

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพเครื่องจักรในการวางแผนการผลิตของแผนกตีเกลียว

Analysis of Machine Efficiency in Production Planning of Stranding Department

ณัฐภรณ์ เผื่อนพั่งงา, รัตติกรณ์ เสาร์แดน และ โอริส มณีสาย*

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลและอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

2 ถนนนางลิ้นจี่ แขวงทุ่งมหาเมฆ เขตสาทร กรุงเทพฯ 10120

Nattaporn Puenphangnga, Rattikorn Saodaen and Oris Maneesai *

Industrial Engineering, Department of Mechanical and Industrial Engineering,

Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Krungthep

2 Nanglinchi Rd., Thungmahamek, Sathorn, Bangkok, 10120

*Corresponding author Email: Oris.m@mail.rmutk.ac.th

(Received: September 20, 2024 / Revised: November 11, 2024 / Accepted: December 27, 2024)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการดำเนินงานตามโครงการสหกิจศึกษาและการศึกษาเชิงบูรณาการกับการทำงานโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินและวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้เครื่องจักรในแผนกตีเกลียวของบริษัท แห่งหนึ่ง โดยมุ่งเน้นการตรวจสอบชั่วโมงการทำงานของเครื่องจักรและการเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพที่ควรจะเป็น เพื่อให้การวางแผนการผลิตเป็นไปอย่างเหมาะสมและสอดคล้องกับศักยภาพการทำงานจริง งานวิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลการทำงานของเครื่องจักรจำนวน 4 เครื่อง ในช่วงระยะเวลา 3 เดือน พร้อมทั้งนำข้อมูลมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมตารางคำนวณ เพื่อหาค่าเปอร์เซ็นต์การใช้ประสิทธิภาพ ทั้งในสภาวะปกติและการทำงานล่วงเวลา ผลการศึกษาพบว่าเครื่องจักรแต่ละเครื่องมีระดับประสิทธิภาพการทำงานแตกต่างกัน โดยบางเครื่องมีค่าประสิทธิภาพต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนด ส่งผลให้ไม่สามารถบรรลุเป้าหมายการผลิตได้อย่างเต็มที่ การวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าวช่วยให้ฝ่ายวางแผนสามารถมองเห็นภาพรวมของการทำงานที่แท้จริง และสามารถปรับปรุงการจัดสรรเวลาการทำงาน รวมถึงการกำหนดแผนการผลิตให้มีความสอดคล้องกับสมรรถนะของเครื่องจักรมากขึ้น ผลการศึกษานี้จึงเป็นแนวทางสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ลดความสูญเสีย และพัฒนากระบวนการวางแผนการผลิตให้มีประสิทธิภาพสูง

คำสำคัญ: สหกิจศึกษา, ประสิทธิภาพเครื่องจักร, การวางแผนการผลิต, แผนกตีเกลียว, อุตสาหกรรมสายไฟฟ้า

Abstract

This study was carried out as part of a cooperative education and work-integrated learning project, with the objective of evaluating and analyzing machine utilization efficiency in the stranding department of a company. The research focused on examining machine operating hours and comparing them with expected performance levels to ensure that production planning aligns with actual operational capacity. Data was collected from four machines over a three-month period and analyzed using spreadsheet software to calculate efficiency percentages under both normal and overtime conditions. The findings revealed variations in performance among the machines, with some operating below the defined standard, which prevented the achievement of full production targets. The analysis provided the planning department with a clearer understanding of actual machine performance, enabling improvements in work scheduling and production planning to better match machine capacity. This study therefore serves as a guideline for enhancing production efficiency, reducing losses, and improving production planning processes.

