



การลดของเสียประเภทโฟมนุ่มในสายการผลิตเรือด้วยโฟมอีพีเอส กรณีศึกษา : บริษัทตัวอย่าง
The reduction of soft foam issues in shipbuilding production line using EPS foam:
A Case study

ภูมิ จาตุณิตานนท์^{1*}, จุฑาทิพย์ สีสารนาพิพัฒน์² และ ดิกะ บุนนาค¹

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิตยานยนต์ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันการจัดการปัญญาภิวัฒน์
อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี 11120

² สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการผลิตอัจฉริยะ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันการจัดการ
ปัญญาภิวัฒน์ อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี 11120

*Corresponding Author: poom@pim.ac.th, 086-3764025

บทคัดย่อ

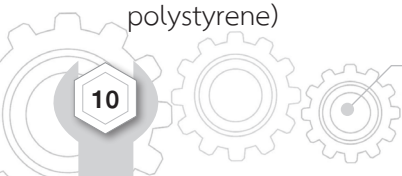
งานวิจัยนี้ศึกษาวิธีการลดของเสียประเภทโฟมนุ่มในสายการผลิตเรือด้วยโฟมอีพีเอสของบริษัทตัวอย่าง จากการศึกษาพบว่าหนึ่งในปัจจัยที่ทำให้เกิดของเสียประเภทโฟมนุ่มเกิดจากกระบวนการนำโฟมอีพีเอสไปอบไอน้ำ ซึ่งปัจจัยการควบคุมเวลาในการอบไอน้ำในแม่พิมพ์โฟมอีพีเอสมีผลต่อความนุ่มและการเกาะตัวของเม็ดโฟม โดยใช้คนควบคุมการผลิตในกระบวนการอบไอน้ำส่งผลต่อโอกาสการเกิดความผิดพลาดกับคุณภาพของโฟม ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดของเสียประเภทโฟมนุ่ม ดังนั้นงานวิจัยนี้ได้ทำการหาปัจจัยที่ส่งผลต่อการนุ่มของโฟมอีพีเอส และออกแบบวิธีการแก้ไขปัญหาดังกล่าวโดยการนำเครื่องอบไอน้ำแบบกึ่งอัตโนมัติแทนที่การอบไอน้ำด้วยคน จากการศึกษาพบว่า การกำหนดเวลามาตรฐานในการอบไอน้ำในแม่พิมพ์สามารถปรับปรุงคุณภาพของโฟมอีพีเอสได้ตรงตามความต้องการ และกระบวนการนำเครื่องกึ่งอัตโนมัติมาใช้ปรับปรุงกระบวนการอบไอน้ำสามารถลดปัญหาโฟมนุ่มได้ 88%

คำสำคัญ: โฟมนุ่ม, กระบวนการผลิตโฟม, การอบโฟม, โฟมอีพีเอส

Abstract

This research investigates the issue of soft foam of shipbuilding in the production line of EPS foam in a case study. One of the factors leading to soft foam problem is the process of steaming the EPS foam. The control of the steaming time in the EPS foam mold affects the softness and adhesion of the foam beads. Due to the difficulty of controlling the quality of foam consistently, production control during the steam injection process is necessary. Therefore, this research aimed to identify factors affecting the softness of EPS foam, and to design a solution by replacing human operator with semi-automatic steam injection machine. Standardizing the injection time of steam into EPS foam mold can improve the quality of the EPS Foam. By using a semi-automatic machine, the steam injection process can reduce the problem of soft foam by 88%.

Keywords: Softness foam, foam production line, steaming foam, EPS foam (Expandable polystyrene)



บทนำ

กระบวนการผลิตโฟมอีพีเอสเป็นกระบวนการผลิตโฟมชนิดหนึ่ง ซึ่งนำเม็ดพลาสติกเรซินที่เกิดจากส่วนเหลือจากขั้นตอนการผลิตปิโตรเลียมมาทำการบรรจุสารพองตัว (Blowing agent) เช่น ก๊าซเพนเทน (Pentane) ซึ่งเป็นก๊าซที่มีลักษณะใสไม่มีสีมีกลิ่นอ่อน ๆ ใช้เป็นก๊าซที่ใช้เติมในกระบวนการผลิตโฟมอีพีเอส (Expanded Polystyrene) ซึ่งมีคุณสมบัติคือ น้ำหนักเบาและสามารถกันการกระแทกได้ดีโดยหนึ่งในกระบวนการกระบวนการผลิตโฟมอีพีเอสจะมีกระบวนการให้ความร้อนจากไอน้ำ (Steam) ทำให้เกิดเป็นเม็ดโฟมอีพีเอสสีขาวมีลักษณะเป็นเซลล์ปิดและเมื่อขยายตัวจะมีอากาศเข้าไปแทนที่ถึง 98% และมีเนื้อพลาสติกเรซินเพียง 2% ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้โฟมมีขนาดใหญ่ แต่กลับมีน้ำหนักที่เบา จากนั้นจึงนำโฟมไปขึ้นรูปโฟมบล็อกและโฟมโมลด์ตามรูปแบบต่าง ๆ โฟมอีพีเอสเป็นที่รู้จักกันโดยทั่วไปในเรื่องคุณสมบัติคือ น้ำหนักเบา แต่สามารถรับน้ำหนักได้ดี นอกจากนั้นแล้วยังมีคุณสมบัติเป็นฉนวนกันความร้อน เก็บความเย็น และป้องกันการผ่านของเสียงจึงเหมาะสำหรับงานก่อสร้างที่ต้องการประหยัดพลังงานหรืองานรับน้ำหนัก และงานกันการกระแทกรวมทั้งงานที่ต้องการความเบา ซึ่งจะเห็นได้ว่าโฟมอีพีเอสนำไปใช้งานประเภทต่าง ๆ มากมาย เช่น งานก่อสร้างอาคาร บ้านแบบประหยัดพลังงาน งานก่อสร้างถนน สะพาน งานก่อสร้างบ้านลอยน้ำ งานกันฉนวนความร้อน งานบรรจุภัณฑ์ งานอุปกรณ์กีฬาทางน้ำ และงานอื่น ๆ อีกมากมาย ซึ่งขึ้นอยู่กับประเภทคุณสมบัติที่ต้องการใช้ในงานนั้น ๆ

จากงานวิจัยการลดของเสียในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ที่ผ่านมามีส่วนมากผู้วิจัยจะมีการนำเครื่องมือควบคุมคุณภาพและแผนผังกางปลามาใช้ในการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาการเกิดของเสีย ซึ่งมีสาเหตุมาจากผู้ปฏิบัติการ เครื่องจักร กระบวนการ และสิ่งแวดล้อม โดยเมื่อทำการวิเคราะห์ได้ถูกต้องถึงสาเหตุที่ถูกต้องจะสามารถลดจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต สำหรับงานวิจัยนี้จะใช้แผนภูมิพาเรโตกับเทคนิคทำไม - ทำไม (Why - Why Analysis) ในกระบวนการผลิตโฟมอีพีเอสของบริษัทกรณีศึกษา

จากการศึกษาปัญหาของเสียจากกระบวนการผลิตของโรงงานผลิตโฟมอีพีเอสกรณีบริษัทศึกษาตัวอย่าง พบว่าปัญหาของเสียที่พบจากแผนภูมิพาเรโตมากที่สุด 3 ลำดับได้แก่ โฟมมีน้ำหนักเบา โฟมเม็ดหลุด และโฟมนิ่มโดยทางผู้วิจัยเลือกแก้ปัญหาโฟมนิ่มเนื่องจากเป็นปัญหาที่จะต้องทิ้งสินค้าที่ไม่ผ่านคุณภาพ และไม่สามารถแก้ไขได้ในภายหลังซึ่งทางผู้วิจัยได้ใช้การวิเคราะห์ด้วยเทคนิคทำไม - ทำไม (Why - Why Analysis) คือ การวิเคราะห์หาปัจจัยที่เป็นต้นเหตุที่แท้จริง (Root Cause) ซึ่งก่อให้เกิดผลกระทบหรือปรากฏการณ์ที่ไม่พึงประสงค์ขึ้นด้วยวิธีการอย่างเป็นระบบและเป็นขั้นตอนโดยไม่เกิดสภาพการณ์ตกหล่นและซ้ำซ้อนและไม่จินตนาการเอง ดังนั้นเทคนิคทำไม - ทำไมเปรียบเสมือนการมองเห็นผลกระทบและสาเหตุของปัญหาที่พิจารณา

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การลดของเสียในกระบวนการผลิตเป็นหนึ่งในวิธีการลดต้นทุนเพื่อไม่ให้เกิดการผลิตที่สูญเปล่า ซึ่งการสูญเสียที่เกิดจากการผลิตของเสีย และการแก้ไขงาน (Defect and Rework) เป็นหนึ่งในการสูญเสีย 7 ประการ (7 Waste) โดยการสูญเสียจากการผลิตของเสียนั้นหมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมาไม่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพ และต้องทำการแก้ไขเพื่อให้ได้มาตรฐานคุณภาพที่ต้องการ ซึ่งการผลิตของเสียนี้จะทำให้เกิดค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น ไม่ว่าจะเป็นต้นทุนการผลิต ค่าแรง ค่าวัตถุดิบ ค่าเชื้อเพลิง และค่าพลังงานในการผลิต นอกจากนี้ยังส่งผลกระทบต่อเวลาในการผลิต และสามารถทำให้สินค้าในตลาดมีความน่าเชื่อถือลดลง และการแก้ไขงานของผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้มาตรฐานจำเป็นจะต้องใช้แรงงาน และค่าใช้จ่ายในการดำเนินการเพิ่มขึ้นจากงบประมาณที่เตรียมการไว้หรือในกรณีผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมาแล้วไม่ผ่านมาตรฐาน และยังไม่สามารถแก้ไขงานได้ยังส่งผลเสียต่อต้นทุนการผลิต

จากการสืบค้นงานวิจัยด้านการลดของเสียในกระบวนการผลิตมีแนวทางการแก้ปัญหาการลดของเสียในการผลิตดังต่อไปนี้ เกรียงไกร ศรีเลิศ [1]

นำเครื่องมือควบคุมคุณภาพ 7 QC Tool [2] และพบว่าขั้นตอนการให้ความร้อนเป็นปัญหาหลักของการชุบแข็งอินดักชัน โดยชิ้นงานที่เสียหายทั้งหมด 1,459 ชิ้น เป็นชิ้นงานที่เสียหายเพราะความร้อนทั้งสิ้น 1,171 ชิ้นต่อเดือน จากนั้นทางผู้วิจัยได้ออกแบบอุปกรณ์จับยึดในกระบวนการให้ความร้อนทำให้สามารถลดจำนวนชิ้นงานที่เสียหายได้

จิรวุฒน์ และศุภวัชร [3] ได้ใช้แผนภูมิพาเรโตและแผนผังก้างปลาในการวิเคราะห์หาสาเหตุของผลิตภัณฑ์ที่เสียของกระบวนการผลิตชิ้นส่วนโลหะประเภทขีดยึดเหล็กพบว่าสาเหตุหลักของการเกิดของเสียนั้นเกิดจากผู้ปฏิบัติงานไม่ได้ปฏิบัติตามขั้นตอนที่ถูกต้อง ซึ่งเมื่อแก้ไขปัญหานี้แล้ว พบว่าปริมาณของเสียลดลงอยู่ในเกณฑ์ที่ดีและเป็นที่พึงพอใจของสถานประกอบการ

