การศึกษาพลังงานทางเลือกโดยการใช้เทคโนโลยีการแปรสภาพถ่านหินเป็นแก๊สสำหรับเตาเผาในอุตสาหกรรมเหล็ก

นางสาวพุทธิพร เล็กขาว

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2555

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository(CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

A STUDY OF ALTERNATIVE ENERGY BY USING COAL GASIFICATION TECHNOLOGY IN REHEATING FURNACE FOR STEEL INDUSTRY

Miss Puttiporn Legkhow

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering Program in Industrial Engineering

Department of Industrial Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2012

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาพลังงานทางเลือกโดยการใช้เทคโนโลยีการแปรสภาพถ่านหินเป็นแก๊สสำหรับเตาเผาในอุตสาหกรรมเหล็ก
โดย	นางสาวพุทธิพร เล็กขาว
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ ตั้งจิตสิตเจริญ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์.ดร. สมชาย พัวจินดาเนตร)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ ตั้งจิตสิตเจริญ)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร.ณัฐเดช เฟื่องวรวงศ์)

พุทธิพร เล็กขาว : การศึกษาพลังงานทางเลือกโดยการใช้เทคโนโลยีการแปรสภาพถ่านหินเป็นแก๊สสำหรับเตาเผาในอุตสาหกรรมเหล็ก. (A study of alternative energy by using coal gasification technology in reheating furnace for steel industry) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รศ.ดร.สมเกียรติ ตั้งจิตสิตเจริญ , 216 หน้า.

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ สามารถเลือกขนาดของเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินให้เหมาะสมสำหรับเตาเผาเหล็กที่กำลังการผลิตแตกต่างกันโดยใช้การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายเบื้องต้นที่ต่ำสุดของการใช้เครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหิน และเพื่อเปรียบเทียบการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเตาและการใช้เชื้อเพลิงแก๊สจากถ่านหินในเตาเผาเหล็ก โดยการวิเคราะห์จากส่วนเพิ่มของมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ที่ขนาดของเตาอุ่นเหล็ก 50, 30 และ 12 ตันต่อชั่วโมง ในที่นี้ใช้ถ่านหินโจร่งเป็นถ่านหินที่ใช้พิจารณาทดแทนน้ำมันเตาด้วยเทคโนโลยี การผลิตแก๊สจากถ่านหิน โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากโรงงานตัวอย่าง เพื่อคำนวณหาประสิทธิภาพของเตาอุ่นเหล็กมีประสิทธิภาพเป็น 42.50 % , 44.61 % และ 29.38% ตามลำดับ พบว่าหากมีการใช้เชื้อเพลิงถ่านหินทดแทนน้ำมันเตาแบบเดิมจะสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายทางด้านเชื้อเพลิงได้ทุกขนาดเตา และจากผลการวิเคราะห์ขนาดเตาผลิตแก๊สจากถ่านหินสำหรับขนาดเตาอุ่นเหล็ก 50 ตันต่อชั่วโมงเหมาะสมกับ เตาผลิตแก๊สจากถ่านหินโมเดล Q.M. 2.6 จำนวน 3เครื่อง , 30 ตันต่อชั่วโมง เตาผลิตแก๊สจากถ่านหินโมเดล Q.M. 2.4 จำนวน 2 เครื่อง และ ที่ขนาด 12 ตันต่อชั่วโมง เตาผลิตแก๊สจากถ่านหินโมเดล Q.M. 1.6 จำนวน 3 เครื่อง จากการวิเคราะห์ Incremental NPV Anlysis พบว่ามีค่า NPV เป็น 1,021,874,468.15 บาท 738,066,134.97 บาท และ 503,013,683.63 บาท ตามลำดับ จากผลการวิเคราะห์พบว่าระบบมีความคุ้มค่าในการลงทุนทุกระบบ และได้มีการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการที่ปัจจัยด้านราคาถ่านหินและที่ปัจจัยด้านค่าใช้จ่ายของการลงทุน พบว่าราคาถ่านหินและค่าลงทุน จะไม่ทำให้ค่า NPV การติดตั้งระบบมีค่าเป็นลบ

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

ปีการศึกษา 2555

5370311321 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEYWORDS : COAL GASIFICATION /INCREMENTAL ANALYSIS /STEEL /NET PRESENT VALUE

PUTTIPORN LEGKHOW : A STUDY OF ALTERNATIVE ENERGY BY USING COAL GASIFICATION TECHNOLOGY IN REHEATING FURNACE FOR STEEL INDUSTRY. ADVISOR : ASSOC. PROF. SOMKIAT TANGJITSITCHAROEN, Ph.d., 216 pp.

