การประชุมวิชาการนวัตกรรมด้านวิศวกรรมและเทคโนโลยีเพื่อเศรษฐกิจและสังคม ครั้งที่ 3
The 3rd Conference on Innovation Engineering and Technology for Economy and Society
วันที่ 29 มีนาคม 2563 ณ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต วิทยาเขตร่มเกล้า

การลดปริมาณการใช้น้ำโดยวิธีการนำกลับมาใช้ซ้ำในกระบวนการเคลือบเลนส์พลาสติก
Reducing water by reuse in plastic lens coating processes

คมสันต์ สมทิพย์[1] ปรัชญา ซ่อนกลิ่น[1] ตรัยรัตน์ อมรปุณยรัตน์[1] ชานนท์ มูลวรรณ[1] และประยูร สุรินทร์[2,*]
[1]สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต
[2]สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน

Khomsan Somthip[1] Prachya Sonklin[1] Trirat Amornpunyarat[1] Charnont Moolwan[1] and 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
การลดปริมาณการใช้น้ำในกระบวนการเคลือบแข็งเลนส์เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ เพื่อลดต้นทุนการใช้น้ำในกระบวนการผลิต การแก้ปัญหาใช้เทคนิคการวิเคราะห์กระบวนการผลิตมาประยุกต์ใช้ ในขั้นตอนการล้างทำความสะอาดผิวเลนส์ โดยติดตั้งชุดอุปกรณ์ รีดิวซ์ซิ่ง เพิ่ม เพื่อนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ได้ ก่อนการปรับปรุงพบว่ามีปริมาณการจ่ายน้ำเข้าระบบในกระบวนการผลิต 40 ลูกบาศก์เมตร ต่อวัน ค่าน้ำที่ใช้ของเครื่องนี้เท่ากับ 13,140 บาทต่อเดือน ผลการปรับปรุงกระบวนการผลิตในขั้นตอนนี้ สามารถลดต้นทุนปริมาณการใช้น้ำลงได้ถึง 25.87 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน และสามารถนำน้ำกลับมาใช้งานใหม่ได้ถึง 30% โครงการติดตั้งชุดอุปกรณ์ รีดิวซ์ซิ่ง สามารถลดค่าใช้จ่ายได้ 101,976 ต่อปี
คำสำคัญ: ลดปริมาณการใช้น้ำ กระบวนการเคลือบเลนส์ พลาสติกเลนส์

Abstract
Reducing the amount of water used in the lens coating process for recycling. To reduce the cost of water use in the production process. Solving problems using techniques for analyzing production processes to apply during in the process of cleaning the lens surface by installing a reducing system for recycle water. Before the improvement, it was found that there was a volume of 40 cubic meters per day, The water cost of this machine is 13,140 baht per month. The results of the improvement at this process can reduce the cost of water consumption by up to 25.87 cubic meters per day and able to recycle up to 30% of the water. The installation of a reducing system can reduce the cost by 101,976 per year.
Keywords: reduce water consumption, lens coating process, plastic lens

1. บทนำ

ปัจจุบันธุรกิจผลิตเลนส์แว่นตาเพื่อการส่งออก ในประเทศไทยมีการแข่งขันที่สูง ทำให้ผู้ผลิตเลนส์สายตาในประเทศไทยมีการพัฒนาปรับปรุงคุณภาพในหลายๆด้าน ไม่ว่าจะเป็นทางด้านเทคโนโลยีที่ทำให้ได้เลนส์แว่นตาที่มีคุณภาพดีขึ้น เพื่อให้ผู้บริโภคได้ใช้แว่นตาที่มีคุณภาพสูงแต่ราคาไม่แพง แต่การผลิตเลนส์เคลือบแข็งส่วนใหญ่ จะมีการใช้น้ำอ่อน (Soft water) เพื่อทำความสะอาดผิวหน้าเลนส์

