การประชุมวิชาการนวัตกรรมด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีเพื่อเศรษฐกิจและสังคม ครั้งที่ 2
The 2nd Conference on Innovation Engineering and Technology for Economy and Society
วันที่ 16 ธันวาคม 2561 ณ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต วิทยาเขต ร่มเกล้า

การลดปริมาณการใช้สารเคมี ในกระบวนการผลิตเลนส์เคลือบสีชนิดพลาสติก

Cost saving of Material in Hard Multi-Coat Process

อรนุช แสงสีงาม[1] ปริญญา ศรีพระลาน[1] วรรณชนะ แก้วมณี[1] ชานนท์ มูลวรรณ[1] ประยูร สุรินทร์[2*]
[1]สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต
Oranuch Sangseengam[1] Parinya Sripralan[1] Wanchana Kaewmanee[1] Charnont Moolwan[1]
Prayoon Surin[2*]
[1]Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Kasembundit University
[2]Department of Advance Manufacturing Technology, Pathumwan Institute of Technology
*E-mail: **Prayoon.ptwit@gmail.com**

บทคัดย่อ

การลดปริมาณการใช้สารเคมีที่ใช้ในกระบวนการเคลือบสีเลนส์ เพื่อลดต้นทุนในกระบวนการผลิตของเครื่องเคลือบสีชนิดซาตีส (SATIS) ที่มีปริมาณต้นทุนในการผลิตสูง การการแก้ไขปัญหาได้แก้ในแผนกเคลือบสีเลนส์แว่นตาชนิดพลาสติก โดยได้นำเทคนิคการวิเคราะห์กระบวนการผลิตมาประยุกต์ใช้ ในขั้นตอนการเติมสารเคมีลงในชุดอุปกรณ์ใส่สารเคมีหรือหลุม (Crucible) ก่อนการปรับปรุงพบว่าชุดอุปกรณ์ใส่สารเคมีหรือหลุม (Crucible) มีขนาดความลึกของหลุม 9 มิลลิเมตร ผลกระทบคือทำให้มีการใช้สารเคมีในปริมาณมาก จึงได้ทำการแก้ปัญหาโดยการออกแบบชุดอุปกรณ์ใส่สารเคมีหรือหลุม (Crucible) แบบใหม่มาใช้งาน โดยมีขนาดความลึกของหลุม 4 มิลลิเมตร ทำให้มีการใช้สารเคมีในปริมาณที่เหมาะสมกับการใช้งานจริงที่ความลึก 3 มิลลิเมตร ผลการปรับปรุงกระบวนการผลิตในขั้นตอนนี้สามารถช่วยลดต้นทุนปริมาณการใช้สารเคมีได้ปีละ 1,406,003 บาท จุดคุ้มทุนจากการออกแบบและจัดทำอุปกรณ์แบบใหม่ที่ใช้สำหรับ 7 เครื่อง ราคาต่อหน่วยเท่ากับ 20,000 บาท รวมทั้งสิ้นเท่ากับ 140,000 บาท จากการลดต้นทุนนี้สามารถลดได้ 70,000 บาทต่อเดือน และจะมีจุดคุ้มทุนเมื่อทำการปรับปรุงไปครบ 2 เดือน

คำหลัก: การลดต้นทุน, กระบวนการเคลือบสีเลนส์, พลาสติกเลนส์

Abstract

Reduce the amount of chemicals used in the lens coating process for reduce the cost of production of SATIS coatings with high cost of production. The problem solved in the department of plastic lens coatings process. The process of chemical analysis is applied in the process of chemical Loading in the crucible. Prior to the improvements, the Crucible had a depth of 9 millimeters the effect is to make the use of chemicals in large quantities. The problem is solved by designing a new set of chemical devices or holes (Crucible) to use the depth of the hole is 4 millimeters. The use of chemicals in the amount appropriate to the actual use at a depth of 3 millimeters. The improvement of the production process at this stage can reduce the cost of chemical consumption by 1,406,003 baht a year. Breakthroughs in design and equipment for 7 new machines, unit price is 20,000 baht, the total of cost is 140,000 baht. This cost reduction can be reduced to 70,000 baht per month, and there will be a breakeven point after 2 months of improvement.

Keyword: Cost reduction, Lens coating process, Plastic lens.