ยุทธณรงค์ จงจันทร์ [4] ใช้แผนตรวจสอบและแผนภูมิพาเรโตเป็นเครื่องมือควบคุมคุณภาพในการควบคุมของเสียในกระบวนการผลิตยางรถยนต์ จากนั้นใช้แผนผังก้างปลาในการหาสาเหตุของปัญหาการเกิดของเสียจากการการผลิตยาง และพบว่าปัญหาส่วนใหญ่มาจากการนึ่งยางโดยการปฏิบัติงานของพนักงานที่ผิดพลาดส่งผลต่อการนึ่งยางมากที่สุด ซึ่งแนวทางแก้ไขปัญหาคือ ให้ความรู้ที่ถูกต้องเกี่ยวกับกระบวนการนึ่งยางแก่พนักงานเพื่อให้พนักงานปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้อง

ทนงศักดิ์ พิฑาคำและคณะ [5] ได้ทำการหาสาเหตุการเกิดของเสียในกระบวนการเคลือบผิวคัตติ้งทูลล์ที่สแตนคาร์ไบด์ โดยได้รวบรวมข้อมูลของเสียด้วยแผนภูมิพาเรโตและใช้แผนผังก้างปลาในการวิเคราะห์หาสาเหตุของการเกิดของเสีย พบว่าการปฏิบัติงานของผู้ปฏิบัติงานขาดการตรวจสอบ คราบน้ำมัน และสิ่งสกปรกบนผิวงาน ซึ่งส่งผลให้เกิดของเสีย โดยเมื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว พบว่ากระบวนการเคลือบผิวประเภททั้งสแตนคาร์ไบด์สามารถลดของเสียที่ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดได้ร้อยละ 83.3

พิพัฒพงศ์ ศรีชนะ และ พรประเสริฐ ขวลาธาร [6] ได้วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาในกระบวนการผลิตอิฐบล็อก โดยใช้แผนผังแสดงเหตุและผลพบว่าปัญหาเกิดจากการเพิ่มปูนเข้าไปในส่วนผสมอิฐบล็อก

แต่มีปริมาณไม่เพียงพอนอกจากนี้ยังพบว่าขนาดบล็อกไม่เท่ากัน เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยได้เสนอการฝึกอบรมพนักงานเพิ่มเติมและเฝ้าติดตามการปฏิบัติงานของพนักงานอย่างใกล้ชิด เพื่อให้คุณภาพของการผลิตเพิ่มขึ้นผลลัพธ์ที่ได้คือ ของเสียจากการผลิตลดลงจาก 705 ชิ้น เหลือ 564 ชิ้น

นิพนธ์ มณีโชติ และ ผจจจิต พิจิตบรรจง [7] ได้ทำการวิจัยเพื่อลดปัญหาของเสียในกระบวนการผลิตยางแท่งโดยทำการวิเคราะห์หาสาเหตุและวิธีแก้ไขปัญหายากก่อนแห้งไม่สมบูรณ์ในขั้นตอนการอบด้วยความร้อน ซึ่งสาเหตุจากการวิเคราะห์คือ ตะกั่วที่ใช้เป็นภาชนะบรรจุยางก้อนในขั้นตอนการอบมีเศษยางเกาะติดที่ขอบ และรอยต่อ กับระยะห่างระหว่างแผ่นกันช่องในตะกั่วมีระยะไม่เท่ากันส่งผลให้การกระจายความร้อนในการอบยากก่อนไม่สม่ำเสมอ ซึ่งแก้ไขโดยการนำตะกั่วไปทำความสะอาด และซ่อมแซมให้มีระยะห่างระหว่างแผ่นกันช่องเท่ากัน โดยผลจากการปรับปรุงพบว่าปริมาณยางแท่งไม่สมบูรณ์ลดลงร้อยละ 72.25%

ศิริประภา มโนมัยย์ และคณะ [8] ได้ใช้แผนตรวจสอบแผนภูมิพาเรโต และแผนผังก้างปลาเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลสาเหตุของการเกิดของเสียในกระบวนการผลิตเสื้อผ้าสำเร็จรูป พบว่าสาเหตุของการเกิดของเสียเกิดจากกระบวนการผลิตที่ผิดขั้นตอน โดยเมื่อทำการแก้ไขแล้วพบว่าสามารถลดร้อยละของเสียจากเดิม 6.17% เหลือ 2.3%

จากงานวิจัยที่สืบค้นพบว่าในแต่ละงานวิจัยใช้กระบวนการวิเคราะห์ปัญหาเพื่อหาสาเหตุต้นตอของปัญหานั้น ๆ เพื่อให้สามารถแก้ไขปัญหาดังตรงประเด็นและมีประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาจะนิยมใช้แผนผังก้างปลาในการหาเหตุและผลของปัญหา และงานวิจัยที่ [4] และ [7] ได้ใช้วิธีเทคนิคห้าทำไม – ทำไม ในการวิเคราะห์หาปัจจัยที่เป็นต้นเหตุที่แท้จริง ซึ่งก่อให้เกิดผลกระทบ หรือปรากฏการณ์ที่ไม่พึงประสงค์ขึ้น ด้วยวิธีการอย่างเป็นระบบและเป็นขั้นตอน ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้จะทำการหาสาเหตุของการเกิดของเสียประเภทโฟมนิ้ม ซึ่งเป็นปัญหาที่ไม่สามารถแก้ไขชิ้นงานได้จากเทคนิคห้าทำไม – ทำไม

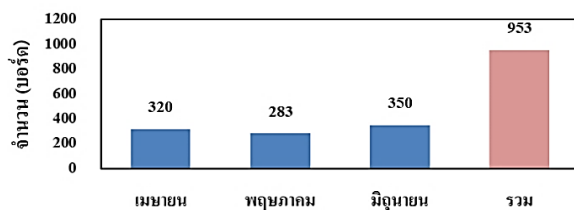
จากนั้นจะหาวิธีการแก้ไขปัญหาโฟม نیمเพื่อลดจำนวนของเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิต

