

# การศึกษาเส้นฐานอ้างอิงของการใช้พลังงานของ อุตสาหกรรมผลิตสายไฟ

พรรณีภา เกษมเจริญวงศ์<sup>1,\*</sup> และ สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน<sup>2</sup>

<sup>1</sup> สหสาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<sup>2</sup> ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

\*Email: pannipa\_cpc@hotmail.co.th

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเส้นฐานอ้างอิงของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า และปริมาณการใช้น้ำมันเตาต่อหน่วยผลผลิตในกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตสายไฟ ซึ่งถูกกำหนดให้เป็นโรงงานควบคุม ตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 [1] เพื่อแสดงแนวโน้มการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตสายไฟ ปี พ.ศ. 2554 - 2555 โดยอาศัยสมการเชิงเส้นอย่างง่ายมาแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการใช้พลังงานและปริมาณผลผลิต เพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้พลังงานในกระบวนการผลิต[2] รวมทั้งได้ทำการตรวจสอบหาขั้นตอนของกระบวนการผลิตที่มีการใช้พลังงานมากที่สุด โดยการศึกษากระบวนการผลิตทั้ง 4 ขั้นตอน ได้แก่ กระบวนการหลอม, กระบวนการรีด, กระบวนการตีเกลียว และกระบวนการหุ้มสายไฟ แสดงผลโดยใช้แผนภูมิรูปรวงกลม และนำข้อมูลการใช้พลังงานมาพิจารณาประกอบกับค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรแต่ละชนิดในกระบวนการผลิต ซึ่งใช้น้ำมันเตา และไฟฟ้าเป็นพลังงานหลักในกระบวนการ จากการวิเคราะห์พลังงานที่ใช้ในกระบวนการผลิตแต่ละขั้นตอน ประกอบกับการพิจารณาค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรแล้ว พบว่ามีการใช้พลังงานในกระบวนการหลอมมากที่สุด คิดเป็น 31% ของพลังงานทั้งหมดที่ใช้ในกระบวนการผลิตสายไฟ โดยค่าประสิทธิผลโดยรวมของเตาหลอมมีค่าเพียง 0.34 เนื่องจากค่าประสิทธิภาพการเดินเครื่องของเตาหลอมลดลงต่ำลง ทำให้ทราบได้ว่าสาเหตุของการสิ้นเปลืองพลังงานในกระบวนการผลิตเกิดจากประสิทธิภาพการทำงานของเตาหลอมลดลง โดยสามารถเสนอแนะแนวทางการประหยัดพลังงานในกระบวนการผลิตสายไฟที่เหมาะสมและตรงเป้าหมายให้กับโรงงาน เพื่อให้ผู้เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการพลังงานในโรงงานสามารถนำไปปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานให้มีประสิทธิภาพต่อไป

## คำสืบค้น

เส้นฐานอ้างอิง, ค่าการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิต, แนวโน้มการใช้พลังงาน, อุตสาหกรรมผลิตสายไฟ, แนวทางการประหยัดพลังงาน

# A BASELINE STUDY OF ENERGY CONSUMPTION IN ELECTRICAL CABLE PRODUCTION

*Pannipa Kasemcharoenwong<sup>1,\*</sup> and Suthas Rattanakuakangwan<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Inter-Department of Energy Technology and Management Graduate School,  
Chulalongkorn University*

*<sup>2</sup>Department of Industrial Engineering,  
Faculty of Engineering, Chulalongkorn University*

*\*Email: pannipa\_cpc@hotmail.co.th*

## ABSTRACT

This main objective of this research is to study the baseline of electrical energy and fuel consumption per unit output from an electrical cable factory under the control of "The Energy Conservation Promotion ACT, B.E. 2535"[1] to analyze the trend line of energy consumption with productivity in 2012 – 2013 by using of the simple linear regression equation[2]. There are 4 production processes concerned in this study; melting, rolling, threading and braiding. The energy consumption was used to verify the process that may consume most energy. So, the pie chart will show total energy consumption in MJ unit. As the Overall Equipment Effectiveness (OEE) of furnace, roller machine, threading machine and cable braiding machine in 2012 and 2013 are analyzed for causes of energy loss, therefore, the coefficient of availability rate, performance efficiency and quality rate. The furnace use 31% of total energy while OEE of furnace in 2012 is 0.32 because performance efficiency of furnace is decreased. Moreover, the guideline of energy safety in the electrical cable production is offered to improve the efficiency of energy management in the factory.