The aim of this research is to be able to select the suitable size of the coal gasification for the reheating furnaces, which are the different productivity. An analysis of the lowest primary expenses is performed for each size of the coal gasification.The use of the fuel oil and the gas from the coal is compared in the reheating furnace by analyzing the incremental net present value (NPV) at the diffent heating capacities of 50, 30 and 12 tons per hour. In this research, the jorong was used to compensate the fuel oil by employing the gas production technology with the coal in order to collect the information from the selected industries to calculate the efficiency of the furnaces, which are 42.50 %, 44.61 % and 29.38%, respectively. If the coal is used to compensate the traditional fuel oil, it could save the fuel cost for every size of the furnace. Therefore, the sizes of the coal gasification are analyzed for each reheating furnace.The reheating furnace of 50 tons per hour is appropriate for 3 units of the coal gasification furnace (model Q.M. 2.6), while the reheating furnace of 30 tons per hour is proper for 2 units of the coal gasification furnace (model Q.M. 2.4), and the reheating furnace of 12 tons per hour is suitable for the reheating furnace of 3 units of the coal gasification furnace (model Q.M. 1.6). According to the incremental NPV analysis of those reheating furnaces of 50, 30 and 12 tons per hour, they equal to 1,021,874,468.15 baht, 738,066,134.97 baht and 503,013,683.63 baht, respectively. According to the sensitivity analysis of the the coal price and the investment cost, it showed that they do not make the NPV of the system installation to be negative. It is understood that, the system is worthwhile to be invested.

Department : Industrial Engineering Student's Signature .....

Field of Study : Industrial Engineering Advisor's Signature .....

Academic Year : 2012

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี โดยความช่วยเหลือจากรองศาสตรจารย์ ดร. สมเกียรติ ตั้งจิตสิตเจริญ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และดร. ณัฐเดช เฟื่องวรวงศ์ ซึ่งทั้งสองท่านได้เสียสละเวลาให้คำปรึกษ คำแนะนำ ตลอดจนข้อคิดต่างๆ ตลอดระยะเวลาการจัดทำการจัดทำงานวิจัย

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. สมชาย พัวจินดาเนตร ประธานกรรมการ สอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำและตรวจแก้ไขข้อบกพร่อง พร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะที่มีประโยชน์ในการทำวิทยานิพนธ์ ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความถูกต้องและสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ คุณอณัติ จิตรานุเคราะห์ ที่คอยสนับสนุนให้ความช่วยเหลือให้ความรู้เกี่ยวกับข้อมูลของโรงงานผลิตเหล็กตัวอย่างเป็นอย่างดี

ท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอพระคุณ บิดา มารดาและครอบครัว ที่คอยสนับสนุนและให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์เสมอมา และขอขอบคุณ พี่ เพื่อน และผู้เกี่ยวข้องที่ไม่ได้กล่าว ณ ที่นี้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญรูป ..... ฎ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 7
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 7
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 8
1.5 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย 8
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 9
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 9
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 30
บทที่ 3 วิธีการวิจัย 42
3.1 กรอบแนวความคิด 42
3.2 ระเบียบวิธีการวิจัย 43
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ 55
4.1 การวิเคราะห์หาปริมาณถ่านหินในแต่ละขนาดกำลังการผลิต 55
4.2 การเลือกขนาดเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินให้เหมาะสมในแต่ละขนาดกำลังการผลิต 66
4.3 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ 76
บทที่ 5 สรุปผลการวิเคราะห์และข้อเสนอแนะ 95
5.1 สรุปผลการวิจัย 95
5.2 อภิปรายผลการวิจัย 98
5.3 ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะจากการศึกษาวิจัย 100

หน้า

รายการอ้างอิง 102
ภาคผนวก 107
ภาคผนวก ก ข้อมูลการตรวจวัด 108
ภาคผนวก ข ค่าจำเพาะของโลหะ 141
ภาคผนวก ค เครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหิน Coal gasification ของโรงงานตัวอย่าง 143
ภาคผนวก ง ต้นทุนค่าใช้จ่ายผลประโยชน์โครงการแต่ละประเภท 149
ภาคผนวก จ การวิเคราะห์เปรียบเทียบเชื้อเพลิง 215
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 216

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2. 1 ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงแต่ละประเภท 14
ตารางที่ 2. 2 ประเภทของถ่านหินตามศักดิ์ 19
ตารางที่ 2. 3 ชนิดและมลสาร 22
ตารางที่ 2. 4 การทำความสะอาดมลสารแต่ละชนิด 23
ตารางที่ 3. 1 ข้อมูลที่ใช้ในการหาสมการ 45
ตารางที่ 3. 2 ข้อมูลเฉลี่ยของโรงงานตัวอย่างที่เตาอุ่นเหล็ก ขนาด 50 ตันต่อชั่วโมง.....47
ตารางที่ 3. 3 เงินเดือนเฉลี่ยของพนักงาน 52
ตารางที่ 3. 4 ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นตลอดอายุ 10 ปี.....53
ตารางที่ 4. 1 ตารางข้อมูลเฉลี่ยจากการเก็บข้อมูล 5 ครั้ง ที่กำลังการผลิต 50 ตันต่อชั่วโมง 57
ตารางที่ 4. 2 ตารางข้อมูลเฉลี่ยจากการเก็บข้อมูล 5 ครั้ง ที่กำลังการผลิต 30 ตันต่อชั่วโมง 57
ตารางที่ 4. 3 ตารางข้อมูลเฉลี่ยจากการเก็บข้อมูล 5 ครั้ง ที่กำลังการผลิต 12 ตันต่อชั่วโมง 57
ตารางที่ 4. 4 ปริมาณถ่านหินที่ใช้ทดแทนน้ำมันเตาแต่ละกำลังการผลิต 58
ตารางที่ 4. 5 ค่าใช้จ่ายทางด้านเชื้อเพลิง ที่กำลังการผลิตของเตาอุ่นเหล็ก
ขนาด 50 ตันต่อชั่วโมงเมื่อมีประสิทธิภาพที่เปลี่ยนแปลงไป.....61
ตารางที่ 4. 6 ค่าใช้จ่ายทางด้านเชื้อเพลิง ที่กำลังการผลิตของเตาอุ่นเหล็ก
ขนาด 30 ตันต่อชั่วโมงเมื่อมีประสิทธิภาพที่เปลี่ยนแปลงไป.....62
ตารางที่ 4. 7 ค่าใช้จ่ายทางด้านเชื้อเพลิง ที่กำลังการผลิตของเตาอุ่นเหล็ก
ขนาด 12 ตันต่อชั่วโมงเมื่อมีประสิทธิภาพที่เปลี่ยนแปลงไป.....64
ตารางที่ 4. 8 จำนวนเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาที่
ขนาดเตาอุ่นเหล็ก 50 ตันต่อชั่วโมง.....66
ตารางที่ 4. 9 ค่าใช้จ่ายเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาที่
ขนาดเตาอุ่นเหล็ก 50 ตันต่อชั่วโมง.....67
ตารางที่ 4. 10จำนวนเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาที่
ขนาดเตาอุ่นเหล็ก 30 ตันต่อชั่วโมง.....69
ตารางที่ 4. 11ค่าใช้จ่ายเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาที่
ขนาดเตาอุ่นเหล็ก 30 ตันต่อชั่วโมง.....70