วิธีดำเนินงาน

1. การเก็บข้อมูลของเสียจากการผลิตโฟมอีพีเอส

จากการสำรวจข้อมูลของเสียโดยรวม หรือชิ้นงานที่ถูกปฏิเสธจากฝ่ายควบคุมคุณภาพ (Reject) ในสายการผลิตโฟมอีพีเอสของบริษัทตัวอย่างตั้งแต่เดือนเมษายน 2565 ถึง เดือนมิถุนายน 2565 หรือไตรมาสที่ 2 พบว่าเดือนเมษายน 2565 มีงานเสียทั้งหมด 320 บอร์ด เดือนพฤษภาคม 2565 มีงานเสียทั้งหมด 283 บอร์ด เดือนมิถุนายน 2565 มีงานเสียทั้งหมด 350 บอร์ด มียอดการผลิตทั้งหมดเท่ากับ 25,607 บอร์ด งานเสียรวมทั้งหมด 953 บอร์ด คิดเป็น 3.72 % จากทั้งหมดที่ผลิตดังแสดงในรูปที่ 1

ของเสียในไตรมาสที่ 2



รูปที่ 1 กราฟแสดงของเสียในไตรมาสที่ 2 (เมษายน - มิถุนายน 2566)

จากการสำรวจข้อมูลของเสียผู้วิจัยได้เจาะจงปัญหาของเสียของอย่างละเอียดจากของเสียทั้งหมด 953 บอร์ด เป็นปัญหาของเสียในการผลิตโฟมอีพีเอสดังแสดงในตารางที่ 1 จากตารางที่ 1 แสดงให้เห็นถึงปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นกับของเสีย พบว่าปัญหาของเสีย 3 อันดับแรกที่เกิดขึ้นมากที่สุดคือ โฟมอีพีเอสมีน้ำหนักเบากว่ามาตรฐานอันดับที่ 2 คือ โฟมอีพีเอสเม็ดหลุดในกระบวนการฉีดโฟม หลังจากนำโฟมออกจากแม่พิมพ์เพื่อตรวจสอบคุณภาพผิวโฟมจะพบว่าบริเวณขอบโฟมอีพีเอสมีลักษณะไม่เกาะตัวกันเป็นก้อนเม็ดโฟมหลุดออกจากก้อนโฟมและอันดับที่ 3 คือ โฟม نیمพบในกระบวนการฉีดโฟมเช่นกัน หลังจากนำโฟมออกจากแม่พิมพ์เพื่อตรวจสอบคุณภาพผิวโฟม

ตารางที่ 1 ปัญหาของเสียในสายการผลิตโฟมอีพีเอสและการกักงานซีเอ็นซี

ปัญหาของเสีย	จำนวน (บอร์ด)
EPS น้ำหนักเกิน	47
EPS น้ำหนักเบา	304
PU น้ำหนักเบา	1
จุดกึ่งกลางกล่องโฟมไม่ถูกต้อง	2
กัตบาง	53
กาวไม่ติดไม้สตีงเกอร์	32
ขอบโฟมหาย	13
ขอบหนาไม่เท่ากัน	1
ขอบเหลื่อม	4
คราบน้ำมันบนผิวPVC	2
ความหนา 2 ข้างไม่เท่ากัน	2
โฟม نیم	88
เคิร์ฟขอบหาย	2
เคิร์ฟบาง	2
ระยะขนาดโฟมเกินค่าเผื่อ	37
ผิวสีสกปรก ดินสอ ต่างดำ ไม่สะอาด	11
โฟมบาง	9
โฟมเป็นคราบน้ำมัน	10
โฟมเป็นชั้น	2
โฟมเม็ดหลุด	91
โฟมเม็ดห่าง/เม็ดฝ่อ	8
โฟมไม่สมมาตร	9
โฟมไม่ได้ตามไฟล์ CNC	3
โฟมยุบ	2
โฟมละลาย	37
โฟมขาด	8
โฟมไหม้/ละลาย/ฉีกฉีก	19
ไม่ได้รูปทรง/เคิร์ฟไม่ได้	40
รอยกระแทก/ยุบ/แตก/ครูด	25

ปัญหาของเสีย	จำนวน (บอร์ต)
รอยน้ำยา	1
รอยลึกจากหัวกัด CNC	11
รูปทรงเสียจากไฟล์งาน	18
เศษขยะฝังในโฟม	8
สติงเกอร์ไม่ได้รูปทรง/แหวน	2
เสียจากเครื่อง/เครื่อง Alarm	49
รวม	953

พบว่าเม็ดโฟมหลอมติดกันมากเกินไปเมื่อทดสอบโดนกดแรงลงบนผิวโฟมจะเกิดรอยยุบ ซึ่งโฟมนั้นจะไม่สามารถนำชิ้นงานกลับมาแก้ไขงานใหม่ได้จำเป็นต้องนำไปทำลายแต่เหตุของปัญหานั้นอันดับ 1 และ 2 นั้นสามารถนำกลับมาแก้ไขงานใหม่ได้ดังนั้นปัญหาโฟมนั้นกว่ามาตรฐานจึงเป็นปัญหาที่ทำให้เกิดการสูญเสียในการผลิตมากที่สุด

2. การวิเคราะห์สาเหตุปัญหาของเสียโฟมนั้น

การวิเคราะห์หาสาเหตุของโฟมนั้นในขั้นตอนการทำงานฉีดโฟมอีพีเอส โดยใช้หลักการวิธีเทคนิคทำไม – ทำไม ดังแสดงในตารางที่ 2