1. บทนำ

ปัจจุบันธุรกิจผลิตเลนส์แว่นตาเพื่อการส่งออก ในประเทศไทยมีการแข่งขันที่สูง ทำให้ผู้ผลิตเลนส์สายตาในประเทศไทยมีการพัฒนาปรับปรุงคุณภาพในหลายๆด้าน ไม่ว่าจะเป็นทางด้านเทคโนโลยีที่ทำให้ได้เลนส์แว่นตาที่มีคุณภาพดีขึ้น เพื่อให้ผู้บริโภคได้ใช้แว่นตาที่มีคุณภาพสูงแต่ราคาไม่แพง ทำให้เกิดแนวคิดและพยายามสร้างนวัตกรรมและผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ ภายใต้กรอบแนวความคิดเรื่องผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูงแต่เน้นเรื่องต้นทุนต่ำ

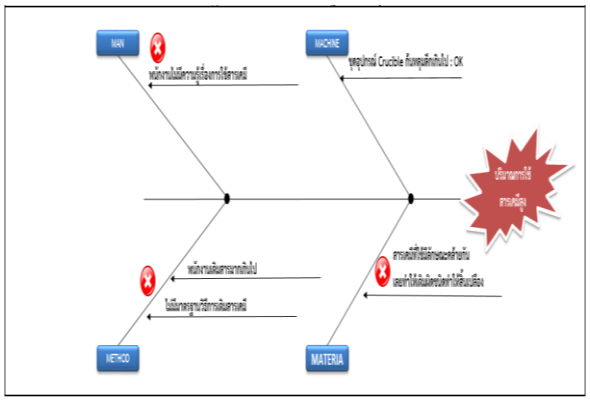
ทางผู้วิจัยจึงทำการศึกษาเพื่อลดปริมาณการใช้สารเคมีที่มากเกินความจำเป็น โดยนำเทคนิคการวิเคราะห์ปัญหาโดยใช้หลักการของความสูญเปล่า 7 ประการ (7 Wastes) และหลักการแก้ไขปัญหาโดยวิธีการตั้งคำถาม 5 ขั้นตอน (5 Why) มาใช้ในการแก้ไขปัญหา

1.1 วัตถุประสงค์ของการทำงานวิจัย

- เพื่อลดปริมาณการใช้สารเคมี ในกระบวนการผลิตของเครื่องเคลือบสีขนิดซาตีส (SATIS)
- เพื่อลดต้นทุนในกระบวนการผลิตเลนส์เคลือบสี

1.2 ขอบเขตของการวิจัย

- ชุดอุปกรณ์เติมสารเคมีหรือหลุม (Crucible) ที่ออกแบบใหม่ทดสอบในกระบวนการผลิตการเคลือบสีเลนส์แว่นตา วัดขนาดความลึกของการเผาสารเคมีต้องมีขนาดความลึกไม่เกิน 4 มิลลิเมตร
- ชุดอุปกรณ์ที่ใช้ผลิตมาจากทองแดงขึ้นรูปตามแบบแม่พิมพ์ ในกระบวนการเคลือบสีเลนส์มีการทำงานด้วยการยิงอิเล็กตรอน ทองแดงที่ใช้เมื่อทดสอบแยกด้วยกระแสไฟฟ้าต้องเป็นทองแดงบริสุทธิ์มากกว่า 99%
- ใช้หลักการวิเคราะห์ปัญหาด้วยการศึกษาและวิเคราะห์ปัญหาโดยใช้หลักการของความสูญเปล่า 7 ประการ (7 Wests) และหลักการแก้ไขปัญหาโดยวิธีการตั้งคำถาม 5 ขั้นตอน (5 Why)



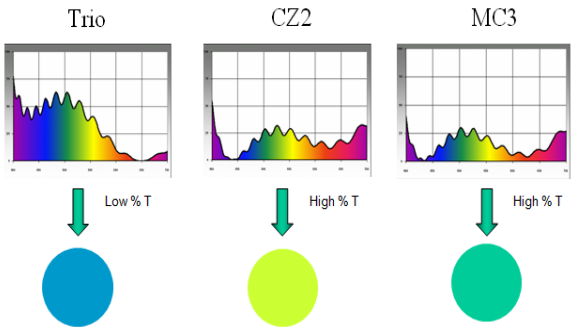
รูปที่1 การวิเคราะห์ปัญหาโดยใช้ 5Why [6, 7, 8]

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การเคลือบมัลติโคท (Multi-coat)

