# การศึกษาความเป็นไปได้ในการนำพลังงานความร้อนที่สูญเสียของหม้อไอน้ำกลับมาใช้ใหม่ด้วยชุดแลกเปลี่ยนความร้อน กรณีศึกษาโรงงานทูน่ากระป๋อง

# Feasibility Study of Heat Recovery for Boiler with Heat Exchanger Case Study of Tuna Canned Factory

จิณาภา แซ่เหีย สกนธ์ คล่องบุญจิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

**บทคัดย่อ**

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ของการลดการใช้พลังงานในอุตสาหกรรมอาหาร กรณีศึกษาโรงงานทูน่ากระป๋อง จากการวิเคราะห์การใช้พลังงานในอดีต พบว่าหม้อไอน้ำซึ่งเป็นแหล่งพลังงานความร้อนที่สำคัญของกระบวนการผลิตเป็นอุปกรณ์ที่มีการสูญเสียพลังงานความร้อนในปริมาณมากกับการโบล์วดาวน์ ดังนั้นจึงควรที่จะหาแนวทางที่เป็นไปได้ในการนำพลังงานความร้อนที่สูญเสียนี้กลับมาใช้ด้วยการติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อเพิ่มอุณหภูมิของน้ำป้อนเข้าหม้อไอน้ำ ผลการคำนวณแสดงว่าสามารถเพิ่มอุณหภูมิน้ำป้อนหม้อไอน้ำจาก 53.9 องศาเซลเซียส เป็น 65.3 องศาเซลเซียส คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ 457,608 บาท/ปี และยังพบด้วยว่าสามารถลดค่าดัชนีสมรรถนะการใช้พลังงานร้อนเฉลี่ยของกระบวนการผลิตจากเดิม 3.32 จิกะจูล/ตัน ลดลงเหลือ 3.25 จิกะจูล/ตัน เมื่อทำการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคเชิงเศรษฐศาสตร์การเงินโดยการคำนวณตลอดระยะเวลาโครงการ 5 ปีพบว่าแนวทางนี้มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ 916,599 บาท อัตราผลตอบแทนภายใน 41.14% และสามารถคืนทุนในระยะเวลา 2 ปี 4 เดือน

**คำสำคัญ :** การศึกษาความเป็นไปได้, การวิเคราะห์พลังงาน, แนวทางการประหยัดพลังงาน, การสูญเสียความร้อนในหม้อไอน้ำ, โรงงานทูน่ากระป๋อง

**Abstract**

This research is the feasibility study of energy consumption implementation in food factory : case study of tuna canned factory. From the energy consumption data in the past, the boiler is the important heat energy resource in the manufacturing process and it also losses the waste heat with blow down. So there should be the proper and possible method to recover this wasted heat. This can be done by using the heat exchanger to recover this wasted heat in order to increase the temperature of feed water to boiler. Calculating shows that the temperature these feed water is increased from 53.9 °C to 65.3 °C. It can save the cost of fuel by 457,608 baht/year and it can also decrease the average energy audit of manufacturing process from 3.32 GJ/tons to 3.25 GJ/tons. From financial analysis along five years of project life, this plan has net present value of 916,599 baht, internal rate of return 41.14 % and payback of 2 years and 4 months.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Keywords :** Feasibility study, Energy analysis, Energy saving plan, Boiler waste heat, Tuna canned factory

## 1. บทนำ

อุตสาหกรรมทูน่ากระป๋องถือว่าเป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมการผลิตที่มีการใช้พลังงานค่อนข้างสูง เมื่อเปรียบเทียบกับอุตสาหกรรมอื่นๆ [1] โดยพลังงานที่ใช้ในอุตสาหกรรมทูน่ากระป๋องสามารถแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือพลังงานไฟฟ้า และพลังงานความร้อนจากเชื้อเพลิงต่างๆ [2] ซึ่งจากการวิเคราะห์ค่าดัชนีสมรรถนะการใช้พลังงานพบว่า สัดส่วนการใช้พลังงานความร้อนมีปริมาณสูงกว่าพลังงานไฟฟ้า เพื่อวิเคราะห์หาแนวทางที่เป็นไปได้รวมถึงเทคโนโลยีในการประหยัดค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงานความร้อน โดยไม่ทำให้กระบวนการผลิตลดลงและไม่ทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์เปลี่ยนแปลงไปนั้น มีเทคนิคและวิธีการลดการใช้พลังงานได้หลายวิธี ดังตัวอย่าง เช่น การจัดการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ (เช่น การใช้จำนวนหม้อไอน้ำที่น้อยลง [3] และลดเวลาในการใช้ไอน้ำไล่อากาศ [4]) และการปรับปรุงระบบอุปกรณ์หรือกระบวนการผลิตเดิม (เช่น การหุ้มฉนวนบริเวณท่อและอุปกรณ์ต่าง ๆ [5] และการนำความร้อนทิ้งและคอนเดนเสทกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ [6])

สำหรับงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการลดการใช้พลังงานความร้อนด้วยการกำหนดแนวทางที่เป็นไปได้รวมถึงเทคโนโลยีในการประหยัดค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงานความร้อนลงประมาณ 2% ในโรงงานกรณีศึกษา ก่อนที่จะนำแนวทางดังกล่าวไปปฏิบัติจริง

## 2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 หลักการและขั้นตอนการศึกษาความเป็นไปได้

การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ หมายถึง การศึกษารายละเอียดของต้นทุน และค่าใช้จ่ายต่าง ๆ โดยเปรียบเทียบกับผลตอบแทนที่จะได้รับจากโครงการและแผนงานต่าง ๆ ว่ามีความเป็นไปได้ มีประสิทธิภาพ และเกิดประสิทธิผลตรงตามวัตถุประสงค์และเป้าหมายที่ตั้งไว้จากการดำเนินการตามโครงการ ซึ่งโครงการจะมีความคุ้มค่าก็ต่อเมื่อผลตอบแทนของโครงการมีค่าสูงกว่าค่าใช้จ่ายที่ลงทุน จึงถือว่าเป็นโครงการที่ดี [7]

### 2.2 ความหมายของการประหยัดพลังงาน

การประหยัดพลังงานในโรงงาน หมายถึงการจัดการด้านการใช้พลังงานเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดโดยไม่มีผลเสียต่อกระบวนการผลิต จากการลดการสูญเสียพลังงานและการใช้พลังงานให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ซึ่งทำให้เกิดผลดีต่อกระบวนการผลิต คือสามารถลดต้นทุนด้านพลังงาน เพิ่มอายุการใช้งานของเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ลดการเกิดอุบัติเหตุและการหยุดเครื่องจักรในขณะปฏิบัติงาน และยังส่งผลดีทางอ้อม คือสามารถช่วยประหยัดการใช้พลังงานของประเทศอีกด้วย [1]

### 2.3 การวิเคราะห์ระบบความร้อน

จากกฎการอนุรักษ์พลังงาน (Law of energy conservation) ซึ่งกล่าวได้ว่า ในกระบวนการเปลี่ยนแปลงต่างๆ นั้นพลังงานจะไม่ถูกสร้างขึ้นมาใหม่และไม่มีการสูญหาย แต่พลังงานจะสามารถเปลี่ยนแปลงไปเป็นพลังงานอีกรูปหนึ่งได้ แสดงดังสมการที่ 1 ซึ่งจะบ่งบอกถึงการเปลี่ยนแปลงพลังงานที่เกิดขึ้นภายในระบบต่างๆ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงทั้งทางเคมีและทางกายภาพ [8]

$$Q - W = \Delta E \qquad (1)$$

โดย $\Delta E$ คือ การเปลี่ยนแปลงพลังงานรวมของระบบ

W คือ งานสุทธิที่เกิดขึ้นทุกรูปแบบ

Q คือ ความร้อนสุทธิที่ผ่านเข้าออกขอบเขตของระบบระหว่างของไหลทั้งสองชนิด สามารถหาได้จากสมการที่ 2

$$Q = mC_p\Delta T \qquad (2)$$

### 2.4 หลักการทำงานของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนประกอบด้วยโครงสร้างที่ยึดแผ่นถ่ายเทความร้อนสำหรับสร้างช่องของตัวกลาง 2 ชนิด ซึ่งจะมีฉนวนปิดช่องเหล่านี้อยู่ โดยที่ของเหลวหรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก๊าซจะไหลในลักษณะสวนทางกันระหว่างแผ่นที่เรียงติดกันเพื่อทำการแลกเปลี่ยนความร้อน [9]