## KEYWORDS

Baseline of energy consumption, Electrical cable factory, Overall Equipment Effectiveness, Energy management

## 1. บทนำ

เนื่องด้วยธุรกิจภาคอุตสาหกรรมของประเทศไทยในปัจจุบัน มีการขยายตัวขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดการใช้พลังงานและเชื้อเพลิงในกระบวนการผลิตเพิ่มขึ้นมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในโรงงานภายใต้การควบคุม ตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 ซึ่งกำหนดว่าโรงงานควบคุมจัดเป็นเป็นกลุ่มผู้ใช้พลังงานรายหลัก ที่มีการใช้ไฟฟ้าตั้งแต่ 1 MW ขึ้นไป [1] ในขณะเดียวกัน ต้นทุนทางพลังงานเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลกระทบต่อการแข่งขันทางธุรกิจ

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของกระบวนการผลิต จากการสร้างเส้นฐานอ้างอิงการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิต โดยอาศัยสมการเชิงเส้นอย่างง่าย [2] จึงเป็นเครื่องมือสำคัญที่ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย เนื่องจากเป็นวิธีที่เข้าใจง่าย แสดงแนวโน้มการใช้พลังงานได้อย่างชัดเจน ทั้งยังสามารถนำข้อมูลที่ได้มาพิจารณาประกอบการกำหนดนโยบายในการบริหารจัดการการใช้พลังงานในภาคการผลิตอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อรองรับการขยายตัวของธุรกิจในอนาคต

งานวิจัยนี้ ได้ทำการรวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานในกระบวนการผลิต และปริมาณการผลิตรายเดือน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2554 – 2555 รวม 24 เดือน ของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตสายไฟแห่งหนึ่ง ซึ่งเป็นโรงงานที่ถูกจัดอยู่ในกลุ่มโรงงานควบคุม เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการใช้พลังงานในกระบวนการผลิต

โรงงานได้มีการจัดทำรายงานการจัดการพลังงาน ตามข้อกำหนดของ พ.ร.บ. การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 (แก้ไขเพิ่มเติม) พ.ศ. 2550 [1] โดยมีรายละเอียดเกี่ยวกับการคำนวณค่าการใช้พลังงานจำเพาะต่อหน่วยผลผลิต (SEC) แต่ยังไม่มีการจัดทำเส้นฐานอ้างอิงของค่าพลังงานจำเพาะต่อหน่วยผลผลิต (SEC Baseline) จึงส่งผลให้การแสดงแนวโน้มการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตยังไม่ชัดเจน ทำให้ยังไม่สามารถนำค่าการใช้พลังงานจำเพาะต่อหน่วยผลผลิตที่คำนวณไว้ไปวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตได้

กระบวนการผลิตสายไฟที่ทำการศึกษา มีทั้งหมด 4 ขั้นตอน ได้แก่ กระบวนการหลอมอลูมิเนียมโดยใช้เตาเผา ซึ่งยังอาศัยเชื้อเพลิงน้ำมันเตา c สำหรับผลิตความร้อนภายในเตา โดยอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการหลอมอยู่ที่ 1,100 -1,300 องศาเซลเซียส คิดเป็นปริมาณน้ำมันเตา c ที่ใช้สูงถึง 70 ลิตรต่ออลูมิเนียม 1 ตัน ก่อนจะส่งอลูมิเนียมเข้าสู่กระบวนการรีด, กระบวนการตีเกลียวสายไฟ และ กระบวนการหุ้มสายไฟ โดยเครื่องจักรในกระบวนการทั้ง 3 จะอาศัยพลังงานไฟฟ้าทั้งหมด คิดเป็นอัตราไฟฟ้าที่ใช้โดยเฉลี่ย 1,500 กิโลวัตต์ – ชั่วโมง ต่อปริมาณผลผลิตสายไฟ 1 ตัน

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการสร้างเส้นฐานอ้างอิงของค่าการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิต ของอุตสาหกรรมผลิตสายไฟแห่งนี้ เพื่อให้ทราบถึงแนวโน้มของการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิตที่เกิดขึ้นจริง และทราบถึงประสิทธิภาพการใช้พลังงานตลอดช่วงปี พร้อมทั้งหาสาเหตุของการใช้พลังงานที่มีการสูญเสียเกินจำเป็นของกระบวนการผลิต โดยพิจารณากระบวนการผลิตที่มีการใช้พลังงานสิ้นเปลืองสูงที่สุด ประกอบกับค่าประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร เพื่อนำไปเป็นข้อมูลประกอบในการเสนอแนะแนวทางประหยัดพลังงานในกระบวนการผลิตให้กับโรงงานต่อไป

## 2. วิธีการวิจัยและข้อมูล

งานวิจัยนี้ศึกษาการสร้างเส้นฐานอ้างอิงของค่าการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิตของโรงงานผลิตสายไฟ โดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel ในการสร้างเส้นฐานอ้างอิงของค่าการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิต โดยอาศัยสมการเชิงเส้นอย่างง่าย เพื่อพิจารณาแนวโน้มของการใช้พลังงาน ศึกษาหาขั้นตอนในกระบวนการผลิตที่ใช้พลังงานมาก