Multi-coat เป็นการเคลือบเพื่อเพิ่มสมบัติทางแสงเพื่อให้แสงสามารถผ่านเข้าสู่จอประสาทตาให้ได้มากที่สุดกระตุ้นเซลรับแสง (Photoreptors) ให้ทำงานได้เต็มที่จึงจะได้ภาพที่ชัด และลดแสงสะท้อนบนผิวเลนส์เพื่อให้คนที่มองเข้ามาไม่พบแสงสะท้อนบนผิวเลนส์ และเห็นเลนส์ที่ใสและดวงตาที่ชัดเจน ซึ่งพลาสติกทำเลนส์ปกติ(CR39) ที่ไม่เคลือบสีมัลติโคทจะมีสมบัติของการส่งผ่านแสงเพียง 92% (พลาสติกใสจะมีการดูดกลืนแสงที่น้อยมาก) การเคลือบ multi-coat จะสามารถเพิ่มคุณสมบัติของการส่งผ่านแสงได้มากถึงกว่า 99% จึงเหลือแสงสะท้อนต่ำกว่า 1% ทำให้เราได้เลนส์ที่ใสมากๆ เพราะแสงเกือบทั้งหมดสามารถผ่านทะลุผ่านเลนส์ได้นั้นเอง

การเคลือบมัลติโคทอาศัยหลักการแทรกสอด (Interference) ของคลื่นแสงที่มีขนาดความยาวคลื่น (Amplitude condition) และทิศทาง (Path condition) เพื่อทำให้แสงสะท้อนในแต่ละความยาวคลื่นของชั้นผิวเคลือบเกิดการหักล้างกันเอง ก่อนที่จะส่งผ่านแสงเข้าสู่ชั้นผิวเลนส์ การเคลือบมัลติโคทให้ประสิทธิภาพที่ดีอาจต้องมีมากถึง 5-7 ชั้นเคลือบเพื่อให้แสงหลายความยาวคลื่นถูกหักล้างกันไป แสงสะท้อนจึงลดลงได้มาก เราสามารถสังเกตได้จากเลนส์ที่ให้แสงสะท้อนสีต่างๆ เช่น ชมพู ม่วง เขียว เหลือง ซึ่งจะเฉพาะของแต่ละบริษัทที่คิดค้นขึ้นมา



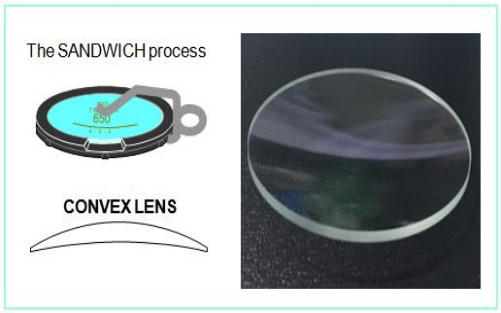
รูปที่2 ลักษณะของการเคลือบสีเลนส์ Multi-coat [1, 2, 3]

2.2 ความรู้เกี่ยวกับเลนส์สายตาพลาสติก

2.2.1 เลนส์สายตา หมายถึง เลนส์สำหรับประกอบแว่นตา เพื่อช่วยแก้ปัญหาสายตาให้สามารถมองเห็นภาพได้ชัดเจนขึ้น โดยสามารถผลิตได้จาก Hard Crown Glass ที่เรียกว่า เลนส์กระจก และผลิตจากวัสดุที่เป็นส่วนผสมของพลาสติกที่ชื่อว่า CR39 เรียกเลนส์ชนิดนี้ว่า เลนส์พลาสติก [1]

2.2.2 ชนิดของเลนส์สายตาพลาสติก

- เลนส์เว้า (Concave Lens) เป็นเลนส์ที่ใช้แก้ปัญหาสายตาสั้นที่เกิดจากความสามารถในการปรับโฟกัสของเลนส์รับภาพ และกระจกตาที่มากเกินไปทำให้การโฟกัสของภาพที่รับมาตกอยู่ก่อนถึงเรตินาเมื่อมองวัตถุที่อยู่ไกลจึงไม่สามารถมองเห็นได้ชัดเจน โดยเลนส์เว้าจะมีลักษณะตรงกลางบาง แต่ที่ขอบเลนส์จะมีความหนา มีสมบัติในการกระจายแสงให้แสงไปตกที่จอรับภาพพอดี



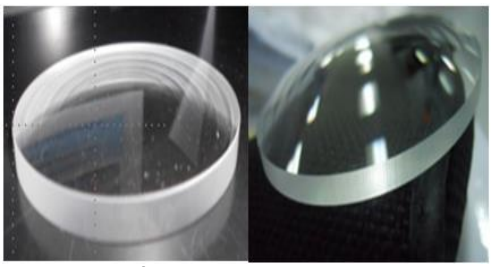
รูปที่3 เลนส์เว้า [1]

