบจะเห็นว่าสามารถลดของเสียที่เกิดจากเลนส์บิ่นได้ถึง 55.6% หรือคิดเป็นมูลค่า 54,617 บาทต่อเดือน เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ และเป็นที่ยอมรับได้ของโรงงานกรณีศึกษาที่ต้องการ

ดังนั้นของเสียที่เกิดจากเลนส์บิ่นลดลง = $1 - (4.02/9.04) = 1 - 0.444 = 0.556 \times 100 = 55.6\%$ การคำนวณที่ได้นั้น เนื่องจากผลิตชนิดของเลนส์ L3 ของโรงงานกรณีศึกษา มีจำนวนการผลิตที่ใช้ในการผลิตต่อเดือนก่อนและหลังปรับปรุงแก้ไขไม่เท่ากัน ดังนั้นการเปรียบเทียบข้อมูลเฉพาะของกระบวนการขัดหยาบเลนส์ จึงต้องทำเป็นสัดส่วนของเปอร์เซ็นต์ของเสียที่เกิดจากการบิ่น ต่อจำนวนเลนส์ที่ใช้ในการผลิตของเลนส์ L3 ทั้งหมด

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้ได้แบ่งส่วนการวิจัยเป็น 2 ส่วนหลักๆ คือ

1) จากผลการดำเนินงานข้างต้น การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบสามระดับ (3^k Factorial Design) ทำให้ทราบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการสูญเสีย %Loss โดยสามารถกำหนดระดับปัจจัยที่เหมาะสมได้ดังนี้ คือ แรงกดในการเจียรในเลนส์เท่ากับ 20 กิโลกรัม และความเร็วรอบของล้อหินขัดเพชรเท่ากับ 16,200 รอบต่อนาที ซึ่งส่งผลให้สามารถลดของเสียในกระบวนการขัดหยาบเลนส์ จากผลการทดลองพบว่า ทำให้อัตราของเสียที่เกิดขึ้นที่เกิดจากเลนส์บิ่นของเลนส์ชนิด L3 คิดเป็นสัดส่วนของเสียลดลงจากเดิม 55.6 เปอร์เซ็นต์

2) การศึกษาและสร้างมาตรฐานในการทำงานของเครื่องขัดหยาบเลนส์ เนื่องจากเครื่องจักรรุ่นนี้ไม่มีมาตรฐานในการตั้งค่าพารามิเตอร์ที่แน่นอน ผู้วิจัยจึงได้เขียนคู่มือวิธีการปฏิบัติงาน (Work Instruction) ในการทำงาน of เครื่องขัดหยาบเลนส์

ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากโรงงานกรณีศึกษามีเครื่องขัดหลายชนิดซึ่งมีลักษณะการทำงานของเครื่องจักรที่คล้ายๆกัน บางเครื่องก็ไม่มีมาตรฐานในการตั้งค่าพารามิเตอร์ ดังนั้นสามารถนำการสร้างมาตรฐานในการทำงานของเครื่องจักร ไปใช้กับเครื่องจักรชนิดอื่น เพื่อหาค่าที่เหมาะสม

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ โรงงานกรณีศึกษาที่เอื้อเฟื้อข้อมูลในการทำงานวิจัย ตลอดจนผู้เกี่ยวข้องทุกท่านที่ให้ความร่วมมือและขอขอบคุณ รศ.สมเกียรติ จงประสิทธิพร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่คอยให้คำแนะนำและแนวคิดในการทำวิจัยจนงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- ปารเมศ ชูติมา. 2545. การออกแบบการทดลองทาง
วิศวกรรม. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย.
- วันวิสา ค่วนตระกูลศิลป์. 2553. การลดความสูญเสียจาก
กระบวนการผลิตพลาสติกและการออกแบบการ
ทดลองเพื่อนำของเสียกลับมาใช้ใหม่ กรณีศึกษา
โรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์. วิทยานิพนธ์ปริญญา
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรม
อุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- โตภิดา ท้วมมี. 2550. การลดปริมาณของเสียใน
กระบวนการผลิตพลาสติกแผ่นโดยการ
ประยุกต์ใช้การออกแบบการทดลอง กรณีศึกษา
บริษัทในอุตสาหกรรมผลิตพลาสติก. วิทยานิพนธ์
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา
วิศวกรรมอุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- Montgomery, D.C. 2005. Design and Analysis of
Experiment. The United States of America:
John Wiley & Sons.