ก่อนส่งเข้าเครื่องเคลือบ จึงเกิดแนวคิดที่จะลดปริมาณการใช้น้ำที่สิ้นเปลืองและสูญเปล่า ภายใต้กรอบแนวความคิดเรื่องผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูงแต่เน้นเรื่องต้นทุนต่ำและการลดพลังงาน เพื่อช่วยดูแลสิ่งแวดล้อมควบคู่ไปด้วย ซึ่งโดยเฉลี่ยต่อวันมีการใช้น้ำในกระบวนการนี้ประมาณ 40 คิวบิคมิเตอร์ (40,000 ลิตร) ผลกระทบคือทำให้มีการใช้น้ำในปริมาณมากเกินความจำเป็น และก่อให้เกิดต้นทุนการผลิตสูง (ค่าน้ำ) จึงได้ทำโครงการวิจัยเพื่อช่วยลดต้นทุนในกระบวนการผลิตโดยการลดการใช้น้ำด้วยวิธีการวนนำมาใช้ซ้ำก่อนระบายทิ้งหรือทำลาย โครงงานนี้จัดทำเพื่อเพื่อลดปริมาณการใช้น้ำที่มากเกินความจำเป็น โดยนำเทคนิคการวิเคราะห์ปัญหาโดยใช้หลักการของความสูญเปล่า 7 ประการ และหลักการแก้ไขปัญหาโดยนำวิธีการตั้งคำถาม 5 ขั้นตอน (5 Why) มาใช้ในการแก้ไขปัญหาในกระบวนการผลิตที่มีปริมาณมากเกินไป

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1) ทฤษฎีเกี่ยวกับน้ำ Soft Water [1]

Soft Water คือ น้ำที่ผ่านการกรองความกระด้าง (หรือการกรองน้ำอ่อน) หรือกรองแร่ธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียม ที่เป็นสาเหตุของตะกรันที่จับอยู่ในอุปกรณ์ การวัดค่าความกระด้างของน้ำจะใช้กระดาษวัดค่าความกระด้างของน้ำ ต้องไม่เกิน 150 mg/L Resin เป็นสารกรองที่บรรจุใน Water Softener มีสมบัติในการกรองเอาความกระด้างออกจากน้ำได้ ทำให้น้ำกระด้างกลายเป็นน้ำอ่อน ส่งผลให้ลดขั้นตอนการดูแลเครื่องจักร และยืดอายุการใช้งาน

รูปที่ 1 ระบบการกรองน้ำอ่อนด้วย Resin [1]

2 ทฤษฎีการทำน้ำอ่อน (Water softener) ในระบบปรับอากาศ [2]

การทำน้ำอ่อน คือ การยับยั้งปฏิกิริยาเคมีต่างๆ ที่จะก่อให้เกิดปัญหาในระบบ ซึ่งได้แก่ การใช้เคมีปรับปรุงคุณภาพน้าเพื่อป้องกันการเกิดตะกรัน การกัดกร่อน ตะไคร่น้ำ และจุลชีพต่างๆในน้ำ (Chemical Treatment System) และอีกประการหนึ่ง คือการลดความเข้มข้นของตัวถูกละลายให้อยู่ในขอบเขตที่ไม่ก่อให้เกิดปัญหากับระบบ ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้ได้แก่ Automatic Bleed Off Control System

3 ทฤษฎี และหลักการกรองในระบบบำบัดน้ำ

คำจำกัดความของคุณภาพของน้ำที่วิเคราะห์ และการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำ

- ลักษณะทางกายภาพ (Appearance) คือ ลักษณะทางกายภาพที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า เช่น สี ความขุ่น และสารแขวนลอย
- ความขุ่น (Turbidity) ความขุ่นที่อยู่ในน้ำ หมายถึง สิ่งแขวนลอยที่รบกวน การผ่านของแสงที่ทะลุผ่านน้ำ ทำให้การมองเห็นความลึกน้อยลง ความขุ่นอาจมีสาเหตุมาจาก สิ่งแขวนลอยที่อยู่ในน้ำหลายๆ ชนิด ซึ่งเป็นสารประกอบประเภทคอลลอยด์ ที่มีทั้งขนาดต่าง กัน กระจายอยู่ทั่วไปขึ้นอยู่กับปริมาณของความปั่นป่วนในน้ำ (Degree of Turbidity) ความขุ่น อาจนำไปสู่การสะสมในเส้นท่อและอุปกรณ์อื่นๆ น้ำมัน ไขมัน และสารแขวนลอย จะนำไปสู่ความขุ่น ซึ่งวัดโดย การผ่านแสงลงในตัวอย่างน้ำที่มีความขุ่น การตกตะกอน และการกรอง จะถูกใช้ในการลดความขุ่น
- สี (Color) สีของน้ำเกิดจากการที่น้ำนั้นไหลผ่านสารอินทรีย์ต่างๆ เช่น ใบไม้,ใบหญ้า,ซากสัตว์ ซึ่งมีสารลิกนินเป็นองค์ประกอบ เมื่อสลายตัวจะให้สารที่มีสี นอกจากนี้ยังอาจเกิดจากเหล็ก, แมงกานีส ในน้ำ สีของน้ำเกิดจากสารแขวนลอย เรียกว่า Apparent Color ส่วนสีที่เกิดจากพวกสารอินทรีย์ต่างๆ ซึ่งเป็นพวกคอลลอยด์ เรียกว่า True Color ผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่มักจะมีสี สีที่เกิดขึ้นมาจากสีที่อยู่ในน้ำสามารถกำจัดได้โดยขบวนการโคแอกกูเลชั่น และ การกรองติดผิวด้วย Activated Carbon จะถูกใช้ในการดูดซับสีในน้ำ