- เลนส์นูน (Convex Lens) เป็นเลนส์ที่ใช้แก้ปัญหาสายตายาวที่เกิดจากความสามารถในการปรับโฟกัสของเลนส์รับภาพ และกระจกตาที่มีน้อยเกินไปทำให้โฟกัสภาพที่รับมาตกอยู่หลังเรตินาเมื่อมองวัตถุที่อยู่ใกล้จึงไม่สามารถมองเห็นได้อย่างชัดเจน โดยเลนส์นูนจะมีลักษณะตรงกลางหนาแต่ขอบของเลนส์บาง มีคุณสมบัติการรวมแสงให้ไปตกที่จอรับภาพพอดี

รูปที่4 เลนส์นูน [1]

- เลนส์เคลือบแข็ง เนื่องจากวัสดุที่ใช้ทำเลนส์ในปัจจุบันจัดเป็นจำพวกพลาสติกเสียส่วนใหญ่เนื่องจากมีน้ำหนักเบาและราคาถูกกว่าเมื่อเทียบกับเลนส์ที่วัสดุทำมาจากกระจก แต่พลาสติกที่มีข้อด้อยกว่าเลนส์กระจกที่มีความแข็งไม่เท่า จึงมีขั้นตอน

กระบวนการในการเคลือบผิวแข็งทำโดยการจุ่มลงในน้ำยาที่มีลักษณะพิเศษ หลังจากนั้นจึงนำไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ทำให้เลนส์มีความแข็งแรงป้องกันการเกิดรอยขีดข่วนบนผิวเลนส์ได้มากขึ้น [1]



รูปที่5 เลนส์เคลือบแข็ง [1]

- **เลนส์เคลือบผิวกันแสงสะท้อน** ในขั้นตอนการเคลือบกันแสงสะท้อนนี้จะนำเลนส์พลาสติกที่ผ่านการเคลือบแข็งแล้วมาเคลือบฟิล์มบางที่ภาวะใกล้สุญญากาศในเครื่องเคลือบกันแสงสะท้อนซึ่งเลนส์ที่ผ่านการเคลือบแสงสะท้อนแล้วจะทำให้ผู้สวมใส่มองเห็นสิ่งต่างๆ ชัดเจนขึ้นตลอดจนไม่มีแสงสะท้อนออกมาระหว่างสวมใส่ [2]

รูปที่6 เลนส์เคลือบสี [2]

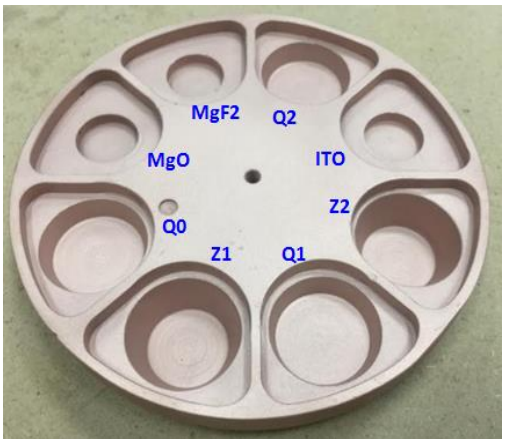
- **เลนส์ย้อมสี** สามารถเห็นได้ทั่วไปตามท้องตลาดหรือที่ใช้ภาษาเรียกกันว่าแว่นกันแดดนั้นเองโดยกระบวนการทำคือนำเลนส์ไปจุ่มย้อมสีตามที่ลูกค้าต้องการซึ่งในแต่ละหม้อสีก็จะใช้การจุ่มสีที่แตกต่างกัน [4]

รูปที่7 เลนส์ย้อมสี [4]

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

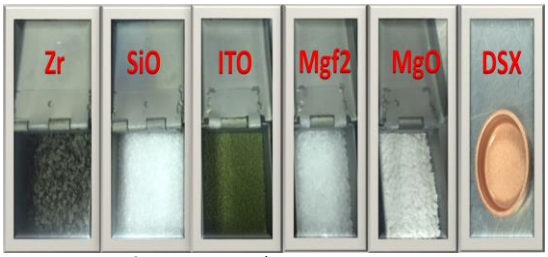
3.1.1 อุปกรณ์ใส่สารเคมีหรือหลุม Crucible ที่ออกแบบใหม่ที่มีขนาดความลึกของหลุม 4 มิลลิเมตร เพื่อให้มีการใช้สารเคมีในปริมาณที่เหมาะสมกับการใช้งานจริงที่ความลึก 3 มิลลิเมตร โดยเผื่อความคลาดเคลื่อนความลึกในการเผาสารไว้ที่ 1 มิลลิเมตร