## 3. อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. กล้องถ่ายภาพความร้อน (Thermal imaging camera) ยี่ห้อ FILR รุ่น FLIR I3 ใช้สำหรับการตรวจจับวัดอุณหภูมิความร้อนแสดงดังรูปที่ 1 ซึ่งมีช่วงการวัดอุณหภูมิอยู่ที่ -20 ถึง 250 องศาเซลเซียส ความละเอียด 60 x 60 (3600 pixels)

**รูปที่ 1** กล้องถ่ายภาพความร้อน

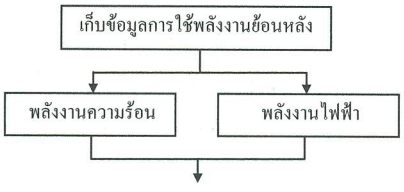
2. Thermo gauge ยี่ห้อ Nuova fima รุ่น P40A-D-6BAR ใช้สำหรับตรวจวัดอุณหภูมิ และความดันตามจุดต่างๆ แสดงดังรูปที่ 2 โดยจะติดตั้งบริเวณที่ต้องการทราบค่าของอุณหภูมิ และความดัน

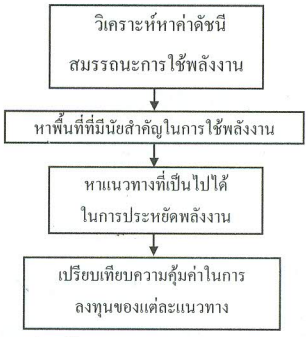
**รูปที่ 2** Thermo gauge

โดยการเข้าไปสำรวจและเก็บบันทึกข้อมูลต่าง ๆ โดยใช้อุปกรณ์และเครื่องมือที่กล่าวมาข้างต้น เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัดไปใช้ในคำนวณหาค่าพลังงานความร้อนที่สามารถประหยัดได้ เมื่อดำเนินการตามแนวทางการลดการใช้พลังงาน

## 4. ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

แผนผังวิธีการและขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยแสดงดังรูปที่ 3 สำหรับหาแนวทางในการลดการใช้พลังงาน และเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานของกระบวนการผลิต



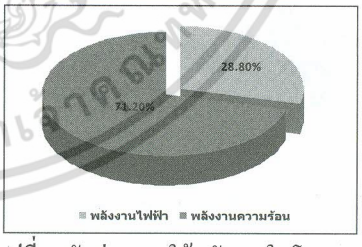

**รูปที่ 3** ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

### 4.1 เก็บข้อมูลการใช้พลังงานย้อนหลัง

ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลย้อนหลังตั้งแต่ มกราคม พ.ศ. 2552 จนถึง พฤษภาคม พ.ศ. 2554 เพื่อทำให้ทราบถึงปริมาณพลังงานที่ใช้ และปริมาณผลผลิตที่ได้ในกระบวนการผลิต ซึ่งจากข้อมูลสามารถแบ่งตามรูปแบบของพลังงานได้เป็นพลังงานไฟฟ้า และพลังงานความร้อน

### 4.2 วิเคราะห์หาค่าดัชนีสมรรถนะการใช้พลังงาน

นำข้อมูลการใช้พลังงานย้อนหลังในอดีตทั้งหมดมาวิเคราะห์หาค่าดัชนีสมรรถนะการใช้พลังงาน (Energy audit) ซึ่งจะเป็นตัวบ่งชี้ถึงสัดส่วนการใช้พลังงาน พบว่าสัดส่วนการใช้พลังงานความร้อนเฉลี่ย 71.20% และพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 28.80% แสดงดังรูปที่ 4 ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเลือกพิจารณาพลังงานความร้อน