• pH เป็นค่าที่แสดงถึงความเข้มข้นของ H+ อิออนในน้ำ ซึ่งจะบอกถึงค่าความแรงของกรด และด่างในน้ำอีกด้วย การกัดกร่อน และการเกิดตะกรัน

• การนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity) การนำไฟฟ้า หมายถึง ความสามารถของสารละลายน้ำที่จะให้กระแสไฟฟ้าผ่านซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของอิออน ความสามารถในการเคลื่อนไหวไปมาของอิออน และวาเลนซี

• สารทั้งหมด หรือ ทีเอส (Total Solid) ทีเอส หมายถึง ปริมาณสารที่เหลืออยู่ในภาชนะ หลังจากระเหยน้ำออกจากตัวอย่างน้ำจนหมด แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 103 – 105 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ ปล่อยให้เย็นในโถทำแห้งแล้วชั่งน้ำหนักของของแข็งในภาชนะนั้น

สารทั้งหมด รวมถึง

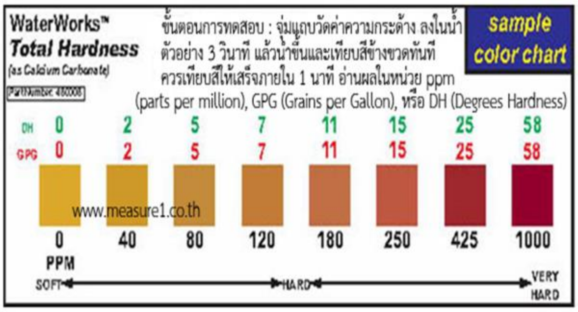
- สารแขวนลอย (Suspended Solids) หมายถึง ปริมาณของแข็งแขวนลอยที่สามารถกรองได้ด้วยกระดาษกรองใยแก้ว สารที่แขวนลอย อาจนำไปสู่การตกตะกอน ในเส้นท่อและอุปกรณ์ต่างๆ ในการกำจัดสารแขวนลอย จะใช้ขบวนการทำน้ำให้ใส (Clarification) และการกรอง (Filtration)

- ทีดีเอส (Total Dissolved Solids, TDS) หมายถึง ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และสามารถไหลผ่านกระดาษกรองใยแก้ว เมื่อกรองปริมาณสารแขวนลอยออกแล้ว เอาน้ำใสที่ผ่านกระดาษกรองใยแก้วไประเหย ก็จะหาปริมาณสารละลายได้การเกิดสนิม หรือการเกิดตะกรัน เป็นผลมาจาก Dissolved Solids ที่ละลายในเส้นท่อ และอุปกรณ์ต่างๆ ในการลดปริมาณสารที่ละลายอยู่ในน้ำ จะใช้ขบวนการ Deionization และ Reverse Osmosis