รูปที่8 อุปกรณ์ใส่สารเคมี

3.1.2 สารเคมีที่ใช้ในการเคลือบสีเลนส์ชนิดพลาสติก

- ZrO (Zirconium dioxide) สมบัติเคลือบสีบนเลนส์แว่นตา
- SiO_2 (Silicon dioxide) สมบัติเคลือบเงาสีเลนส์คล้ายคริสตัล
- ITO (Indium tin oxide) สมบัติป้องกันฝุ่นเกาะบนผิวเลนส์
- Mgf_2 (Magnesium fluoride) สมบัติป้องกันการลื่นขณะทำการตัดเลนส์
- MgO (Magnesium oxide) สมบัติป้องกันการลื่นขณะทำการตัดเลนส์

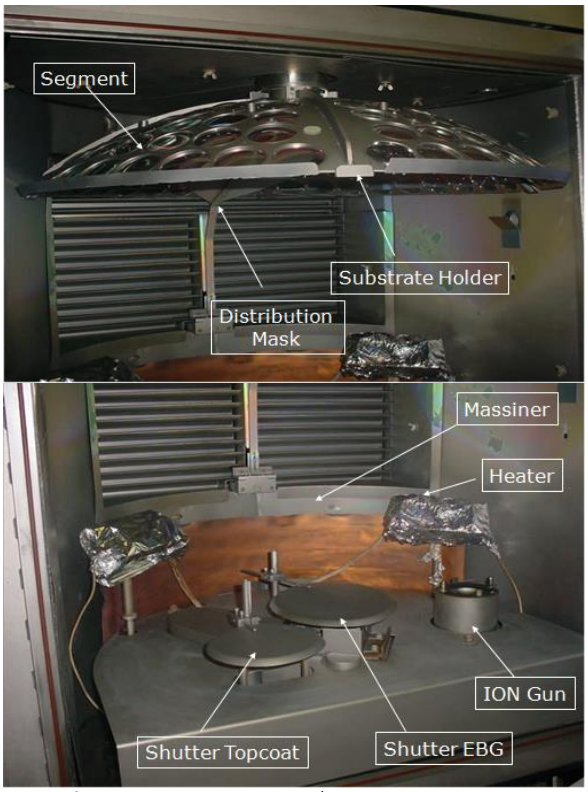


รูปที่9 สารเคมีที่ใช้ในการเคลือบสี

3.1.3 เลนส์พลาสติกที่ผ่านการเคลือบแข็ง

รูปที่10 เลนส์เคลือบแข็ง

3.2 การทำงานของอุปกรณ์ชนิดต่างๆภายในเครื่องเคลือบสีชนิดซาตีส (SATIS)



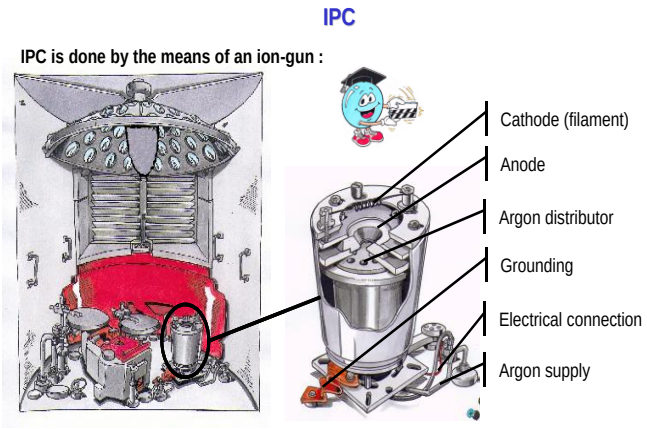
รูปที่11 อุปกรณ์ภายในเครื่องเคลือบสีชนิดซาตีส

3.2.1 การทำงานของชุดไอออน กัน (ION GUN)

ชุด Ion gun จะมีความสัมพันธ์กับค่า IPC อย่างมาก และมีความหมายต่อกระบวนการยึดเกาะของสารกับเลนส์

ค่ามาตรฐานของ IPC (Spec of IPC)

1) Anode Voltage = 99 – 100 V
2) Anode Current = 1.8 A
3) Cathode Current = 17 – 25 A
4) Neutralize Current =-0.180to-0.250 A