Keywords: Cooperative education, Machine efficiency, Production planning, Stranding department, Electrical wire industry

1. บทนำ

ในยุคของอุตสาหกรรม 4.0 การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต (Production Efficiency) ถือเป็นหัวใจสำคัญขององค์กรอุตสาหกรรมที่มุ่งสู่ความสามารถในการแข่งขันอย่างยั่งยืน (Madreiter, 2024) เครื่องจักรซึ่งเป็นทรัพยากรหลักในสายการผลิต จำเป็นต้องถูกบริหารจัดการและวางแผนการใช้งานอย่างเหมาะสม เพื่อให้การดำเนินการผลิตมีความต่อเนื่องและบรรลุตามเป้าหมาย (Schiraldi, 2020) การประเมินประสิทธิภาพของเครื่องจักรมักใช้ตัวชี้วัด “Overall Equipment Effectiveness (OEE)” ซึ่งสะท้อนสัดส่วนของเวลาที่เครื่องจักรสามารถทำงานได้อย่างเต็มศักยภาพ ทั้งในด้านความพร้อมใช้งาน ประสิทธิภาพการทำงาน และคุณภาพของผลผลิต (Hung, 2022), (Thiede, 2023)

การวัดและวิเคราะห์ค่า OEE ช่วยให้องค์กรเข้าใจถึง “ความสูญเสียที่ซ่อนอยู่” ภายในกระบวนการผลิต และสามารถกำหนดแนวทางในการเพิ่มผลผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Hung, 2022) นอกจากนี้ การพัฒนาแนวคิด Value-Added OEE (VAOEE) ยังเปิดมิติใหม่ของการประเมินสมรรถนะเครื่องจักร โดยคำนึงถึงคุณค่าที่แท้จริงของเวลาที่สร้างผลผลิต (Hung, 2022) ทั้งนี้ ปัจจัยที่ส่งผลต่อค่า OEE ได้แก่ การวางแผนการผลิตที่ไม่เหมาะสม การขาดความยืดหยุ่นของเครื่องจักร และการบำรุงรักษาที่ไม่ต่อเนื่อง (Van De Ginste, 2022), (Mouhib, 2024)

ในอุตสาหกรรมสายไฟฟ้า ซึ่งต้องการความแม่นยำสูงและการส่งมอบตรงเวลา ประสิทธิภาพของเครื่องจักรมีบทบาทสำคัญในการลดของเสียและควบคุมต้นทุนการผลิต (Ismail, 2022), (Zhao, 2024)

การบูรณาการเทคโนโลยีสารสนเทศ เช่น ระบบ IIoT และการวิเคราะห์ข้อมูลขั้นสูง สามารถช่วยให้การติดตามประสิทธิภาพเครื่องจักรเป็นไปอย่างต่อเนื่องและแม่นยำยิ่งขึ้น (Zhao, 2024), (Thiede, 2023) นอกจากนี้ การนำปัญญาประดิษฐ์และอัลกอริทึมการเรียนรู้แบบเสริมกำลัง (Reinforcement Learning) มาประยุกต์ใช้ในการวางแผนการผลิต ยังช่วยเพิ่มความยืดหยุ่นและลดความสูญเสียในระบบได้อย่างมีนัยสำคัญ (Esteso, 2023)

ดังนั้น การศึกษาการวิเคราะห์ประสิทธิภาพเครื่องจักรจึงเป็นกระบวนการสำคัญที่ช่วยให้องค์กรเข้าใจสมรรถนะจริงของเครื่องจักร ตลอดจนเป็นข้อมูลพื้นฐานในการปรับปรุงแผนการผลิต การบำรุงรักษา และการจัดสรรทรัพยากรให้เหมาะสมกับศักยภาพที่แท้จริงของระบบการผลิต เพื่อยกระดับความสามารถในการแข่งขันขององค์กรในระยะยาว (Suryaprakash, 2021), (Mouhib, 2024)

2. ขั้นตอนการศึกษา

2.1 ศึกษาขั้นตอนปฏิบัติงาน

ในการดำเนินงาน จะเป็นการเก็บข้อมูลชั่วโมงการวางแผนของเครื่องจักรแผนกตีเกลียว โดยจะยกตัวอย่างเครื่องจักรมาทั้งหมด 4 เครื่องดังนี้ S-35 , S-43 , S-44 , S-50 ลงในโปรแกรม Excel โดยข้อมูลส่วนนี้จะมีการอ้างอิงมาจาก โปรแกรมการวางแผนการผลิตของทางบริษัท โดยข้อมูลทั้งหมดจะระบุไปด้วยเครื่องจักร วันเวลาที่วางแผนการผลิต แผนการผลิตที่วางแผนไปในแต่ละวัน จำนวนแผนการผลิต เวลาการปรับปรุงงาน แสดงตัวอย่างการเก็บข้อมูลชั่วโมงการวางแผนของเครื่องจักรแผนกตีเกลียว ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตัวอย่างการเก็บข้อมูลชั่วโมงการวางแผนของเครื่องจักรแผนกตีเกลียว