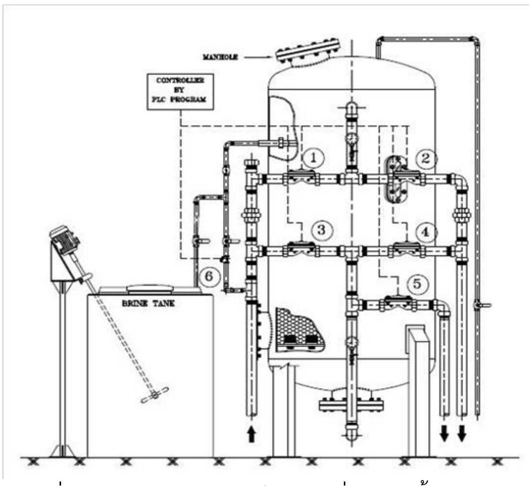
• ความกระด้าง (Hardness) ความกระด้างของน้ำเป็นการวัดความสามารถของน้ำที่จะตกตะกอนสบู่ ดังนั้นความกระด้างของน้ำ จึงเป็นสมบัติของน้ำซึ่งแทนค่าความ เข้มข้นทั้งหมดของ Ca2+ และ Mg2+ ซึ่งบอกในรูปของมิลลิกรัมต่อลิตรของ $CaCO_3$ โดยจำแนกเป็น ความกระด้างชั่วคราว (Temporary Hardness) หมายถึง ความกระด้างของน้ำที่สามารถกำจัดได้ เช่น โดยการให้ความร้อน ได้แก่ พวกคาร์บอเนต ($CO_3$2-) และไบคาร์บอเนต (HCO_3-) เช่น $Ca(HCO_3)$2 และ Mg(HCO3)2 และความกระด้างถาวร (Permeant Hardness) หมายถึง ความกระด้างของน้ำที่เกิดขึ้นจากซัลเฟต ($SO_4$2-), คลอไรด์ (Cl-) และไนเตรต ($NO3^-$) ซึ่งความกระด้างแคลเซียม และแมกนีเซียม จะเพิ่มปัญหาการเกิดตะกรันในเส้นท่อทางเดินน้ำ และชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่างๆ ในการกำจัดความกระด้าง จะใช้ขบวนการทำน้ำอ่อน (Softener) และการกำจัดอิออน (Deionization)

• เหล็ก และแมงกานีส (Iron and Manganese) การสะสมและการเกิดเมือก (Fouling) สามารถเกิดได้ถ้าหากว่า มีปริมาณของเหล็ก และแมงกานีส มากกว่า 2 mg/l. การกรองแบบพิเศษ, ขบวนการ Softening หรือการกำจัดอิออน (Deionization)

• คลอไรด์ (Chloride) อัตราการกัดกร่อนของเหล็ก มักจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีปริมาณ คลอไรด์เพิ่มขึ้นในการกำจัดคลอไรด์จะใช้กระบวนการกำจัดอิออน (Deionization) หรือ Reverse Osmosis



รูปที่ 2 แสดงเฉดสีการทดสอบของน้ำ [1]



รูปที่ 3 ระบบการทำงานภายในของเครื่องกรองน้ำอ่อน [1]

4 ทฤษฎีการเคลือบแข็งเลนส์แว่นตา (Hard Coating Lens) [3]

การเคลือบผิวเลนส์ถือว่ามีความสำคัญมากในการเพิ่มคุณสมบัติทั้งทางแสงและคุณสมบัติทางกายภาพของเลนส์ วัสดุเกือบทุกชนิดจะทำการสามสิ่งเมื่อได้รับแสงจากแหล่งกำเนิดหนึ่ง นั้นคือ ส่งผ่านแสง สะท้อนแสง และดูดกลืนแสงนั้นไว้ ปริมาณที่มากน้อยก็ขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุนั้น เลนส์เป็นวัสดุโปร่งแสงที่ทำหน้าที่หลักในการส่งผ่านแสง แต่มีบางส่วนของแสงที่สะท้อนออก และมีการดูดกลืนแสงที่น้อยมากๆ เลนส์จึงต้องการการเคลือบเพื่อเพิ่มสมบัติทางแสง

• เพื่อที่จะให้เลนส์นั้นสามารถส่งผ่านแสงช่วงที่ใช้งานให้มากสุด เพื่อที่จะให้เซลประสาทรับแสงได้รับการกระตุ้นด้วยปริมาณแสงจำนวนมาก ทำให้เรามองเห็นได้ชัดที่สุด แม้ในที่มีแสงน้อย ที่เรียกว่า **multi-coat**

• เพื่อการลดการสะท้อนแสงให้เหลือน้อยที่สุดเพื่อให้เลนส์ดูใสมากที่สุด

• ส่วนการเคลือบเพื่อเพิ่มคุณสมบัติทางกายภาพที่ต้องการ

• การเคลือบเพื่อเพิ่มความแข็ง ความลื่น ลดการเกาะติด และให้ง่ายต่อการทำความสะอาดให้กับผิวเลนส์ เช่น **Crizal Forte**

• การเคลือบเพื่อป้องการการส่งผ่านแสงบางความยาวคลื่นที่เป็นอันตรายต่ออวัยวะในดวงตา เช่น เคลือบเพื่อตัดแสง **UV**