**รูปที่ 4** สัดส่วนการใช้พลังงานในโรงงาน

### 4.3 วิเคราะห์หาพื้นที่ที่มีนัยสำคัญในการใช้พลังงาน

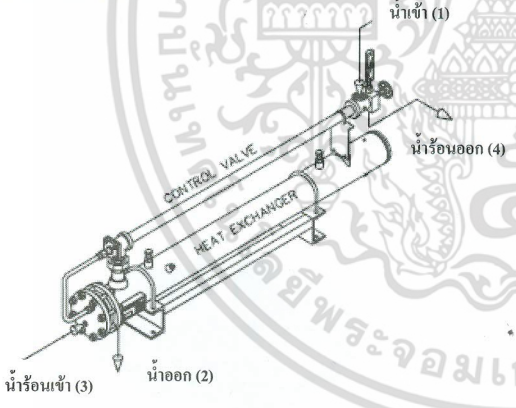
จากการวิเคราะห์การใช้พลังงานความร้อนอย่างไม่มีประสิทธิภาพในพื้นที่ที่มีนัยสำคัญ พบว่าสัดส่วนการใช้พลังงานความร้อนสามารถแบ่งเป็น 3 ส่วนหลัก คือ หม้อฆ่าเชื้อ (Retort) 60% ตู้นึ่งปลา (Precooker) 30% และอื่น ๆ 10% ซึ่งทั้ง 3 กระบวนการนี้ใช้พลังงานความร้อนจาก เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แหล่งเดียวกัน คือ หม้อไอน้ำ (Boiler) และใช้ Natural Gas เชื้อเพลิง

**4.4 หาแนวทางที่เป็นไปได้ในการประหยัดพลังงาน**

เมื่อวิเคราะห์แหล่งพลังงานความร้อน Boiler พบว่ายังมีการสูญเสียพลังงานเกิดขึ้น ซึ่งหลังจากพิจารณาโครงสร้างของ Boiler เพื่อที่จะได้นำมาหาแนวทางที่เป็นไปได้รวมถึงเทคโนโลยีในการประหยัดพลังงาน พบว่าสามารถกำหนดแนวทางในประหยัดพลังงานที่สูญเสีย โดยการติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger) โดยใช้ Model : CBLE700-350-150 (3 units) แบบ Shell&Tube ซึ่งความดันที่ใช้งานทนได้ถึง 9.5 บาร์ และอุณหภูมิ 182 องศาเซลเซียส โดยสามารถรับอัตราการไหลของน้ำ Blow down ได้ถึง 40.9 ลิตร/นาที และน้ำปกติที่เข้ามาแลกเปลี่ยนได้ถึง 591 ลิตร/นาที แสดงดังรูปที่ 5 เพิ่มอีก 1 ตัว โดยนำความร้อนที่สูญเสียจากการปล่อยน้ำทิ้งของหม้อไอน้ำ (Blow Down) กลับมาใช้ใหม่โดยผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน เพื่อเพิ่มอุณหภูมิของน้ำป้อนเข้าหม้อไอน้ำ




**รูปที่ 5** เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน Model :CBLE700-350-150

พิจารณาแนวทางดังกล่าว โดยการเปรียบเทียบก่อนดำเนินการกับภายหลังดำเนินการตามแนวทางว่าสามารถลดการใช้พลังงานลง ซึ่งจะส่งผลต่อกระบวนการผลิตทำให้มีค่าใช้จ่ายด้านพลังงานลดลงเช่นกัน

**5. ผลการดำเนินงาน**

1. จากการเก็บรวบรวมข้อมูลย้อนหลังในอดีตของกระบวนการผลิตตั้งแต่ มกราคม พ.ศ. 2552 จนถึง พฤษภาคม พ.ศ. 2554 จากเอกสารใบเสร็จค่าใช้จ่ายพลังงาน และปริมาณผลผลิตที่ได้ประจำเดือน ทำให้ทราบถึงสัดส่วนการใช้พลังงานระหว่างพลังงานความร้อนและพลังงานไฟฟ้า ดังนั้นจึงเลือกพิจารณาพลังงานความร้อนเพราะมีการใช้พลังงานที่สูงกว่า โดยจากการคำนวณพบว่าปริมาณเชื้อเพลิง (NG) เฉลี่ยที่ใช้ 188 MBTU/วัน และมีราคาพลังงานความร้อนเฉลี่ยอยู่ที่ 360.73 บาท/MBTU