หน้า

ตารางที่ 4. 12จำนวนเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาที่
ขนาดเตาอุ่นเหล็ก 12 ตันต่อชั่วโมง 73
ตารางที่ 4. 13ค่าใช้จ่ายเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาที่
ขนาดเตาอุ่นเหล็ก 12 ตันต่อชั่วโมง 74
ตารางที่ 4. 14ค่าใช้จ่ายรวมที่พิจารณา 76
ตารางที่ 4. 15ค่าลงทุนที่ขนาดเตาอุ่นเหล็ก 50 ตันต่อชั่วโมง 77
ตารางที่ 4. 16ค่าลงทุนที่ขนาดเตาอุ่นเหล็ก 30 ตันต่อชั่วโมง 77
ตารางที่ 4. 17ค่าลงทุนที่ขนาดเตาอุ่นเหล็ก 12 ตันต่อชั่วโมง 78
ตารางที่ 4. 18ค่าใช้จ่ายการดำเนินการของโรงงานที่ขนาดเตาอุ่นเหล็กขนาด 50 ตันต่อชั่วโมง 78
ตารางที่ 4. 19ค่าใช้จ่ายการดำเนินการของโรงงานที่ขนาดเตาอุ่นเหล็กขนาด 30 ตันต่อชั่วโมง 79
ตารางที่ 4. 20ค่าใช้จ่ายการดำเนินการของโรงงานที่ขนาดเตาอุ่นเหล็กขนาด 12 ตันต่อชั่วโมง 79
ตารางที่ 4. 21Incremental cost Analysis กำลังการผลิต 50 ตันต่อชั่วโมง 80
ตารางที่ 4. 22Incremental cost Analysis กำลังการผลิต 30 ตันต่อชั่วโมง 81
ตารางที่ 4. 23Incremental cost Analysis กำลังการผลิต 12 ตันต่อชั่วโมง 82
ตารางที่ 4. 24ค่า NPV เมื่อราคาถ่านหินเปลี่ยนแปลงไป (50 ตันต่อชั่วโมง) 83
ตารางที่ 4. 25ค่า NPV เมื่อราคาถ่านหินเปลี่ยนแปลงไป (30 ตันต่อชั่วโมง) 84
ตารางที่ 4. 26ค่า NPV เมื่อราคาถ่านหินเปลี่ยนแปลงไป (12 ตันต่อชั่วโมง) 85
ตารางที่ 4. 27ค่า NPV เมื่อค่าลงทุนเปลี่ยนแปลงไป (50 ตันต่อชั่วโมง) 86
ตารางที่ 4. 28ค่า NPV เมื่อค่าลงทุนเปลี่ยนแปลงไป (30 ตันต่อชั่วโมง) 87
ตารางที่ 4. 29ค่า NPV เมื่อค่าลงทุนเปลี่ยนแปลงไป (12 ตันต่อชั่วโมง) 88

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1. 1 แผนภาพวงกลมสัดส่วนการใช้พลังงานในประเทศไทย พ.ศ. 2553 1
รูปที่ 1. 2 การบริโภคเหล็กสำเร็จรูปในประเทศไทย 2
รูปที่ 1. 3 ความต้องการใช้เหล็กของประเทศไทย พ.ศ. 2543-2552 2
รูปที่ 1. 4 การนำเข้าและส่งออกเหล็กในประเทศไทยเดือนมกราคม ปี 2552-พฤษภาคม 2553 3
รูปที่ 1. 5 ปริมาณการบริโภคถ่านหินและการใช้ประโยชน์ 4
รูปที่ 2. 1 โครงสร้างอุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้าของประเทศไทย 10
รูปที่ 2. 2 กระบวนการหล่อเหล็กแบบต่อเนื่อง 11
รูปที่ 2. 3 การผลิตเหล็กกล้าในอุตสาหกรรมเหล็กขั้นปลาย 12
รูปที่ 2. 4 Pusher Furnace 13
รูปที่ 2. 5 เทคนิคการให้ความร้อนภายในเตา 13
รูปที่ 2. 6 เตาแบบ Fixed Bed. 16
รูปที่ 2. 7 การแบ่งส่วนของภายในเตาแก๊สซิฟิเคชั่น 17
รูปที่ 2. 8 ระบบแก๊สซิฟิเคชั่น (Gasification System) 18
รูปที่ 2. 9 ประเภทของถ่านหิน 20
รูปที่ 2. 10 เครื่องดักฝุ่นด้วยไฟฟ้า (electrostatic precipitator) 24
รูปที่ 2. 11 เครื่องแยกฝุ่นแบบลมหมุน (cyclone Separator) 24
รูปที่ 2. 12 เครื่องกรองฝุ่นแบบถุงกรอง (bag filter) 25
รูปที่ 2. 13 Flue Gas Desulfurization (FGD) 26
รูปที่ 3. 1 แผนผังความคิด 42
รูปที่ 3. 2 เทอร์โมมิเตอร์อินฟราเรดแบบไม่สัมผัส CHAUVIN ARNOUX รุ่น C.A 876 ชนิด k...46
รูปที่ 3. 3 ลำดับขั้นตอนแปลงปริมาณน้ำมันเตาเป็นปริมาณถ่านหิน 46
รูปที่ 3. 4 แผนภาพกระแสเงินสด 54
รูปที่ 4. 1 รายละเอียดของถ่านหินที่นำมาพิจารณา 56
รูปที่ 4. 2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของเตาเผาเหล็ก
และปริมาณเชื้อเพลิงที่กำลังการ ผลิต 50 ตันต่อชั่วโมง 59