• การเคลือบเฉพาะงาน เช่น เพื่อลดความเข้มของการส่งผ่านแสงสีน้ำเงิน เพื่อความสบายตาในขณะใช้งานกับจอ **LED (I-relief coat)**

• การเคลือบเพื่อลดความเสี่ยงในการเกิดโรคการเสื่อมของจอประสาทตาตามวัย

Aged Related Macular Degeneration (Prevencia coat)

• การเคลือบหรือย้อมสีต่างๆ เพื่อลดความจ้าของแสงหรือเพื่อความสวยงาม

• การเคลือบเพื่อลดความเข้มของแสงที่เข้าตา เช่น แว่นกันแดด

• การเคลือบเพื่อตัดแสงแนวนอนลดการกระเจิงแสงของวัตถุ เช่น เลนส์ **Polarized lens**

3. วิธีการดำเนินงาน

1) ศึกษารวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการผลิต [8]

• ข้อมูลปริมาณการผลิตและการใช้น้ำย้อนหลังของปี 2018 จากการเก็บข้อมูลตั้งแต่ปี 2015-2018 พบว่าปริมาณการใช้น้ำเฉลียอยู่ที่ 40,365 liters/Day ซึ่งการใช้น้ำ Soft ในเครื่องเคลือบแข็งเลนส์แว่นตา ที่มีขนาดความจุของถัง 1000x1000 liters ซึ่งในไลน์การผลิตของเครื่องจักรในการทำวิจัยมีการใช้น้ำทั้งหมด 3 ถัง ปริมาณการใช้น้ำโดยเฉลี่ยคือ 1 เลนส์/5 liters ผลิตงาน 8,000 เลนส์/วัน

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณการใช้น้ำในกระบวนการผลิตย้อนหลัง

PRODUCTION VOLUME 2015-2018

Year	Total/Year (Unit: Liters)	Target
2015	41,003	28,000
2016	40,340	28,000
2017	40,085	28,000
2018	40,030	28,000
Avg.	40,365	28,000

2) การติดตั้งชุดอุปกรณ์ REDUCING

ในกระบวนการผลิตของเครื่องเคลือบแข็งเลนส์ชนิดพลาสติก มีการใช้น้ำ Soft Water ในกระบวนการล้างเลนส์หรือ De-treatment เพื่อใช้สำหรับล้างทำความสะอาดผิวเลนส์ก่อนที่จะส่งเข้าเครื่องเคลือบแข็ง ซึ่งโดยเฉลี่ยต่อวันมีการใช้น้ำในกระบวนการนี้ประมาณ 40 คิวบิคมิเตอร์ (40,000 ลิตร) ผลกระทบคือทำให้มีการใช้น้ำในปริมาณมากเกินความจำเป็น และก่อให้เกิดต้นทุนการผลิตสูง จึงทดลองติดตั้งชุดอุปกรณ์ REDUCTING เพื่อทำโครงการวิจัยเพื่อช่วยลดต้นทุนในกระบวนการผลิตโดยการลดการใช้น้ำด้วยวิธีนี้ ในกระบวนการผลิตของเครื่องเคลือบแข็งเลนส์ชนิดพลาสติก มีการใช้น้ำ Soft Water ในกระบวนการล้างเลนส์หรือ De-treatment เพื่อใช้สำหรับล้างทำความสะอาดผิวเลนส์ก่อนที่จะส่งเข้าเครื่องเคลือบแข็ง ซึ่งโดยเฉลี่ยต่อวันมีการใช้น้ำในกระบวนการนี้ประมาณ 40 คิวบิคมิเตอร์ (40,000 ลิตร) ผลกระทบคือทำให้มีการใช้น้ำในปริมาณมากเกินความจำเป็น และก่อให้เกิดต้นทุนการผลิตสูง จึงทดลองติดตั้งชุด

อุปกรณ์REDUCING เพื่อทำการวิจัยลดต้นทุนในกระบวนการผลิตโดยการลดการใช้น้ำด้วยการติดตั้งดังรูปที่4

รูปที่ 4 ชุดควบคุมอุปกรณ์ REDUCING หลังจากติดตั้ง [1]