M/C	Date	Daily Plan		JOB		Recovery				Remark
		Normal	OT	Plan	Result	Plan	Result	Normal	OT	
S-35	D/M/Y	11:50	06:00	5	5	1	1	08:45		

2.2 การรวบรวมชั่วโมงการทำงานของเครื่องจักรในแต่ละเดือน

เมื่อดำเนินการเก็บข้อมูลการใช้เครื่องจักรแผนกตีเกลียวเป็นที่เรียบร้อยแล้ว จากนั้นจะทำการรวบรวมชั่วโมงโดยแต่ละเดือน โดยจะยกตัวอย่างของในเดือน มิถุนายน (JUNE), กรกฎาคม (JULY) และ สิงหาคม (Aug.) จะรวบรวมเวลาทั้งแบบที่มีโอที และไม่มีโอที แสดงตัวอย่างการรวบรวมชั่วโมงการวางแผนในแต่ละเดือนดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตัวอย่างการรวบรวมชั่วโมงการวางแผนในแต่ละเดือน

M/C	June		July		Aug.		Recovery		FEMARK
	Normal	OT	Normal	OT	Normal	OT	Normal	OT	
S-43	204:40	42:00	200:35	6:00	304:00	12:00	14:05	6:00	

ชั่วโมงรวมการวางแผนในแต่ละเดือน

ชั่วโมง OT รวมการวางแผนในแต่ละเดือน

2.3 การหาค่าเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพเครื่องจักรในการวางแผนแผนกตีเกลียว

อธิบายตารางที่ 3 เปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพการใช้เครื่องจักรของแผนกตีเกลียว (CORSTRAND) พบว่าในแต่ละเดือนเครื่องจักรแต่ละเครื่องมีเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพค่อนข้างสูงในการดำเนินการผลิตแบบ Non-TO และมีเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพการใช้เครื่องจักรของแผนกตีเกลียวค่อนข้างต่ำสำหรับแบบ OT ซึ่งเป็นข้อมูลสำหรับใช้พิจารณาวางแผนการผลิตต่อไปสำหรับการใช้เครื่องจักรแต่ละเครื่องและในแต่ละเดือน เป็นต้น

ตารางที่ 3 เปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพการใช้เครื่องจักรของแผนกตีเกลียว (CORSTRAND)

เปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพการใช้เครื่องจักรของแผนก CORSTRAND							
M/C	June		July		Aug		REMARK
	Non-OT	OT	Non-OT	OT	Non-OT	OT	
S-35	76.69	15.55	53.28	9.80	95.22	15.21	
S-43	85.42	13.33	48.81	5.88	63.18	10.86	
S-44	68.33	17.78	50.37	9.80	64.31	19.56	
S-50	61.87	13.33	47.02	7.84	61.89	15.21	

2.4 การหาค่าเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพการใช้เครื่องจักรในการวางแผนแผนกตีเกลียว

Non-OT = 15 hr x วันทำงานทั้งหมด/เดือน

การวางแผนทั้งหมด (hr) = กี่ % ของชั่วโมงการทำงาน (hr)

OT = 6 hr x 22 day + 16hr x 9 Day

การวางแผนทั้งหมด (hr) = กี่ % ของ ชั่วโมงการทำงาน (hr)

2.5 ดำเนินการสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมจากพนักงานควบคุมเครื่องจักรแผนกตีเกลียว เกี่ยวกับการทำงานด้านเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องจักรและการวางแผนว่าตรงตามประสิทธิภาพเครื่องจักรเป็นไปตามที่กำหนดไว้ข้างต้นหรือไม่