ที่สุด โดยแสดงในรูปของแผนภูมิวงกลม (Pie Chart) ประกอบกับการพิจารณาค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร เพื่อเสนอแนะมาตรการประหยัดพลังงานในกระบวนการผลิต โดยมีขั้นตอนการวิจัยดังต่อไปนี้

## 1. ศึกษาและเก็บข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นข้อมูลทุติยภูมิที่ได้จากโรงงานผลิตสายไฟแห่งหนึ่ง ในปี พ.ศ. 2554 – 2555 รวมทั้งสิ้น 24 เดือน ซึ่งประกอบด้วย ปริมาณผลผลิตรายเดือน, ปริมาณการใช้ไฟฟ้าและเชื้อเพลิงรายเดือน, ปริมาณการใช้ไฟฟ้าและเชื้อเพลิงรายปีแยกตามขั้นตอนการผลิต และค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร

## 2. วิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า และเชื้อเพลิง ในกระบวนการผลิต

### 2.1 การสร้างพื้นฐานอ้างอิงแสดงแนวโน้มการใช้พลังงาน

เป็นการนำข้อมูลปริมาณผลผลิตรายเดือน และปริมาณการใช้ไฟฟ้าและเชื้อเพลิงรายเดือนมาวิเคราะห์ โดยอาศัยโปรแกรม Microsoft Excel แสดงข้อมูลทั้ง 24 เดือนในรูปกราฟการกระจายตัว (Scatter Chart) พร้อมหาสมการฐานอ้างอิง โดยใช้สมการเชิงเส้นอย่างง่าย เพื่อให้เห็นแนวโน้มการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตอย่างชัดเจน [3]

### 2.2 การวิเคราะห์หาสาเหตุการสิ้นเปลืองพลังงาน

เป็นการวิเคราะห์จากข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าและเชื้อเพลิงรายปีแยกตามขั้นตอนการผลิต ประกอบกับการพิจารณาค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร เพื่อเป็นแนวทางในการเสนอแนะมาตรการประหยัดพลังงาน

### 2.3 รายงานผล พร้อมเสนอแนะมาตรการประหยัดพลังงานในกระบวนการผลิต

เป็นการนำเสนอรายงานค่าที่วิเคราะห์ได้ พร้อมเสนอแนะมาตรการประหยัดพลังงานในกระบวนการผลิต เพื่อให้ผู้เกี่ยวข้องกับการจัดการด้านพลังงานของโรงงาน นำไปประยุกต์ใช้ต่อไป