ตาราง 2 การวิเคราะห์หาสาเหตุการเกิดโฟมนั้นที่สถานีการทำงานฉีดโฟมอีพีเอส

Why	คำถาม	คำตอบ
Why1	ทำไมถึงเกิดโฟมนั้น	เพราะผิวโฟมหลอมละลายติดกันมากเกินไป
Why2	ทำไมผิวโฟมหลอมละลายติดกันมากเกินไป	เพราะให้ความร้อนแก่เม็ดโฟมมากเกินไป
Why3	ทำไมให้ความร้อนแก่เม็ดโฟมมากเกินไป	เพราะปล่อยไอน้ำเข้าแม่พิมพ์มากเกินไป
Why4	ทำไมปล่อยไอน้ำเข้าแม่พิมพ์มากเกินไป	เพราะกวดฉีดไอน้ำนานเกินไป
Why5	ทำไมกวดฉีดไอน้ำนานเกินไป	เพราะพนักงานขาดการสังเกตการณ์ตัวเอง ไม่มีตัวชี้วัด

จากตารางที่ 2 เมื่อวิเคราะห์และหาสาเหตุการเกิดโฟมนั้นที่สถานีการทำงานฉีดโฟมอีพีเอส โดยใช้วิธีเทคนิคทำไม – ทำไม พบว่าการเกิดโฟมนั้นนั้นเกิดจากการที่ตรวจสอบคุณภาพผิวโฟมในรอบแรกแล้วพบว่าผิวโฟมหลอมละลายติดกันมากเกินไป เนื่องจากให้ความร้อนแก่เม็ดโฟมมากเกินไป นั่นคือการปล่อยให้ไอน้ำซึ่งเป็นแหล่งพลังงานให้ความร้อนแก่โฟมนั้นมากเกินไป เป็นเพราะการกวดฉีดไอน้ำเป็นเวลานาน ซึ่งพนักงานประจำสถานีการทำงานฉีดโฟมอีพีเอสขาดการสังเกตการณ์ความพอดีจากความเคยชิน ไม่มีตัวชี้วัด หรือมาตรฐานในการกวดฉีดไอน้ำ โดยตัวอย่างลักษณะผิวโฟมของงานเสียที่เกิดจากโฟมนั้นแสดงดังรูปที่ 2 ซึ่งผลของโฟมนั้นจะทำให้เกิดหลุมบนผิวโฟมเป็นจำนวนมากและเนื้อสัมผัสไม่มีความราบเรียบ อันเนื่องมาจากการหลอมละลายของโฟมทำให้เม็ดโฟมติดกันมากเกินไป



รูปที่ 2 ตัวอย่างลักษณะผิวโฟมนั้น

การกวดฉีดไอน้ำจากพนักงานดังแสดงในรูปที่ 3 ทำได้ โดยการกดปุ่มค้างในการสั่งการให้เครื่องจักรฉีดไอน้ำเข้าไปในแม่พิมพ์หากปล่อยปุ่มไอน้ำก็จะหยุดฉีดโดยพนักงานที่ฉีดไอน้ำจะต้องสังเกตบริเวณแถววัดความดันไอน้ำว่าอยู่ในระดับเท่าไร ซึ่งจากมาตรฐานการผลิตโฟมของบริษัทตัวอย่างจะควบคุมความดันอยู่ที่ 3.5 – 4 บาร์ โดยพนักงานผู้ควบคุมไอน้ำจะต้องสังเกตไอน้ำที่พุ่งออกมาบนช่องว่างของแม่พิมพ์ หากไม่มีไอน้ำพุ่งออกมาจากช่องว่างของแม่พิมพ์แสดงว่าความร้อนในแม่พิมพ์สำหรับการหลอมเม็ดโฟมนั้นเพียงพอแล้ว แต่ถ้ามีไอน้ำพุ่งออกมาจากช่องว่างของแม่พิมพ์แสดงว่าความร้อนในการหลอมเม็ดโฟมนั้นยังไม่เพียงพอ ซึ่งวิธีการนี้ถือว่าไม่สามารถควบคุม

คุณภาพผิวโฟมได้อย่างสม่ำเสมอ และส่งผลทำให้เกิด
กรณีของเสียประเภทโฟมนิ่มตลอดจนในกระบวนการ
ฉีดไอน้ำนี้ยังไม่มีมาตรฐานอย่างชัดเจนในการยืนยัน
คุณภาพของโฟมอีพีเอส



รูปที่ 3 การควบคุมการฉีดไอน้ำโดยพนักงาน

3. การหาปัจจัยที่ส่งผลต่อปัญหาโฟมนิ่ม

ในการฉีดไอน้ำนั้นมี 2 ปัจจัยที่สามารถกำหนดได้
จากเครื่องฉีดไอน้ำคือค่าความดันของไอน้ำซึ่งสามารถ
กำหนดได้ที่ 3.5 และ 4 บาร์ ส่วนอีกตัวแปรที่สามารถ
กำหนดได้คือ ระยะเวลาในการฉีดไอน้ำโดยขึ้นอยู่กับ
พนักงานในการกดปุ่มฉีดไอน้ำ โดยทางผู้วิจัยได้สร้าง
ใบตรวจสอบ (Check sheet) สำหรับบันทึกข้อมูล
เพื่อตรวจสอบสมมติฐานของค่าความดันของการฉีดไอน้ำ
ที่มีผลต่อการเกิดปัญหาโฟมนิ่ม โดยทำการทดลอง
ฉีดไอน้ำที่ค่าแรงดัน 3.5 บาร์ ด้วยช่วงเวลาการฉีด 34
35 และ 36 วินาทีตามลำดับ จากนั้นทำการสังเกต
ลักษณะผิวโฟมอีพีเอสว่ามีผิวที่เรียบเนียนหลัง
กระบวนการหรือไม่ ซึ่งกรณีการเกิดโฟมนิ่มนั้นผิวของ
โฟมจะมีลักษณะเป็นหลุมปริมาณมากดังแสดงในรูปที่
2 จากนั้นทำการทดลอง โดยปรับเปลี่ยนแรงดันที่ใช้
ฉีดไอน้ำเป็น 4 บาร์ และทำการฉีดไอน้ำด้วยเวลา 34
35 และ 36 วินาทีตามลำดับ โดยหลังแต่ละการ
ทดสอบจะทำการสังเกตผิวของโฟมว่าอยู่ในลักษณะ
ผิวเรียบเนียนไม่เกิดหลุมที่ผิวเป็นบริเวณกว้างดังแสดง
ในรูปที่ 2 ก็จะมีการใส่เครื่องหมาย ✓ ในช่อง
ตรวจสอบของใบตรวจสอบ แต่ถ้าพบโฟมหลังจากการ
ทดลองมีผิวที่มีหลุมบริเวณกว้าง หรืออยู่ในลักษณะ
ของเสียประเภทโฟมนิ่มก็จะทำการใส่เครื่องหมาย ✗