2.6 สรุปข้อมูลเปอร์เซ็นต์การใช้เครื่องจักรในการวางแผนแผนกตีเกลียว

2.7 การหาค่าประสิทธิภาพการใช้เครื่องจักรในการวางแผนแผนกตีเกลียว (แบบจำนวนตัน)

การหาจำนวนต้นการผลิตเพื่อเทียบกับเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพเครื่องจักรในการวางแผนแผนกตีเกลียว โดยเริ่มจากการอ้างอิงเฉลี่ยค่าเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพเครื่องจักรในการวางแผนแผนกตีเกลียว โดยเฉลี่ยเป็นรูปแบบจำนวนเปอร์เซ็นต์ตามตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ตัวอย่างการอ้างอิงเฉลี่ยค่าเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพเครื่องจักรในการวางแผนแผนกตีเกลียว

M/C	% ประสิทธิภาพเครื่องจักร (Avg.)		
	JUNE	JULY	AUG
S-35	70%	50%	100%
S-43	75%	40%	50%
S-44	60%	40%	50%
S-50	50%	45%	50%

จากนั้นดำเนินการรวบรวมจำนวนต้นที่เครื่องจักรแผนกตีเกลียวเครื่องผลิตได้ในแต่ละเดือนพบว่าเครื่องจักรแต่ละเครื่องมีปริมาณการผลิตเฉลี่ยสูงสุดที่เครื่อง S-50 และมีปริมาณการผลิตเฉลี่ยต่ำสุดที่เครื่อง S-43 แสดงจำนวนการผลิตที่ได้ในแต่ละเดือน (ตัน) ดังตารางที่ 5 และตัวอย่างจำนวนการผลิตที่เต็มประสิทธิภาพของเครื่องจักรแผนกตีเกลียวในแต่ละเดือนแสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 5 ตัวอย่างจำนวนการผลิตที่ได้ในแต่ละเดือน (ตัน)

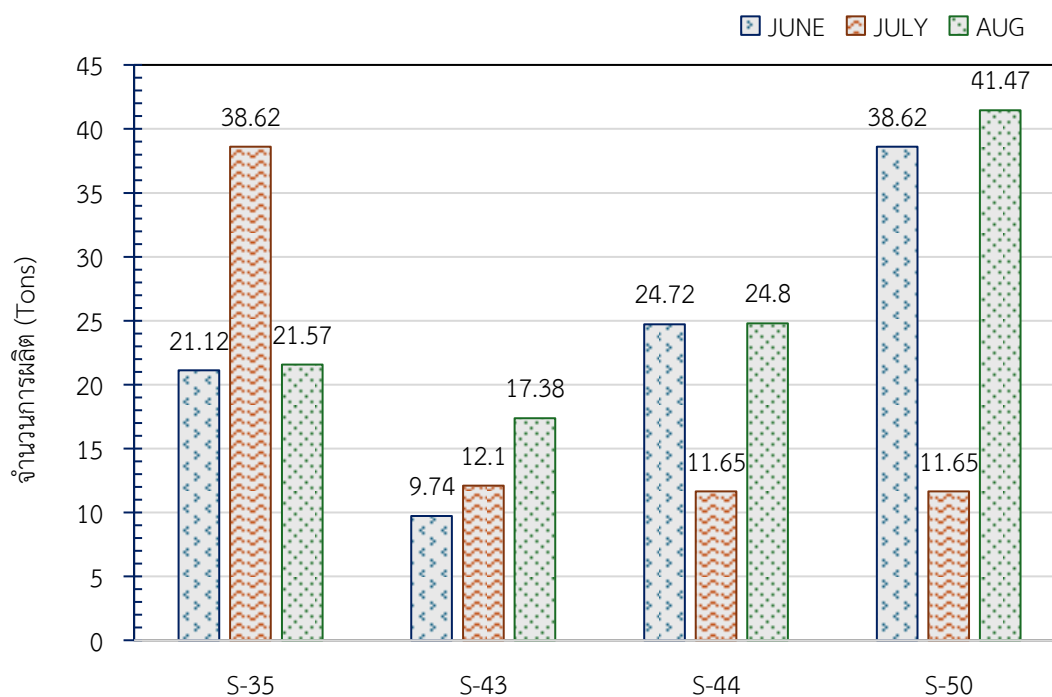
M/C	จำนวนการผลิต (Tons)		
	JUNE	JULY	AUG
S-35	21.12	38.62	21.57
S-43	9.74	12.1	17.38
S-44	24.72	11.65	24.8
S-50	38.62	11.65	41.47