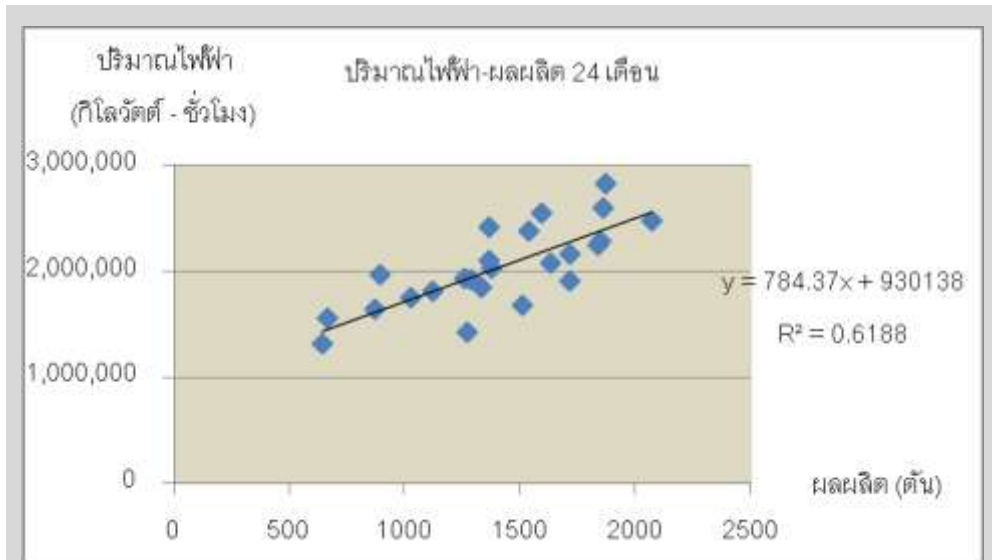
## 3. ผลวิเคราะห์จากโรงงานตัวอย่าง

งานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตจากโรงงานผลิตสายไฟตัวอย่าง ซึ่งเป็นโรงงานที่ถูกกำหนดเป็นโรงงานควบคุม ตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 (แก้ไขเพิ่มเติม) พ.ศ. 2550 [1] โดยเก็บข้อมูลทุติยภูมิของปริมาณการผลิตรายเดือน และข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ารายเดือน, ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเตาในกระบวนการผลิตรายเดือน แล้วนำมาคำนวณหาค่าการใช้พลังงานรวมรายเดือน ใน ปี พ.ศ. 2554 - 2555 รวม 24 เดือนดังแสดงในตารางที่ 1 และแสดงความสัมพันธ์ของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า, ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเตา และค่าพลังงานรวม กับปริมาณผลผลิต โดยการสร้างแผนภาพการกระจายตัว และใช้หลักวิเคราะห์การถดถอยสร้างสมการเชิงเส้นอย่างง่าย และสังเกตความสัมพันธ์ของการใช้พลังงานจากค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนดของสมการเส้นตรง (R – square) ตามรูปที่ 1 – 3 เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 1 พบว่าค่าความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงของผลผลิตกับปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้มีค่าเท่ากับ 0.6188 แสดงให้เห็นว่าปริมาณการใช้ไฟฟ้าในการผลิตมีความสัมพันธ์ต่อหน่วยผลผลิต ในขณะที่รูปที่ 2 แสดงค่าความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงของปริมาณการผลิตกับปริมาณน้ำมันเตาที่ใช้ มีค่าเท่ากับ 0.7693 หมายถึงปริมาณการ

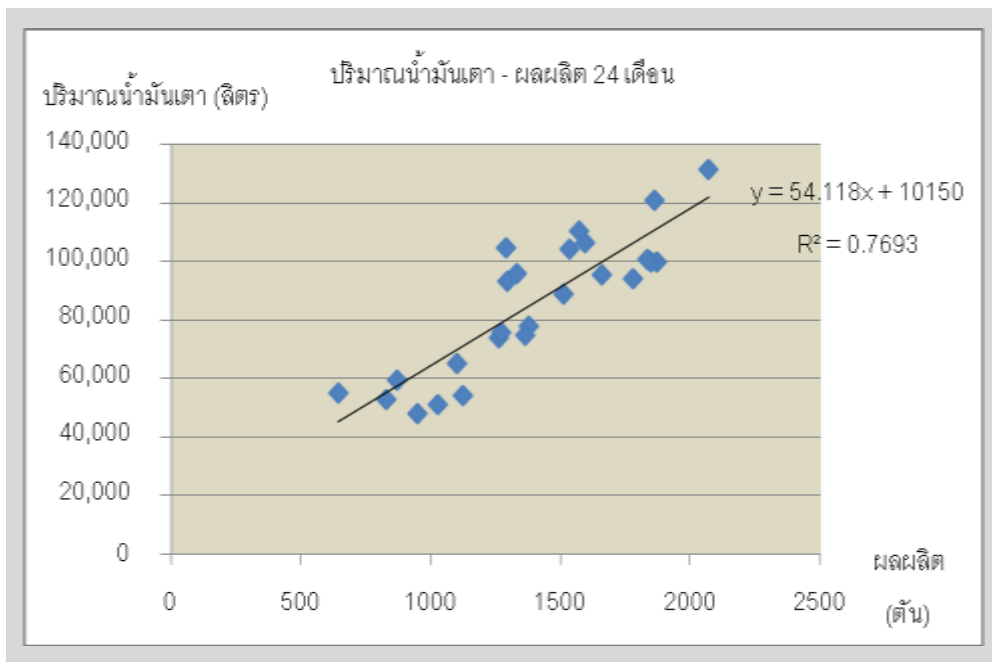
ใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเตาแปรผันตามหน่วยผลผลิต ส่งผลให้ความสัมพันธ์ของพลังงานรวมที่ใช้ในการผลิต เท่ากับ 0.7905 ซึ่งถือว่ายังอยู่ในเกณฑ์ที่มีค่าค่อนข้างสูง จึงสามารถใช้เป็นสมการตัวแทนการใช้พลังงานรวมของโรงงาน ตัวอย่างนี้ได้