รูปที่ 8 ชุด Ion-gun

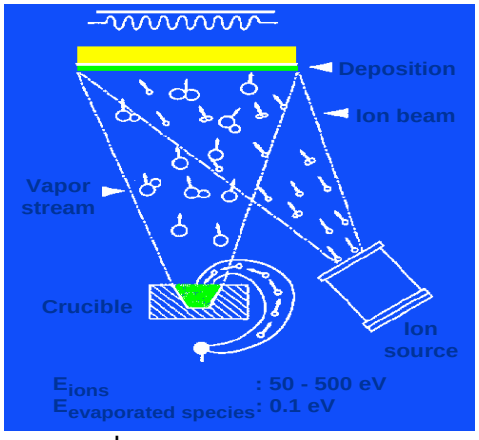
หมายเหตุ: ชุด ION gun จะมีความสัมพันธ์กับค่า IPC อย่างมาก และมีความหมายต่อกระบวนการยึดเกาะของสารกับเลนส์ จึงต้องให้ความสำคัญกับ Layer นี้

3.2.2 ชุดจ่ายกระแส (IPC)

ชุดการทำงานของ IPC ที่สอดคล้องสืบเนื่องจากการทำงานของ Ion Gun

การทำงานของชุด IPC

- ช่วยทำให้ผิวเลนส์หยาบคล้ายกระดาษทรายขัด
- ช่วยเพิ่มการยึดเกาะระหว่างชั้น HC กับ MC โดยการทำงานของ IPC คือ การใช้ Plasma หรือ ION เคลื่อนที่ไปกระทบกับผิวเลนส์



รูปที่13 ชุดการจ่ายกระแส IPC

3.2.3 ชุด Top coat

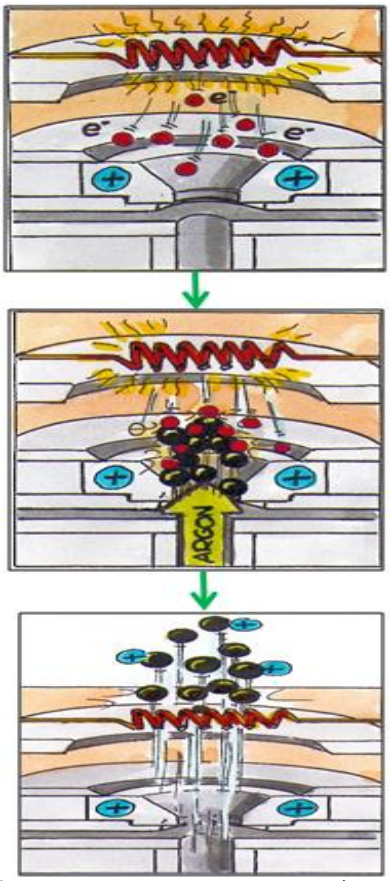
Topcoat คือ สารที่เคลือบแล้วทำให้เลนส์ลื่น และทำความสะอาดง่ายไม่มีผลใดๆ ต่อค่าสีเลนส์

สมบัติพิเศษของ Top coat

- ง่ายต่อการทำความสะอาด Easy to cleaning
- ป้องกันสารขงเหลวต่างๆ Protect liquid attack
- ไม่ส่งผลกระทบต่อสีเลนส์ None effect to Hue

รูปที่14 ชุด Top coat

3.3 กระบวนการเคลือบสีเลนส์โดยใช้อุปกรณ์ใส่สารเคมีหรือหลุม Crucible ที่ออกแบบใหม่



รูปที่15 กระบวนการเคลือบสีในเครื่องซาตีส

อธิบายขั้นตอนกระบวนการเคลือบจากรูปด้านบน

3.3.1 เส้นใย Filament ถูกให้ความร้อนด้วยกระแสไฟฟ้าสูง (20แอมป์)

3.3.2 กระแสไฟฟ้าไหลเข้าสู่เส้นใย Filament และมีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่มายังแผ่นแอโนด

3.3.3 อิเล็กตรอนชนกับโมเลกุลอาร์กอนดังนั้นการสร้างไอออนจะสร้างจากประจุบวก

3.3.4 ก๊าซเฉื่อย (Argon) จะถูกจ่ายเพื่อผลักประจุให้เคลื่อนที่

3.3.5 ไอออนอาร์กอน (Ion Argon) จะถูกขับไล่ออกจากอาร์กอนและรับความเร็ว เมื่อประจุเคลื่อนที่ประจุนี้เรียกว่าพลาสม่า (Plasma) และทำปฏิกิริยาต่อเลนส์ทำให้สารเคมีเกาะติดบนผิวเลนส์เกิดเป็นสีตามที่ต้องการเกิดขึ้น