ตารางที่ 6 ตัวอย่างจำนวนการผลิตที่เต็มประสิทธิภาพของเครื่องจักรแผนกตีเกลียวในแต่ละเดือน

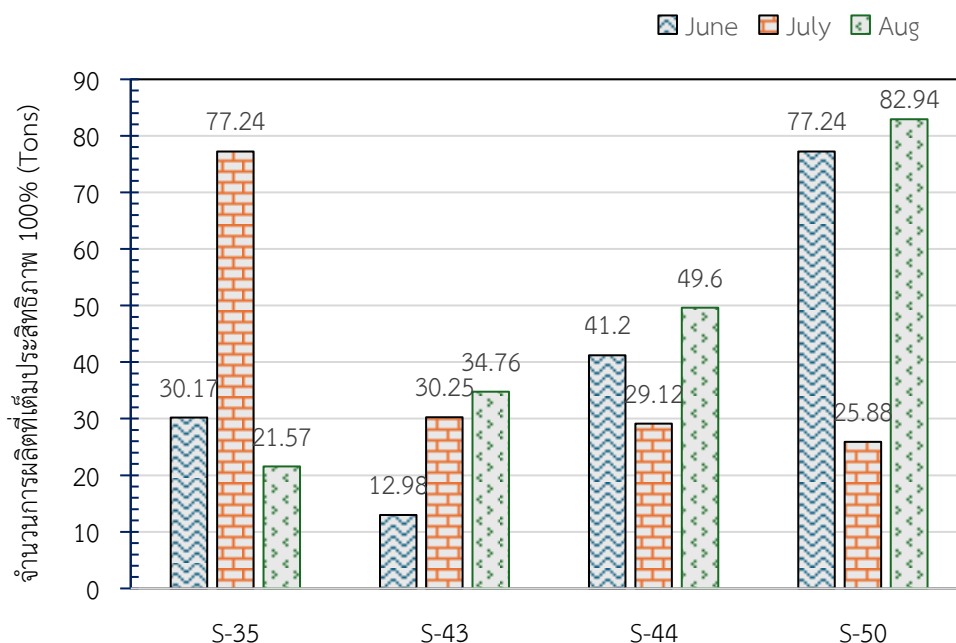
M/C	จำนวนการผลิตที่เต็มประสิทธิภาพ 100% (Tons)		
	June	July	Aug
S-35	30.17	77.24	21.57
S-43	12.98	30.25	34.76
S-44	41.20	29.12	49.60
S-50	77.24	25.88	82.94

3. ผลการทดลอง (กรณีศึกษา)

การศึกษาได้เก็บข้อมูลการทำงานของเครื่องจักรในแผนกตีเกลียวจำนวน 4 เครื่อง ได้แก่ S-35, S-43, S-44 และ S-50 จากกราฟรูปที่ 1 ซึ่งแสดงจำนวนการผลิตที่เต็มประสิทธิภาพของเครื่องจักรในแต่ละเดือน พบว่ามีการผลิตที่ค่อนข้างจะต่างกันทั้ง 4 เครื่องจักร ซึ่งจะแบ่งเป็น 3 เดือน คือ เดือน JUNE เครื่องจักรที่ผลิตได้มากที่สุดคือ S-50 ผลิตได้ 38.62 ตัน ส่วนเครื่องจักรที่ผลิตได้ระดับปานกลาง คือ S-44 ผลิตได้ 24.72 ตัน และ เครื่องจักร S-35 ผลิตได้ 21.12 ตัน ส่วนเครื่องจักรที่ผลิตน้อยที่สุดคือ S-43 ผลิตได้ 9.74 ตัน เดือน JULY เครื่องจักรที่ผลิตได้มากที่สุดคือ S-35 ผลิตได้ 38.62 ตัน ส่วนเครื่องจักรที่ผลิตได้ระดับปานกลาง คือ S-43 ผลิตได้ 12.1 ตัน ส่วนเครื่องจักรที่ผลิตน้อยที่สุดคือ S-44 และ S-50 ผลิตได้ 11.65 ตัน เดือน AUG เครื่องจักรที่ผลิตได้มากที่สุดคือ S-50 ผลิตได้ 41.47 ตัน ส่วนเครื่องจักรที่ผลิตได้ระดับปานกลาง คือ S-44 ผลิตได้ 24.8 ตัน และ เครื่องจักร S-35 ผลิตได้ 21.57 ตัน ส่วนเครื่องจักรที่ผลิตน้อยที่สุดคือ S-43 ผลิตได้ 17.38 ตัน