ในช่องตรวจสอบของใบตรวจสอบดังแสดงในตารางที่
3 สำหรับบันทึกข้อมูลเพื่อตรวจสอบสมมติฐานของค่า
ความดันไอน้ำสามารถส่งผลต่อการเกิดปัญหาโฟมนิ่ม
และตารางที่ 4 จะใช้บันทึกผลของระยะเวลาการฉีด
ไอน้ำเมื่อกำหนดค่าความดันให้คงที่จะส่งผลต่อการ
เกิดของเสียชนิดโฟมนิ่มอย่างไรโดยทำการทดสอบ
โฟมอีพีเอสจำนวน 6 ตัวอย่าง

ตารางที่ 3 บันทึกข้อมูลตรวจสอบสมมติฐานความดัน
ไอน้ำในขั้นตอนการฉีดไอน้ำเป็นปัจจัยที่มีผลต่อเม็ด
โฟมและความนิ่ม

ตัวอย่าง โฟมที่	ความ หนาแน่น (กรัม/ลิตร)	ความ ดัน (บาร์)	เวลา การฉีด (วินาที)	ตรวจ สอบ
1	38	4	34	✓
2	38	4	35	✓
3	38	4	36	✓
4	38	3.5	34	✓
5	38	3.5	35	✓
6	38	3.5	36	✓

ตารางที่ 4 บันทึกข้อมูลตรวจสอบสมมติฐานระยะ
เวลาในขั้นตอนการฉีดไอน้ำเป็นปัจจัยที่มีผลต่อเม็ด
โฟมและความนิ่มเมื่อกำหนดแรงดันไอน้ำคงที่

ตัวอย่าง โฟมที่	ความ หนาแน่น (กรัม/ลิตร)	ความ ดัน (บาร์)	เวลา การฉีด (วินาที)	ตรวจ สอบ
1	38	3.5	43	✗
2	38	3.5	41	✗
3	38	3.5	40	✗
4	38	3.5	34	✓
5	38	3.5	35	✓
6	38	3.5	36	✓

จากตารางที่ 3 พบว่าสถานการณ์การทำงานฉีดโฟมอีพี
เอสใช้ความดันในขั้นตอนการฉีดไอน้ำอยู่ที่ 3.5 – 4

บาร์ สามารถสรุปได้ว่าความดันไอน้ำที่แตกต่างกันในระหว่างขั้นตอนการฉีดไอน้ำเข้าแม่พิมพ์นั้นไม่ส่งผลต่อความนิ่มของโฟมอีทีเอส

จากตารางที่ 4 พบว่าสถานการณ์การทำงานฉีดโฟมอีทีเอสใช้ความดันในขั้นตอนการฉีดไอน้ำทำการกำหนดแรงดันไอน้ำให้คงที่อยู่ที่ 3.5 บาร์ สามารถสรุปได้ว่าระยะเวลาการฉีดไอน้ำที่นานมากเกินไปในระหว่างขั้นตอนการฉีดไอน้ำเข้าแม่พิมพ์นั้นส่งผลต่อความนิ่มของโฟมอีทีเอสจริง เมื่อตรวจสอบคุณภาพผิวโฟมในรอบแรกพบว่าโฟมที่ใช้ระยะเวลานานในการฉีดไอน้ำนานจะทำให้ผิวโฟมนั้นหลอมละลายติดกันมากเกินไปจนทำให้มีลักษณะนิ่มผิวโฟมไม่มีความราบเรียบซึ่งโฟมลักษณะนี้จะไม่ผ่านการตรวจสอบ และไม่สามารถแก้ไขงานได้ทำให้ต้องทิ้งและลงบันทึกว่าเป็นของเสีย หากควบคุมระยะเวลาการฉีดไอน้ำให้อยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกันตลอดในขั้นตอนการฉีดไอน้ำนั้นจะไม่ทำให้เกิดโฟมนิ่ม แต่การควบคุมด้วยการสังเกตของพนักงาน รวมถึงกระบวนการทำงานของพนักงานแต่ละบุคคลย่อมมีโอกาสเกิดความผิดพลาด รวมถึงคุณภาพของผิวโฟมที่ได้ไม่มีความสม่ำเสมอโดยเวลาการฉีดไอน้ำที่เหมาะสมจะอยู่ที่ 34 – 36 วินาที