การเคลือบสีเลนส์สายตาชนิดพลาสติกนั้นมีขั้นตอนย่อยๆต่อเนื่องกันตั้งแต่การอบเลนส์ (Holding memmert) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเพื่อเตรียมความพร้อมของเลนส์เพื่อประกอบเลนส์ (Mounting lenses) เข้า Segment เพื่อเข้าสู่ขั้นตอนการเคลือบสี (Hard Multicoated) ด้วยเครื่อง Satis จากนั้นเมื่อเข้าเครื่องเคลือบตาม Cycle time ของแต่ละ Process สีที่ต้องการแล้ว จึงทำการถ่ายเลนส์ออกจาก Segment เพื่อถ่ายเลนส์จาก Segment ใส่ใน Rack ก่อนที่จะส่งไปยังกระบวนการตรวจสอบของเสียด้วยสายตา (Visual Cosmetic Inspection) และการตรวจสอบของเสียด้วยสายตา (Optical Inspection) เป็นขั้นตอนสุดท้ายก่อนส่งไปบรรจุซอง (Packing)

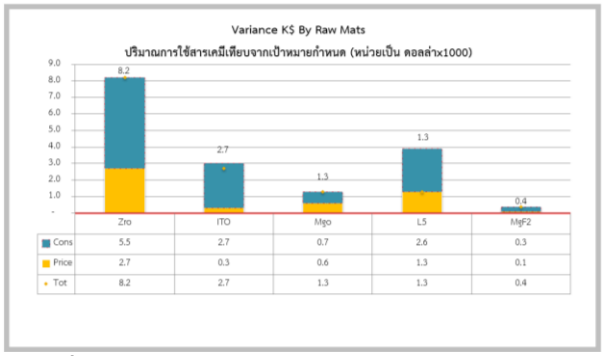
4. ผลการทดสอบและอภิปลายผล

ความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในกระบวนการเคลือบสีคือขั้นตอนการเติมสารเคมีเกินความจำเป็นโดยเปล่าประโยชน์เพราะในกระบวนการเคลือบสีมีการเผาสารเคมีที่เติมลงไปในหลุม (Crucible) แค่ผิวหน้าบริเวณปากหลุม หรือแค่ 1 ใน 3 ส่วนของหลุม

เท่านั้น และยังส่งผลให้สูญเสียเวลาในการรอคอยอย่างเปล่าประโยชน์จากการเติมสารในปริมาณมากกว่าการใช้งานจริง ทำให้การศึกษาในครั้งนี้มุ่งเน้นที่จะปรับปรุงอุปกรณ์ชิ้นงานเพื่อลดปริมาณการใช้สารเคมีที่ส่งผลให้บริษัทสามารถลดต้นทุนในการผลิตได้ [6,7]

จากการทดลองวิจัยโดยการออกแบบอุปกรณ์ใส่สารเคมีหรือหลุม Crucible แบบใหม่ สังเกตได้ว่าความลึกของแต่ละหลุมมีลักษณะตื้นขึ้น เพื่อให้ใส่สารเคมีได้น้อยลงในปริมาณที่เหมาะสมตามผลการวิจัย ผลการทดลองไม่มีผลกระทบและเปลี่ยนแปลงต่อกระบวนการผลิต และคุณภาพของเลนส์แต่อย่างใด

สรุปแนวทางการปรับปรุงเพื่อลดปริมาณการใช้สารเคมีและเพื่อกำจัดความสูญเปล่าและเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตลดต้นทุนในการใช้สารเคมีจากเดิมที่ค่อนข้างสูงสามารถลดต้นทุนได้ทั้งส่วนของฝ่ายจัดซื้อและฝ่ายผลิต คิดจากเป้าหมายหน่วยที่คิดเป็น K$ ดอลล่า (จำนวน x 1000 x อัตราแลกเปลี่ยนเงินดอลล่า (ประมาณ 30 บาทไทย)) ดังแสดงในกราฟต่อไปนี้ [5]



รูปที่16 แสดงกราฟปริมาณการลดต้นทุนผลกำไร

และสามารถช่วยลดต้นทุนปริมาณการใช้สารเคมีได้ปีละ 1,406,003 บาท จุดคุ้มทุนจากการออกแบบและจัดทำอุปกรณ์แบบใหม่ใช้กับ 7 เครื่อง ราคาต่อหน่วยเท่ากับ 20,000 บาท รวมทั้งสิ้น เท่ากับ 140,000 บาท ลดต้นทุนได้เท่ากับ 70,000 บาทต่อเดือน เมื่อทำการผลิตไปครบ 2 เดือน สามารถคืนทุนจากการซื้อชุดอุปกรณ์แบบใหม่นี้ได้