3) ขั้นตอนการทำงานของระบบ REDUCING

- Drain น้ำจากถังที่ 1 ทิ้งลงระบบก่อน
- เมื่อน้ำจากถังที่ 1 Drain ทิ้งลงระบบหมดแล้ว เปิดวาล์วถังที่ 2 เพื่อดึงน้ำไปใช้ในถังที่ 1
- เมื่อนำน้ำจากถังที่ 2 ไปใส่ในถังที่ 1 เสร็จแล้ว เปิดวาล์วถังที่ 3 เพื่อดึงน้ำไปใช้ในถังที่ 2
- เมื่อนำน้ำจากถังที่ 3 ไปใส่ในถังที่ 2 เสร็จแล้ว ปิดวาล์วปล่อยน้ำของถังที่ 3 แล้วรับน้ำใหม่จากระบบเข้ามาใช้งานวนลูปแบบนี้ทุกๆ 4 ชั่วโมง

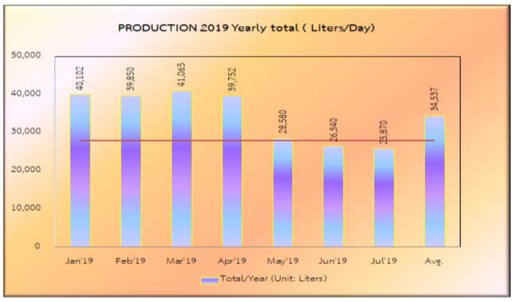
4. ผลการทดสอบ

หลังจากที่ได้ทำการทดลองการใช้งานเครื่องจักรหลังการติดตั้งชุดอุปกรณ์ REDUCING แล้ว การใช้ปริมาณน้ำจะลดลงจากเดิมคงเหลือ 25,870 ลิตรต่อวัน

ปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ย/วัน	= 25,870 ลิตร/วัน
เมื่อเทียบเป็นคิวบิคเมตร	= 25.87 ลูกบาศก์เมตร/วัน
ราคาค่าน้ำ/ยูนิต	= 10.95 บาท/ลูกบาศก์เมตร
ค่าใช้จ่าย	= 283.27 บาท/วัน
ปริมาณการใช้ต่อเดือน	= 8,498 บาท/เดือน
ปริมาณการใช้ต่อปี	= 101,976 บาท/ปี

5. สรุปผลการดำเนินงาน

ก่อนการปรับปรุงพบว่ามีปริมาณการจ่ายน้ำเข้าระบบในกระบวนการผลิต 40 ลูกบาศก์เมตร ต่อวัน ค่าน้ำที่ใช้ของเครื่องนี้เท่ากับ 13,140 บาทต่อเดือน ผลการปรับปรุงกระบวนการผลิตในขั้นตอนนี้ สามารถลดต้นทุนปริมาณการใช้น้ำลงได้เหลือ 25.87 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน และสามารถนำน้ำกลับมาใช้งานใหม่ได้ถึง 30% โครงการติดตั้งชุดอุปกรณ์รีดิวซ์ซิ่ง สามารถลดค่าใช้จ่ายได้ 101,976 ต่อปี



รูปที่ 5 แสดงปริมาณการใช้น้ำในหลังปรับปรุง [8]

เอกสารอ้างอิง

[1] ทฤษฎีเกี่ยวกับน้ำ Soft Water http://www.zenithwaters.com/contact

[2] ทฤษฎีการทำน้ำอ่อน (Water softener) ในระบบปรับอากาศ Treat chemical co.,Ltd

[3] เลนส์แว่นตาแต่ละชนิด https://www.glazoptical.com/glaz-optical-blog

[4] ทฤษฎีความสูญเปล่า7 ประการ 7 Waste : Hank Czarnecki and Nicholas Loyd, n.d.

[5] ทฤษฎีความสูญเปล่า 7 ประการ (7 Waste) : Marry Poppendieck., 2002

[6] ระบบการผลิตแบบโตโยต้า (Toyota production system) Mr.Shigeo Shingo และ Mr.Taiichi Ohno

[7] การไฟฟ้าส่วนภูมภาค Metropolitan Waterworks Authority - All Rights Reserved. Call Center : 1125 https://www.mwa.co.th/ewtadmin/ewt/mwa_internet/ewt_w3c/ewt_news.php?nid=31430

[8] การวิเคราะห์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต : กรณีศึกษา บริษัท โฮยาเลนซ์ ไทยแลนด์ จำกัด http://www.research.rmutt.ac.th/?p=15421

[9] ทฤษฎีการวิเคราะห์ปัญหา 5Why https://anontawong.com/2015/09/23/five-whys