2. เมื่อคำนวณค่าดัชนีสมรรถนะการใช้พลังงานความร้อนเฉลี่ยของกระบวนการผลิตโดยแสดงวิธีการคำนวณตามสมการที่ 3 ดังนี้ ค่าดัชนีสมรรถนะการใช้พลังงานความร้อนเท่ากับ 149,521.281/44,962 (3) มีค่าเท่ากับ 3.32 จิกะจูล/ตัน

จากการเข้าไปสำรวจและเก็บข้อมูลเบื้องต้นในโรงงานทูน่ากระป๋อง กรณีศึกษา ณ ปัจจุบันโดยใช้เครื่องมือวัดค่าต่าง ๆ ซึ่งรายละเอียดของข้อมูลต่าง ๆ แสดงตามตารางที่ 1 เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการคำนวณต่อไป

**ตารางที่ 1** ข้อมูลกระบวนการผลิตของโรงงานทูน่ากระป๋อง

| รายการ | |
|---|---|
| Water capacity (kg/day) | 90,000 |
| อัตราการไหลของน้ำ (kg/sec) | 1.53 |
| อัตราการไหลของน้ำร้อน (kg/sec) | 0.67 |
| อุณหภูมิของน้ำเข้า (°C) [ (1) รูปที่ 5] | 35.0 |
| อุณหภูมิของน้ำออก (°C) [ (2) รูปที่ 5] | 53.9 |
| อุณหภูมิน้ำร้อนเข้าจากการ Blow down (°C) [ (3) รูปที่ 5] | 161.5 |
| อุณหภูมิน้ำร้อนออกจากการ Blow down (°C) [ (4) รูปที่ 5] | 85.6 |
| ค่าความจุความร้อนของน้ำ (kJ/kg°C) | 4.18 |
| ค่าความจุความร้อนของน้ำร้อน (kJ/kg°C) | 4.20 |

เมื่อวิเคราะห์อย่างละเอียดพบว่า พลังงานความร้อนที่สูญเสียจากการปล่อยน้ำทิ้งของหม้อไอน้ำ (Blow down) มีปริมาณสูงถึง 454.46 กิโลวัตต์ ซึ่งระบบเดิมสามารถนำความร้อนจากการสูญเสียกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ได้ 213.58 กิโลวัตต์ ทำให้ยังเหลือพลังงานความร้อนที่ทิ้งไปอีกถึง 240.88 กิโลวัตต์

3. กำหนดแนวทางในการลดการสูญเสียพลังงานโดยการติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน เพื่อนำพลังงานความร้อนที่สูญเสียจากการปล่อยน้ำทิ้งของหม้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

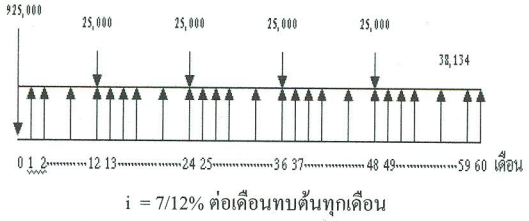
ไอน้ำ กลับมาใช้ใหม่ได้อีก 72.91 กิโลวัตต์ เพื่อเพิ่มอุณหภูมิของน้ำป้อนเข้าหม้อไปน้ำจากเดิม 53.9 องศาเซลเซียส เป็น 65.3 องศาเซลเซียส เมื่อนำข้อมูลไปคำนวณเพื่อประเมินศักยภาพการประหยัดพลังงานที่ต้องลงทุน พบว่า สามารถประหยัดพลังงานความร้อนได้ 38,134 บาท/เดือน (ประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานลงได้ 2.16% เทียบกับค่าใช้จ่ายเดิม) และยังทำให้ค่าดัชนีสมรรถนะการใช้พลังงานร้อนเฉลี่ยของกระบวนการผลิตลดลงจากเดิม 3.32 จิกะจูล/ตัน เหลือ 3.25 จิกะจูล/ตัน โดยจะต้องเสียค่าใช้จ่ายในการดำเนินการทั้งสิ้นตลอดระยะเวลาโครงการ 5 ปีของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน แสดงรายการตามตารางที่ 2

ตารางที่ 2 งบประมาณค่าใช้จ่ายของโครงการ

| รายการ | ราคา (บาท) |
|---|---|
| ค่าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนรุ่น CBLE700-350-150 | 765,000 |
| ค่าติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน | 160,000 |
| ค่าบำรุงรักษาต่อปี | 25,000 |