ตารางที่ 1 ข้อมูลการผลิต และการใช้พลังงานของโรงงานตัวอย่างปี พ.ศ. 2554 - 2555

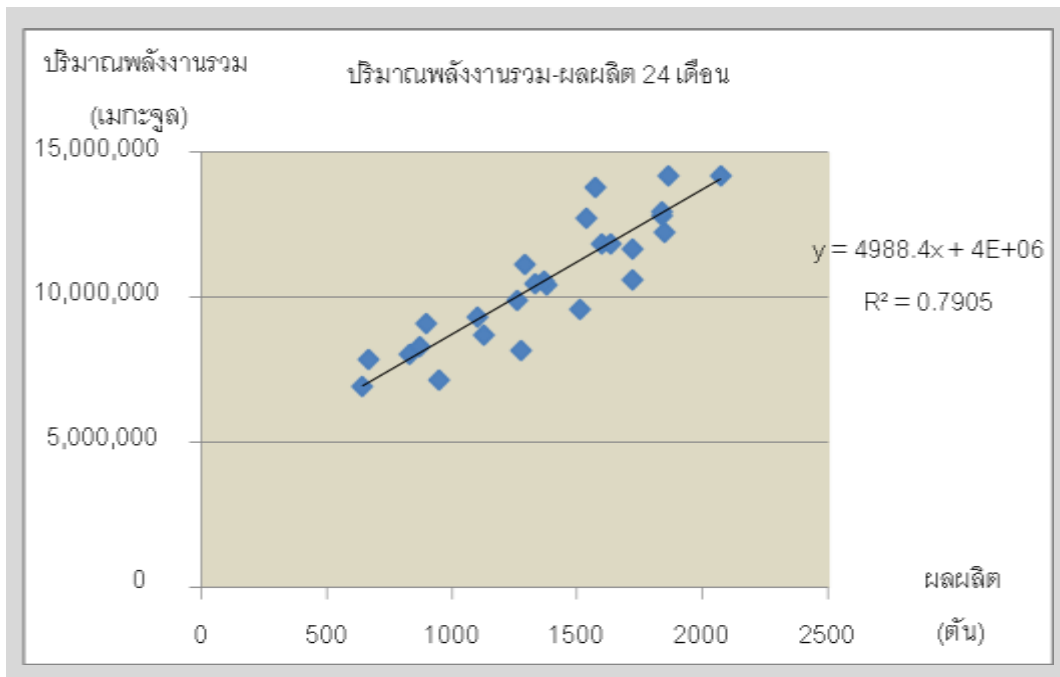
เดือน	พ.ศ. 2554				พ.ศ. 2555			
	ปริมาณ ผลผลิต (ตัน)	ไฟฟ้าที่ใช้ (กิโลวัตต์- ชั่วโมง)	น้ำมัน เตาที่ใช้ (ลิตร)	พลังงาน รวม (เมกะจูล)	ปริมาณ ผลผลิต (ตัน)	ไฟฟ้าที่ใช้ (กิโลวัตต์- ชั่วโมง)	น้ำมัน เตาที่ใช้ (ลิตร)	พลังงาน รวม (เมกะจูล)
ม.ค.	1319	1,607,000	97,008	9,665,520	1,293	1,943,000	93,103	10,718,929
ก.พ.	1367	2,422,000	81,528	11,980,320	1,512	1,678,000	88,997	9,600,667
มี.ค.	1419	2,086,000	72,472	10,408,480	1,836	2,439,000	100,876	12,815,448
เม.ย.	897	1,967,000	50,720	9,110,000	1,027	1,747,000	51,120	8,334,017
พ.ค.	1377	2,032,000	77,916	10,431,840	1,101	1,865,000	65,091	9,317,631
มิ.ย.	1838	2,307,000	101,564	12,367,760	1,720	1,910,000	92,713	10,584,501
ก.ค.	1366	2,099,000	74,923	10,553,328	1,125	1,807,000	54,295	8,677,009
ส.ค.	1873	2,835,000	99,922	14,202,880	1,262	1,931,000	73,981	9,910,833
ก.ย.	1850	2,289,000	100,060	12,242,800	1,838	2,253,000	121,082	12,954,082
ต.ค.	1659	2,201,000	95,460	11,742,000	1,274	1,425,000	75,860	8,164,408
พ.ย.	947	1,451,000	48,024	7,144,560	872	1,642,000	59,270	8,282,010
ธ.ค.	830	1,644,000	52,776	8,029,444	668	1,564,000	55,644	7,856,168