รูปที่ 1 กราฟแสดงจำนวนการผลิตที่ได้ในแต่ละเดือน (ตัน)



รูปที่ 2 กราฟแสดงจำนวนการผลิตที่เต็มประสิทธิภาพของเครื่องจักรแผนกตีเกลียวในแต่ละเดือน

รูปที่ 2 แสดงจำนวนการผลิตที่เต็มประสิทธิภาพของเครื่องจักรแผนกตีเกลียวในแต่ละเดือน พบว่า มีจำนวนการผลิตที่แตกต่างกันทั้ง 4 เครื่องจักร ซึ่งจะแบ่งเป็น 3 เดือน คือ เดือน JUNE เครื่องจักรที่มีจำนวนการผลิตได้มากที่สุดคือ S-50 จำนวนการผลิตได้ 77.24% ส่วนเครื่องจักรที่มีจำนวนการผลิตได้ระดับปานกลาง คือ S-44 ผลิตได้ 41.2% และ เครื่องจักร S-35 ผลิตได้ 30.17% ส่วนเครื่องจักรที่มีจำนวนการผลิตน้อยที่สุดคือ S-43 ผลิตได้ 12.98% เดือน JULY เครื่องจักรที่มีจำนวนการผลิตได้มากที่สุดคือ S-35 จำนวนการผลิตได้ 77.24% ส่วนเครื่องจักรที่มีจำนวนการผลิตได้ระดับปานกลาง คือ S-43 ผลิตได้ 30.25% และ เครื่องจักร S-44 ผลิตได้ 29.12% ส่วนเครื่องจักรที่มีจำนวนการผลิตน้อยที่สุดคือ S-50 ผลิตได้ 25.88% เดือน AUG เครื่องจักรที่มีจำนวนการผลิตได้มากที่สุดคือ S-50 จำนวนการผลิตได้ 82.94% ส่วนเครื่องจักรที่มีจำนวนการผลิตได้ระดับปานกลาง คือ S-44 ผลิตได้ 49.6% และ เครื่องจักร S-43 ผลิตได้ 34.76% ส่วนเครื่องจักรที่มีจำนวนการผลิตน้อยที่สุดคือ S-35 ผลิตได้ 21.57% ซึ่งพบว่าเครื่องจักรแต่ละเครื่องมีประสิทธิภาพแตกต่างกัน โดยเครื่องจักร S-35 แสดงผลการทำงานที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุด ขณะที่ S-50 มีประสิทธิภาพต่ำที่สุด ส่วน S-43 และ S-44 มีประสิทธิภาพอยู่ในระดับปานกลางและแสดงความผันผวนระหว่างแต่ละเดือน การเปรียบเทียบระหว่างการทำงานในเวลาปกติและการทำงานล่วงเวลา (OT) ชี้ให้เห็นว่า การทำงานล่วงเวลาไม่ได้ส่งผลโดยตรงต่อการเพิ่มประสิทธิภาพ แต่กลับสะท้อนถึงการจัดสรรเวลาและการวางแผนการผลิตที่ยังไม่เหมาะสม