**หมายเหตุ ข้อมูลค่าบำรุงรักษาต่อปีได้มาจากบริษัท บุญเยี่ยมและสหาย จำกัด ซึ่งเป็นบริษัทผู้ผลิต

4. ผลการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ โดยการวิเคราะห์และประเมินแนวทางด้วยเทคนิคเชิงเศรษฐศาสตร์การเงินโดยการคำนวณตลอดระยะเวลาโครงการ 5 ปี ซึ่งสามารถเขียนแผนภาพกระแสเงินสดได้ดังรูปที่ 6 ที่ค่าอัตราคิดลด (Discount rate) 7% [10] ดังนั้นค่าอัตราผลตอบแทนภายในตามทฤษฎีที่คำนวณได้จะต้องมีค่ามากกว่าค่าอัตราคิดลด และต้องมีค่ามากกว่าประมาณ 13-15% เพื่อเตรียมรับความผันผวนทางเศรษฐกิจที่อาจเกิดขึ้นได้ [11] โดยเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินความเป็นไปได้ของโครงการแสดงดังตารางที่ 3 ซึ่งผลที่ได้จากการคำนวณวิเคราะห์การลงทุนของโครงการแสดงดังตารางที่ 4




i = 7/12% ต่อเดือนทบต้นทุกเดือน

**รูปที่ 6** แผนภาพกระแสเงินสด (Cash Flow Diagram)

ตารางที่ 3 เกณฑ์ในการการประเมินความเป็นไปได้ของโครงการ

| เกณฑ์ในการพิจารณา | ความคุ้มค่าในการลงทุน |
|---|---|
| NPV | ≥0 |
| PB | ≤Life time |
| IRR | >Discount rate |

**ตารางที่ 4** การวิเคราะห์การลงทุน

| รายการ | มูลค่า |
|---|---|
| มูลค่าเงินปัจจุบันสุทธิ (NPV) | 916,599 บาท |
| ระยะเวลาคืนทุน | 2 ปี 4 เดือน |
| อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) | 41.14% |

จากตารางที่ 4 จะเห็นได้ว่าตลอดระยะเวลาโครงการ 5 ปีในลดการใช้พลังงานในโรงงานทูน่ากระป๋อง พบว่า มูลค่าเงินปัจจุบันสุทธิ 916,599 บาท อัตราผลตอบแทนภายใน 41.14% และสามารถให้ผลกำไรตอบแทนภายในระยะเวลา 2 ปี 4 เดือน ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีความคุ้มค่าต่อการลงทุนตามหลักการเศรษฐศาสตร์