รูปที่ 1 แผนภาพการกระจายของผลผลิต และปริมาณการใช้ไฟฟ้าปี พ.ศ. 2554 - 2555



รูปที่ 2 แผนภาพการกระจายของผลผลิต และปริมาณการใช้น้ำมันเตาปี พ.ศ. 2554 - 2555

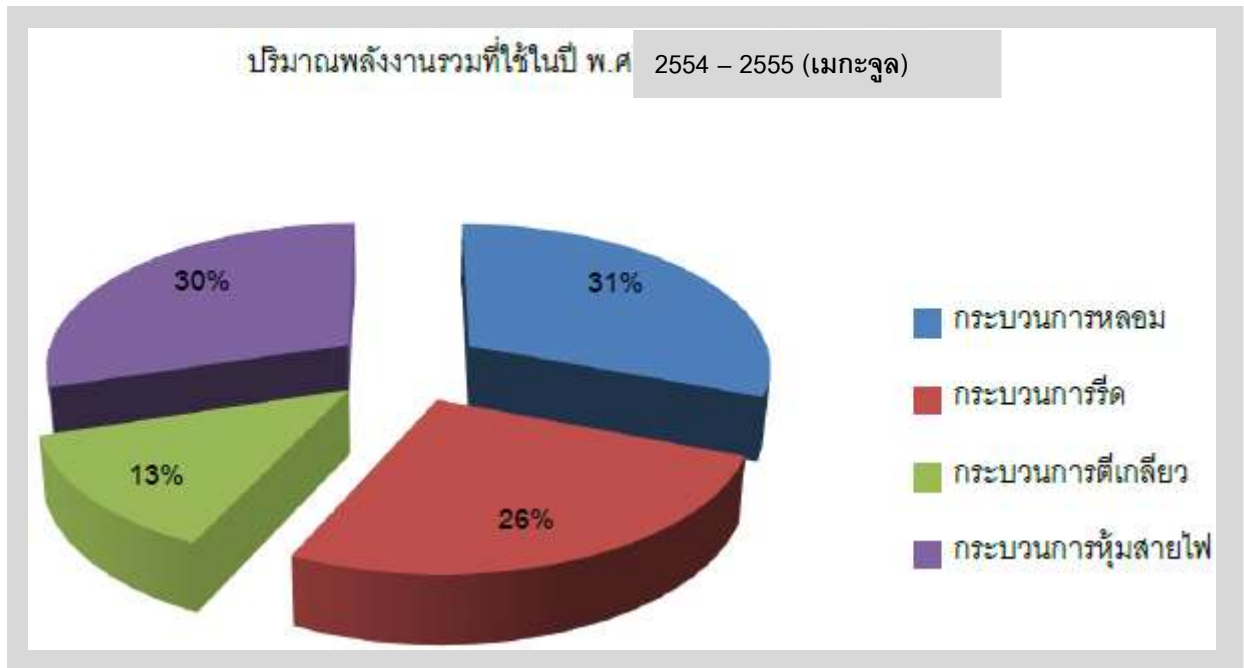


รูปที่ 3 แผนภาพการกระจายของผลผลิต และปริมาณการใช้พลังงานรวมปี พ.ศ. 2554 - 2555

การแสดงผลของกราฟการกระจายและค่า  $R^2$  นี้ ได้แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิตได้ แต่ไม่สามารถบอกได้ว่าโรงงานจะต้องลดการใช้พลังงานจากกระบวนการใด จึงต้องทำการเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานของแต่ละขั้นตอนในกระบวนการผลิต โดยทำการศึกษาทั้ง 4 ขั้นตอน ได้แก่ กระบวนการหลอมอลูมิเนียมโดยใช้เตาเผา, กระบวนการรีด, กระบวนการตีเกลียวสายไฟ และกระบวนการหุ้มสายไฟ โดยนำข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า และเชื้อเพลิงน้ำมันเตา c ปี พ.ศ. 2554 - 2555 แยกตามขั้นตอนการผลิต มาคำนวณหาค่าพลังงานรวมที่ใช้ (เมกะจูล) ตามตารางที่ 2 แล้วนำมาแสดงผลให้เห็นได้อย่างชัดเจนในรูปแบบวงกลม ดังรูปที่ 4

ตารางที่ 2 ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า และเชื้อเพลิงน้ำมันเตา ปี พ.ศ. 2554 - 2555 แยกตามขั้นตอนการผลิต

ปี พ.ศ.	เชื้อเพลิง/พลังงาน	กระบวนการหลอม	กระบวนการรีดอลูมิเนียม	กระบวนการตีเกลียว	กระบวนการหุ้มสายไฟ
2554	น้ำมันเตา C (ลิตร)	952,373	-	-	-
	ไฟฟ้า (กิโลวัตต์ - ชั่วโมง)	-	9,885,563.8	4,822,226	10,232,210.2
	พลังงานรวม (เมกะจูล)	38,094,920	35,588,029.7	17,360,013.6	36,835,956.72
2555	น้ำมันเตา C (ลิตร)	932,033	-	-	-
	ไฟฟ้า (กิโลวัตต์ - ชั่วโมง)	-	7,871,400	4,200,667	10,031,933
	พลังงานรวม (เมกะจูล)	37,281,320	28,337,040	15,122,401.2	36,114,958.8



รูปที่ 4 ปริมาณพลังงานรวมที่ใช้ในกระบวนการผลิต ปี พ.ศ. 2554 – 2555 แยกตามขั้นตอนการผลิต

จากการพิจารณาแผนภูมิวงกลมแสดงปริมาณพลังงานรวมที่ใช้ในกระบวนการผลิต (รูปที่ 4) แล้วพบว่า กระบวนการหลอม เป็นกระบวนการที่มีการใช้พลังงานอย่างสิ้นเปลืองมากที่สุด รองลงมาเป็นกระบวนการหุ้มสายไฟ, กระบวนการรีด และกระบวนการตีเกลียวสายไฟ ตามลำดับ จึงทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของการสิ้นเปลืองพลังงานจากกระบวนการผลิต โดยพิจารณาจากค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ข้อมูลค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการผลิต ปี พ.ศ. 2554 – 2555