4. แนวทางแก้ไขปัญหาโฟมนิ่ม

ในการหาปัจจัยที่ส่งผลต่อโฟมนิ่มพบว่าความดันในขั้นตอนการฉีดไอน้ำไม่ใช่ปัจจัยที่มีผลต่อเม็ดโฟมและความนิ่ม แต่ระยะเวลาในขั้นตอนการฉีดไอน้ำเป็นปัจจัยที่มีผลต่อเม็ดโฟมและความนิ่ม ดังนั้นหากสามารถควบคุมระยะเวลาในขั้นตอนการฉีดไอน้ำด้วยค่าเวลาที่เท่ากันและแน่นอน แสดงว่าจะสามารถควบคุมคุณภาพผิวโฟมให้มีความสม่ำเสมอเท่ากันทุกชิ้นงานได้ ทางผู้วิจัยจึงได้เสนอการทดลองปรับเป็นเครื่องควบคุมกึ่งอัตโนมัติ หรือ นำตัวควบคุมลำดับ (PLC) ดังแสดงในรูปที่ 4 เข้ามาช่วยในการทำงานในสถานการณ์การทำงานฉีดไอน้ำสำหรับการขึ้นรูปโฟมอีทีเอส

โดยเครื่องควบคุมลำดับในงานวิจัยนี้ใช้รุ่น FX5U ของบริษัทมิตซูบิชิ จำกัด ซึ่งสามารถโปรแกรมการควบคุมลำดับด้วยโปรแกรม GXWORK 3 ผ่านการโปรแกรมปุ่มกดเพื่อให้อุปกรณ์ควบคุมลำดับ PLC ส่งสัญญาณไปที่เครื่องสร้างไอน้ำให้เริ่มการทำงานฉีดไอน้ำที่ถูกกำหนดค่าความดันไอน้ำให้ทำการฉีดไอน้ำ

ตามระยะเวลาที่กำหนดไว้ในโปรแกรมในหน่วยวินาที และเมื่อถึงระยะเวลาที่กำหนดไว้ในโปรแกรมจะส่งผลให้อุปกรณ์ควบคุมลำดับ PLC ตัดสัญญาณที่ใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องกำเนิดไอน้ำ ซึ่งจะเป็นการหยุดฉีดไอน้ำตามระยะเวลาที่ได้กำหนดไว้ในโปรแกรม ซึ่งประโยชน์ของการใช้อุปกรณ์ควบคุมลำดับ PLC คือ ความแม่นยำของการกำหนดระยะเวลาการฉีดไอน้ำซึ่งมีความแม่นยำกว่าการให้พนักงานควบคุมการเปิดไอน้ำด้วยตนเอง และใช้นาฬิกาจับเวลาที่ต้องการจ่ายไอน้ำเนื่องจากมนุษย์นั้นจะมีความไม่แน่นอนของการเปิดหรือปิดเครื่องกำเนิดไอน้ำตลอดจนมนุษย์สามารถเกิดความเหนื่อยล้าเมื่อปฏิบัติงานเป็นระยะเวลานาน จึงทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในกระบวนการขึ้นได้ แตกต่างจากอุปกรณ์ควบคุมลำดับ PLC ที่สามารถเปิดปิดเครื่องกำเนิดไอน้ำสำหรับฉีดไอน้ำตามระยะเวลาที่ต้องการและไม่มีความเหนื่อยล้าของมนุษย์มาเป็นปัจจัยของความผิดพลาดที่สามารถเกิดขึ้นได้

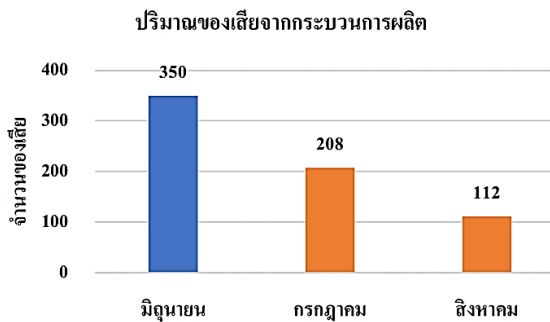


รูปที่ 4 เครื่องควบคุมลำดับ (PLC)

ผลการทดลองและการอภิปรายผล

หลังจากนำเครื่องควบคุมลำดับมาใช้ในการกำหนดเวลาในการฉีดไอน้ำสำหรับการอบโฟมอีทีเอสพบว่าจำนวนของเสียเนื่องจากสาเหตุโฟมนิ่มลดลงในเดือน กรกฎาคม 2565 จำนวนของเสียทั้งหมดลดลงเหลือ 208 บอร์ด จาก 350 บอร์ดในเดือนมิถุนายน 2565 ที่เป็นกระบวนการที่ยังไม่ได้ใช้เครื่องควบคุมลำดับในการกำหนดเวลาการฉีดไอน้ำซึ่งคิดเป็นจำนวนของเสียที่ลดลง 40.5 % และ 112 บอร์ดในเดือนสิงหาคม 2565 ซึ่งคิดเป็นจำนวนของเสียที่

ลดลง 46% โดยกราฟแสดงจำนวนของเสียหลังจากปรับปรุงกระบวนการแสดงได้ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 กราฟแสดงจำนวนของเสียหลังปรับปรุงกระบวนการ

โดยโฟมอีเอสพีหลังจากการเปลี่ยนแปลงกระบวนการไปใช้เครื่องควบคุมลำดับในการควบคุมเวลาในการฉีดน้ำให้มีเวลาการฉีดเท่ากันทุกครั้งจะไม่เกิดปัญหาโฟมนิ่ม และเนื้อสัมผัสโฟมมีความเรียบเนียนและมีพื้นผิวที่มีความสม่ำเสมอขึ้นดังแสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 ลักษณะโฟมที่ผ่านมาตรฐาน