5. สรุปผลการดำเนินงาน

จากการทดลองและเก็บข้อมูลการวิจัยในขั้นตอนนี้ สามารถสรุปปัญหาหลักในการปรับปรุงชุดอุปกรณ์นี้ได้โดยการออกแบบใหม่ให้หลุมCrucibleตื้นขึ้นส่งผลให้ปริมาณการใช้สารเคมีลดลง และลดต้นทุนได้อย่างแท้จริง รวมถึงไม่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตอื่นๆ และไม่กระทบต่อประสิทธิภาพการผลิตและขั้นตอนการผลิตเดิมด้วย จึงถือได้ว่าประสบความสำเร็จในขั้นตอนกระบวนการทดลองทำการวิจัยในครั้งนี้

6. ข้อเสนอแนะ

การศึกษาในครั้งนี้ ผู้ศึกษาได้ทำการศึกษาร่วมกับพนักงานที่อยู่ในแผนกเคลือบเลนส์ ที่รับผิดชอบขั้นตอนการประกอบเลนส์เข้าเครื่องเคลือบสีเลนส์และเติมสารเคมีของกระบวนการเคลือบสีเลนส์สายตาชนิดพลาสติก ตั้งแต่การฝึกอบรมเพื่อให้เข้าใจในเรื่องของการวิเคราะห์กระบวนการผลิต การค้นหาความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นและการวิเคราะห์ผลกระทบที่ทำให้เกิดของเสียจาก

การลดปริมาณการใช้สารเคมีโดยวิเคราะห์จากกราฟพาเรโต ตลอดจนการร่วมกันเก็บข้อมูล สังเกตการณ์ในพื้นที่จริงและระดมสมองในการปรับปรุงกระบวนการ ซึ่งทำให้พนักงานเข้าใจในหลักการ และการอก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ ผู้ศึกษาจึงนำข้อมูลต่างๆที่ได้มาสรุปเป็นข้อเสนอแนะ ดังนี้

6.1 ควรมีการนำระยะเวลาในการผลิตสินค้า (Production lead time) และประสิทธิผลต่อคนในการผลิต (Labor Productivity) มาเป็นหนึ่งในตัวชี้วัดผลสำเร็จขององค์กร นอกเหนือจากร้อยละผลได้ของผลิตภัณฑ์ (%Production Yield) ร้อยละของเสีย (%Defect) ที่ทางองค์กรได้กำหนดไว้แล้ว เพื่อแสดงให้เห็นถึงการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ ว่ามีประสิทธิภาพมากเพียงไร

6.2 ควรจัดให้มีกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้พนักงาน ได้มีส่วนร่วมในการเสนอความคิดใหม่ๆ ที่หัวหน้างานมองข้ามไป ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ได้จริง เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงกระบวนการผลิตให้ดีขึ้นกว่าเดิม

6.3 ควรจัดการอบรมความรู้เรื่อง “การกำจัดความสูญเปล่า 7 ประการ” ให้กับพนักงานทุกคน และทุกระดับชั้นในองค์กร เพื่อให้ทุกคนมีความเข้าใจในทิศทางเดียวกัน สามารถร่วมมือกันปรับปรุงและพัฒนากระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

6.4 ควรมีการแสดงความชื่นชม หรือมอบรางวัลให้กับพนักงานที่ให้ความร่วมมือ เพื่อเป็นแรงจูงใจในการช่วยกันปรับปรุง และพัฒนากระบวนการผลิต ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

References

[1] SCIMATH: คลังความรู้ SciMath. All Right Recerved ความรู้เรื่องการสะท้อนของแสงและการมองเห็น

[2] http://th.drderamus.com/29209-anti-reflective-coating การเคลือบเลนส์ป้องกันแสงสะท้อน

[3]http://www.wichaioptic.com/1428440729209-anti-reflective-coating การเคลือบมัลติโค๊ตและประโยชน์ที่ได้

[4]http://www.hoyavision.com/th/discoverproduct/ for-spectacle-wearers/sunwears tinted-lenses/tinted-andsun-lenses เลนส์ย้อมสีและกันแดด

[5] บุษกร คำโฮม (2551) การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโดยการลดความสูญเปล่าในกระบวนการผลิตคอนเนคเตอร์. (การค้นคว้าอิสระ ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัย ขอนแก่น)

[6] นัทรมย์ ศรีรัตนพันธ์ (2559) วิธีการใช้ 7 Wastes ในการตัดสินใจแก้ปัญหา www.repository .rmutt.ac.th

[7] เฉลิม สัมพันธ์ธนรักษ์ และเจริญ สุนทราวาณิชย์ (2547) ทฤษฎี 5Why

[8] ทองพันชั่ง พงษ์วารินทร์ 2553 ทฤษฎี 5 Why)