ชนิดเครื่องจักร	ค่าประสิทธิผล	พ.ศ. 2554	พ.ศ. 2555
เตาหลอม	OEE	0.55	0.34
	Availability Rate	0.82	0.61
	Performance Efficiency	0.67	0.55
	Quality Rate	1.00	1.00
เครื่องรีดอลูมิเนียม	OEE	0.85	0.80
	Availability Rate	0.90	0.87
	Performance Efficiency	0.94	0.92
	Quality Rate	1.00	1.00
เครื่องตีเกลียวสายไฟ	OEE	0.84	0.88
	Availability Rate	0.93	0.96
	Performance Efficiency	0.90	0.92
	Quality Rate	1.00	1.00
เครื่องหุ้มสายไฟ	OEE	0.81	0.86
	Availability Rate	0.93	0.95
	Performance Efficiency	0.87	0.91
	Quality Rate	1.00	1.00



จากข้อมูลค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรปี พ.ศ. 2554 – 2555 ดังตารางที่ 2 พบว่า ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเตาหลอมมีค่าค่อนข้างต่ำ (ต่ำกว่า 0.60) โดยเฉพาะในปี พ.ศ. 2555 ปรากฏค่าความพร้อมของเครื่องจักร (Availability Rate) และค่าประสิทธิภาพการเดินเครื่อง (Performance Efficiency) ต่ำกว่าปี พ.ศ. 2554 อย่างเห็นได้ชัด ส่งผลให้ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักรต่ำกว่า 0.50 ซึ่งช่วยให้สามารถคาดการณ์ได้ว่า การสูญเสียพลังงานส่วนใหญ่ในกระบวนการผลิตสายไฟ เกิดจากประสิทธิภาพการทำงานของเตาหลอมอลูมิเนียมลดต่ำลง [4] จึงทำการเสนอแนะมาตรการปรับปรุงเตาหลอมอลูมิเนียมให้กับทางโรงงาน ดังนี้

1. ทำการตรวจสอบ และซ่อมแซมจุดที่มีความร้อนรั่วไหลออกจากเตาเผา
2. การควบคุมปริมาณอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ให้เหมาะสม
3. ปรับปรุงอุณหภูมิความร้อน เพื่อลดการสูญเสียเนื่องจากอุณหภูมิภายในเตาที่สูงมาก
4. ทำความสะอาด และบำรุงรักษาหัวเผาให้อยู่ในสภาพดี และพร้อมใช้งานอยู่เสมอ
5. ควบคุมการทำงานของหัวเผาโดย ตรวจสอบความจำเป็นของการใช้งานให้เหมาะสมกับปริมาณหัวเผาที่สามารถใช้งานได้ หากมีปริมาณหัวเผาเกินความจำเป็นอาจ ทำการสลับใช้หัวเผา หรือปิดการใช้งานหัวเผาบางหัวลง หรือทำการปิดหัวเผาบางหัวประมาณ 30 นาที ก่อนหยุดการทำงานเตา
6. ควบคุมความกว้างของการเปิดช่องเตา เพื่อไม่ให้ลมเย็นจากภายนอกเข้าไปในเตา และช่วยลดการแผ่รังสีความร้อนออกจากช่องประตูเตา
7. ควบคุมความดันภายในและภายนอกเตาเผาให้เหมาะสม โดยอาจทำการติดตั้ง Damper/Inverter
8. นำความร้อนจากไอเสียเตาเผากลับมาใช้ประโยชน์ เนื่องจากไอเสียที่ออกจากเตาจะมีอุณหภูมิสูงมาก จึงสามารถนำความร้อนจากไอเสียนี้ไปใช้ได้ เช่น ใช้อุ่นน้ำมันเตาก่อนส่งน้ำมันไปให้ความร้อนเตาเผา หรือนำความร้อนจากไอเสียมาอุ่นอากาศสำหรับผลิตไอน้ำใน Absorption Chiller หรือนำมาอุ่นอลูมิเนียมก่อนส่งแผ่นอลูมิเนียมเข้าเตาเผา เพื่อช่วยลดพลังงานที่ใช้ทำความร้อนในเตา
9. ควบคุมปริมาณน้ำที่ใช้ระบายความร้อนในเตาเผา ไม่ให้มีการระบายความร้อนเกินความจำเป็น
10. พยายามป้อนเหล็กเข้าเตา ในขณะที่เตามีอุณหภูมิสูงที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพื่อลดการการใช้พลังงานของเตาเผา [5]