## 6. สรุปผล

จากการศึกษาความเป็นไปได้เพื่อลดการใช้พลังงานในโรงงานทูน่ากระป๋อง เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานในอดีต พบว่ามีรูปแบบการใช้พลังงาน 2 รูปแบบด้วยกันคือ พลังงานความร้อน และพลังงานไฟฟ้า ซึ่งมีสัดส่วนการใช้พลังงานคิดเป็น 71.20% และ 28.80% ตามลำดับ ดังนั้นจึงเลือกพิจารณาพลังงานความร้อนเพราะมีการใช้พลังงานที่สูงกว่า ซึ่งจะเห็นได้ว่าหม้อไอน้ำเป็นแหล่งพลังงานความร้อนที่สำคัญของกระบวนการผลิตและใช้ Natural Gas เป็นเชื้อเพลิง จากการเข้าไปสำรวจพบว่า กระบวนการผลิตไอน้ำยังมีการสูญเสียพลังงานเกิดขึ้น ดังนั้นถ้าลดการสูญเสียพลังงานก็จะทำให้สามารถลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงลง ทำให้สามารถลดค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงาน จึงเป็นที่มาของการวิเคราะห์หาแนวทางที่เป็นไปได้ในการประหยัดพลังงานที่สูญเสีย โดยในงานวิจัยนี้ได้ทำการติดตั้งเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน เพื่อนำพลังงานที่สูญเสียจากการโบล์วดาวน์ของหม้อไอน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลับมาผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อเพิ่มอุณหภูมิของน้ำป้อนหม้อไอน้ำ ซึ่งจากการคำนวณพบว่า สามารถช่วยเพิ่มอุณหภูมิน้ำป้อนหม้อไอน้ำจาก 53.9 องศาเซลเซียส เป็น 65.3 องศาเซลเซียส โดยสภาพปัจจุบันมีต้นทุนการใช้พลังงานเฉลี่ยอยู่ที่ 188 MBTU/วัน ดังนั้นสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานความร้อนได้ 2.16% เทียบกับค่าใช้จ่ายพลังงานเดิม ซึ่งคิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ 38,134 บาท/เดือน และเมื่อประเมินมาตรการดังกล่าวพบว่าสามารถลดค่าดัชนีสมรรถนะการใช้พลังงานร้อนเฉลี่ยของกระบวนการผลิตจากเดิม 3.32 จิกะจูล/ตัน เหลือ 3.25 จิกะจูล/ตัน และจากการวิเคราะห์และประเมินผลด้วยเทคนิคเชิงเศรษฐศาสตร์การเงินตลอดระยะเวลาโครงการ 5 ปีพบว่ามีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ 916,599 บาท อัตราผลตอบแทนภายใน 41.14% และสามารถคืนทุนในระยะเวลา 2 ปี 4 เดือน แสดงให้เห็นว่าแนวทางนี้เป็นแนวทางการลดการใช้พลังงานที่มีความเป็นไปได้ ซึ่งถ้านำไปปฏิบัติจริงจะทำให้สามารถดึงพลังงานความร้อนที่สูญเสียกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ได้อีก 30.27%

**7. เอกสารอ้างอิง**


[1] นภดล สุทธิปัญโญ, "การศึกษาค่าการใช้พลังงานจำเพาะในโรงงานอุตสาหกรรม กรณีศึกษาอุตสาหกรรมหล่อโลหะ," วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2553.

[2] บริษัท เอ็น แอนด์ เอ็น แมเนจเมนท์ จำกัด หรือ ENMA, "การกำหนดเป้าหมายการอนุรักษ์พลังงาน," [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.enmathai.com/eknowledge_detail.php?news_id=4. 2552.

[3] Maheshwari G.P and Al-Hadban Y, "Energy-efficient operation strategy for industrial boilers," Energy Department, Engineering Division, Kuwait Institute for Scientific Research, pp. 91-99, 2001.

[4] สุดสาคร นุ้ยดี, "การศึกษาแนวทางการประหยัดพลังงานและลดความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดในโรงงานทูน่ากระป๋อง," วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงาน, บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2538.

[5] Ungcharoen M, "Energy Conservation in an Auto part Manufacturing Company," ASEAN Conference on Energy Conservation, Chiangmai, pp. 40, 1996.

[6] สุพจน์ เลียดประถม, "การศึกษาแนวทางประหยัดพลังงานความร้อนในโรงงานผลิตอาหารกระป๋อง," วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงาน, บัณฑิตวิทยาลัย, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2532.

[7] สุภาพร พิศาลบุตร, "การวางแผนและการบริหารโครงการ," พิมพ์ครั้งที่ 5, กรุงเทพมหานคร, โครงการศูนย์หนังสือมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต, 2549.

[8] ฟิสิกส์ราชมงคล, "กฎข้อที่หนึ่งของเทอร์โมไดนามิกส์," [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.rmutphysics.com/physics1/physic1heat/chap18/. 2554.

[9] กองฝึกอบรมกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, "อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน," [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : www2.dede.go.th/bhrd/old/web_display/websemple/.../39_thai.swf. 2554.

[10] ภูรี สิรสุนทร, "การประเมินผลกระทบทางเศรษฐศาสตร์จากการแปรรูปรัฐวิสาหกิจโดยการกระจายหุ้นในตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย," เศรษฐศาสตร์ธรรมศาสตร์, ปีที่ 26, ฉบับที่ 4, หน้า 31-41, ธันวาคม, 2551.

[11] มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม, "ประสบการณ์ในการบริหารโครงการ ESCO Fund," [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก : http://www.efe.or.th/datacenter/banner /banner1317788306.pdf. 2554.


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้