ผลการวิเคราะห์ชี้ว่า ความแตกต่างของค่าประสิทธิภาพขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายด้าน ได้แก่ การวางแผน และการจัดสรรงานที่ไม่สอดคล้องกับศักยภาพจริงของเครื่องจักร ความพร้อมด้านการบำรุงรักษาเครื่องจักร รวมถึงทักษะและประสบการณ์ของพนักงานควบคุมเครื่องจักร ข้อค้นพบเหล่านี้บ่งชี้ว่าการวางแผนการผลิตที่

อ้างอิงจากข้อมูลประสิทธิภาพจริงของเครื่องจักรจะช่วยเพิ่มความแม่นยำในการจัดตารางการผลิต ลดการพึ่งพาการทำงานล่วงเวลา และเพิ่มศักยภาพการผลิตโดยรวมของแผนกที่เกี่ยวข้อง

4. กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ บริษัทฯ ที่ได้เอื้อเฟื้อข้อมูลและสนับสนุนการดำเนินงานตลอดระยะเวลาการศึกษา รวมทั้งให้คำแนะนำเชิงวิชาการและข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการศึกษาและทำโครงการสหกิจศึกษา และความขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุธรรม ศิวารุช อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการสหกิจศึกษา ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ องค์กรความรู้ และข้อชี้แนะตลอดจนการสนับสนุนทางวิชาการอย่างต่อเนื่อง ตลอดจนขอขอบคุณเพื่อนร่วมงานภายในแผนกและผู้เกี่ยวข้องทุกท่านที่มีส่วนสนับสนุนและช่วยเหลือให้การดำเนินงานโครงการสหกิจศึกษาสำเร็จตามวัตถุประสงค์

5. เอกสารอ้างอิง

- Esteso, A., Giret, A., & Botti, V. (2023). Reinforcement learning applied to production planning and control: Review and case studies. *International Journal of Production Research*, 61(5), 1540–1562. <https://doi.org/10.1080/00207543.2022.2134701>
- Hung, Y.-H., Hsueh, S.-L., & Huang, M.-J. (2022). Uncovering hidden capacity in overall equipment effectiveness—Proposal of value-added OEE (VAOEE). *Journal of Manufacturing Systems*, 63, 125–136. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2022.02.004>
- Ismail, R. F., Hamzah, N., & Fadzil, N. (2022). Towards sustainable production processes re-engineering in wires and cables manufacturing (Industry 4.0 perspective). *Sustainability*, 14(21), 14002. <https://doi.org/10.3390/su142114002>
- Madreiter, T., Moser, F., & Huber, A. (2024). From OEE to OSEE: How to reinforce production and sustainability considerations. *Procedia Manufacturing*, 93, 512–521. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2024.03.045>
- Mouhib, Z., Abouabdellah, A., & Benhadou, S. (2024). Towards a generic framework of OEE monitoring for driving maintenance and production decisions. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 35(2) , 287–304. <https://doi.org/10.1108/JMTM-09-2023-0356>
- Schiraldi, M. M., Ciarapica, F. E., & Bevilacqua, M. (2020). Overall equipment effectiveness: Consistency of ISO indicators (ISO 22400) and classification of equipment states. *International Journal of Production Research*, 58(17) , 5237–5251. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1694658>

- Suryaprakash, M., Sivakumar, A., & Arunkumar, S. (2021). Improvement of overall equipment effectiveness: A case study in a manufacturing industry. *Materials Today: Proceedings*, 47(2), 329–334. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.04.072>
- Thiede, S., Kurlle, D., & Herrmann, C. (2023). Advanced energy data analytics to predict machine overall equipment effectiveness (OEE): A synergetic approach to foster sustainable manufacturing. *Journal of Cleaner Production*, 406, 137072. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137072>
- Van De Ginste, L., Boute, R. N., & Lambrecht, M. R. (2022). The role of equipment flexibility in overall equipment effectiveness measurement. *Production Planning & Control*, 33(16), 1497–1512. <https://doi.org/10.1080/09537287.2022.2026175>
- Zhao, J., Zhang, H., & Li, C. (2024). Wire and cable quality traceability system based on IIoT and blockchain. *Applied Sciences*, 14(3), 1120. <https://doi.org/10.3390/app14031120>