#### 4. สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาแนวโน้มการใช้พลังงานรวมในกระบวนการผลิตสายไฟของโรงงานตัวอย่าง ปีพ.ศ. 2554 - 2555 โดยอาศัยสมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย และแสดงผลในรูปของกราฟกระจายตัวแล้ว พบว่าแนวโน้มของการใช้พลังงานโดยรวมค่อนข้างสม่ำเสมอ โดยมีค่าความสัมพันธ์เชิงเส้นตรง เท่ากับ 0.795 จึงได้ทำการเปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานของกระบวนการผลิต โดยทำการศึกษาทั้ง 4 ขั้นตอน ได้แก่ กระบวนการหลอม, กระบวนการรีด, กระบวนการตีเกลียวสายไฟ และกระบวนการหุ้มสายไฟ โดยแสดงผลให้เห็นได้อย่างชัดเจนในรูปแบบแผนภูมิวงกลม พบว่า กระบวนการหลอม เป็นกระบวนการที่มีการใช้พลังงานอย่างสิ้นเปลืองมากที่สุด คิดเป็น 31% ของการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตทั้งหมด รองลงมาเป็นกระบวนการหุ้มสายไฟ, กระบวนการรีด และกระบวนการตีเกลียวสายไฟ ตามลำดับ จึงได้ทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของการสิ้นเปลืองพลังงานจากกระบวนการผลิต โดยพิจารณาจากค่าประสิทธิผลโดยรวมของเครื่องจักร พบว่าในปี พ.ศ. 2555 ค่าความพร้อมของเครื่องจักร (Availability Rate) และค่าประสิทธิภาพการเดินเครื่อง (Performance Efficiency) ของเตาหลอมต่ำกว่าปี พ.ศ. 2554 อย่างเห็นได้ชัด ส่งผลให้ค่าประสิทธิผลโดยรวมของเตาหลอมมีค่าค่อนข้างต่ำ เท่ากับ 0.34 (ต่ำกว่า 0.60) [4] ซึ่งทำให้สามารถคาดการณ์ได้ว่า พลังงานส่วนใหญ่ในกระบวนการผลิตสายไฟ เกิดการสูญเสียเนื่องจากประสิทธิภาพการทำงานของเตาหลอมอลูมิเนียมลดต่ำลง จึงทำการเสนอแนะมาตรการลดความสูญเสียพลังงาน

อันเนื่องมาจากการใช้เตาหลอมอลูมิเนียมให้กับทางโรงงาน เพื่อให้ทางโรงงานสามารถนำไปเป็นแนวทางในการปรับปรุงเพื่อลดการใช้พลังงาน และลดต้นทุนทางพลังงานต่อไป

## 5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ได้รับการสนับสนุน และให้คำปรึกษาจาก รศ. สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี จึงขอกราบขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

## บรรณานุกรม

- [1] สำนักพัฒนาทรัพยากรบุคคลด้านพลังงาน. พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานในส่วนที่เกี่ยวข้องกับโรงงานควบคุม และอาคารควบคุม (Energy Conservation Act: Designated Factory & Building). คู่มือผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน (อาคาร)(2553):2-1.
- [2] บุญญรัตน์ แสงปิยะ, จันทนา จันทโร, และไชยะ แซ่มซ้อย. ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในโรงงานควบคุม. วารสารวิจัยพลังงาน 8, 2(2554): 20 – 34.
- [3] พชรมาศ นุ่มดี, จันทนา จันทโร, และไชยะ แซ่มซ้อย. การศึกษาประสิทธิภาพและตรวจติดตามการใช้พลังงานของโรงงานควบคุม. วารสารวิจัยพลังงาน 8, 2(2554): 1 – 10.
- [4] เป็นธิดา มณีโชติ, จันทนา จันทโร, และไชยะ แซ่มซ้อย. การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของโรงงานควบคุม: TSIC 33,36,37 และ 38. วารสารวิจัยพลังงาน 8, 2(2554):12 – 19.
- [5] สำนักพัฒนาทรัพยากรบุคคลด้านพลังงาน. เทคนิคและตัวอย่างมาตรการอนุรักษ์พลังงานในอุตสาหกรรมเหล็ก. โครงการศึกษาเกณฑ์การใช้พลังงานในอุตสาหกรรมเหล็ก(2550):4-1-4-10.
- [6] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. “คู่มือคำแนะนำการจัดทำรายงานการจัดการพลังงานสำหรับโรงงานควบคุม.” [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: <http://www.enconlab.com> 2554.
- [7] ศุภชัย ปัญญาวิรี. การตรวจสอบวิเคราะห์การใช้พลังงานในเตาอุตสาหกรรม(2552): 1 – 39.
- [8] สถาบันเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย. โครงการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานในเตา Reheating Furnace. (กันยายน) (2553): 1 – 50.
- [9] รุจิติ บุญประกอบ. Human Development .TPA news, (17 กรกฎาคม 2554): 36 – 40.