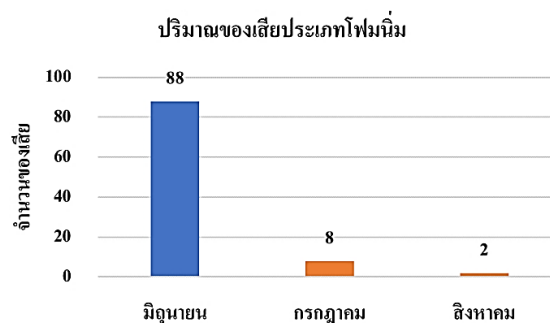
การอภิปรายผล

จากผลการทดลองพบว่า การแก้สาเหตุโฟมอีเอสพีนั้นโดยการนำอุปกรณ์ควบคุมลำดับมาใช้ในการควบคุมเวลาของการฉีดน้ำสำหรับกระบวนการอบโฟมนั้นสามารถลดปัญหาโฟมนิ่มได้จากจำนวนของเสียที่ลดลงที่สำคัญสามารถยกระดับความสามารถในการควบคุมคุณภาพผิวโฟมให้มีผิวเรียบสม่ำเสมอขึ้นตลอดชิ้นงาน จากการปรับปรุงกระบวนการพบว่า การกำหนดเวลาฉีดน้ำ โดย

เครื่องควบคุมลำดับนั้นการฉีดน้ำจะถูกตัดโดยอัตโนมัติตามเวลาที่กำหนดต่างจากการให้พนักงานกดปุ่มฉีดน้ำด้วยตนเองซึ่งส่งผลให้การใช้เวลาในการอบโฟมอีเอสพีไม่แน่นอนอันส่งผลต่อการเกิดของเสียชนิดโฟมนิ่ม

สรุปผลการทดลอง

หลังปรับปรุงกระบวนการทำงานของสถานีการทำงานฉีดโฟมอีเอสพี พบว่าปริมาณของเสียลดลงโดยช่วงไตรมาสที่ 2 พบของเสีย 953 บอร์ด โดยเฉลี่ยเดือนละ 317 บอร์ด ครึ่งไตรมาสที่ 3 พบของเสีย 320 บอร์ด โดยเฉลี่ยเดือนละ 160 บอร์ด และปัญหาโฟมนิ่มลดลงอย่างมีนัยสำคัญช่วงไตรมาสที่ 2 พบโฟมนิ่ม 88 บอร์ด โดยเฉลี่ยเดือนละ 29 บอร์ด ครึ่งไตรมาสที่ 3 พบโฟมนิ่ม 10 บอร์ด เดือนกรกฎาคมพบ 8 บอร์ด และครึ่งเดือนสิงหาคมพบจำนวน 2 บอร์ด ดังแสดงในรูปที่ 7 หรือสามารถลดของเสียประเภทโฟมนิ่มได้ 88%



รูปที่ 7 กราฟแสดงจำนวนของเสียประเภทโฟมนิ่มหลังปรับปรุงกระบวนการ

อัตราการเกิดของเสียประเภทโฟมนิ่มลดลงอย่างมีนัยสำคัญแต่ประเภทของเสียชนิดอื่น ๆ ยังมีปริมาณที่สูงอยู่เช่น ปัญหาโฟมอีเอสพีน้ำหนักเบาซึ่งจะเป็นหัวข้อในการศึกษาต่อไปในอนาคตถึงสาเหตุของปัญหา และวิธีการแก้ไขเพื่อให้ปริมาณของเสียโดยรวมลดลง และยกระดับความสามารถการควบคุมคุณภาพโฟมในสายการผลิตโฟมอีเอสพีได้อย่างมีนัยสำคัญ

เอกสารอ้างอิง

[1] เกรียงไกร ศรีเลิศและ ญฐา คุปต์ชัยเรียร (2558). การลดความสูญเสียในกระบวนการชุบแข็ง อินดักชันกรณีศึกษา: บริษัทตัวอย่าง, วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 2558.

[2] สถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ (2553). เครื่องมือควบคุมคุณภาพ 7 ชนิด (QC 1 Tools), URL: piu.ftpi.or.th/productivity-tools/7-qc/, สืบค้นเมื่อ 2 /05/2566.

[3] จีรวัฒน์ ปล้องใหม่และศุภวัชร เมฆบุรณ (2559). การลดของเสียในกระบวนการผลิตชิ้นส่วน โลหะ, วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย เกษมบัณฑิต, 2559.

[4] ยุทธณรงค์ จงจันทร์ (2557). การลดของเสีย ในกระบวนการนึ่งยางรถยนต์, วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยธนบุรี, ปีที่ 8 ฉบับที่ 15 เดือน มกราคม - เมษายน 2557.

[5] ทะนงศักดิ์ พิฑาคำ วีรญา กรทิพย์ ชานนท์ มุลวรรณ สหรัตน์ วงษ์ศรีชะและ อุกฤษณ์ ไชยคงทอง (2565). การลดของเสียในกระบวนการเคลือบผิว คัดตั้งทูลล์ทั้งสแตนคาร์ไบด์, การประชุมวิชาการและ แสดงนิทรรศการระดับชาติ พัฒนาวิศวกรรมและ นวัตกรรมเทคโนโลยีสู่การเป็นผู้นำพอเพียงเพื่อความ ยั่งยืนตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง ครั้งที่ 4, 5-6 พฤศจิกายน 2565 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต.

[6] พิพัฒพงศ์ ศรีชนะ และ พรประเสริฐ ขวาลำ ชาร (2555). การลดของเสียในกระบวนการผลิตอิฐ บล็อก, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขา วิชาการจัดการอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี 2555.

[7] นิพนธ์ มณีโชติ และ ผจงจิต พิจิตบรรจง (2562). การลดของเสียในกระบวนการผลิตยาง แท่ง, วารสารข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการไทย, ปีที่ 5 ฉบับที่ 1 เดือน มกราคม - มิถุนายน 2562.

[8] ศิริประภา มโนมัยย์ ธรินี มณีศรีและธวนิช ทองงาม (2555). การลดของเสียในกระบวนการผลิต เสื้อผ้าสำเร็จรูป, การประชุมวิชาการเครือข่ายงาน วิศวกรรมอุตสาหการ, 17-19 ตุลาคม เพชรบุรี 2555.