หน้า

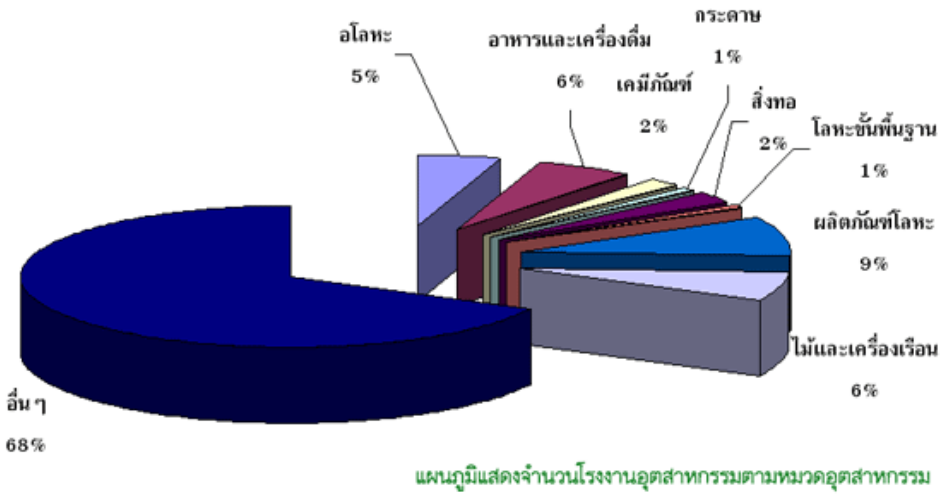
รูปที่ 4. 3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของเตาเผาเหล็ก
และปริมาณเชื้อเพลิงกำลังการ ผลิต 30 ตันต่อชั่วโมง 59
รูปที่ 4. 4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของเตาเผาเหล็ก
และปริมาณเชื้อเพลิงกำลังการ ผลิต 12 ตันต่อชั่วโมง 60
รูปที่ 4. 5 ค่าใช้จ่ายของเชื้อเพลิงที่ลดลงของประสิทธิภาพเตาที่กำลังการผลิต 50 ตันต่อชั่วโมง ...61
รูปที่ 4. 6 ค่าใช้จ่ายของเชื้อเพลิงที่ลดลงของประสิทธิภาพเตาที่กำลังการผลิต 30 ตันต่อชั่วโมง ...63
รูปที่ 4. 7 ค่าใช้จ่ายของเชื้อเพลิงที่ลดลงของประสิทธิภาพเตาที่กำลังการผลิต 12 ตันต่อชั่วโมง ...64
รูปที่ 4. 8 ค่าใช้จ่ายเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาที่
ขนาดเตาอุ่นเหล็ก 50 ตันต่อชั่วโมง 67
รูปที่ 4. 9 ค่าใช้จ่ายรวมในแต่ละขนาดเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินที่
ขนาดเตาอุ่นเหล็ก 50 ตันต่อชั่วโมง 68
รูปที่ 4. 10ค่าใช้จ่ายเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาที่
ขนาดเตาอุ่นเหล็ก 30 ตันต่อชั่วโมง 71
รูปที่ 4. 11ค่าใช้จ่ายรวมในแต่ละขนาดเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินที่
ขนาดเตาอุ่นเหล็ก 30 ตันต่อชั่วโมง 71
รูปที่ 4. 12ค่าใช้จ่ายเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาที่
ขนาดเตาอุ่นเหล็ก 12 ตันต่อชั่วโมง 74
รูปที่ 4. 13ค่าใช้จ่ายรวมในแต่ละขนาดเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินที่
ขนาดเตาอุ่นเหล็ก 12 ตันต่อชั่วโมง 75
รูปที่ 4. 14 มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการที่ขนาดเตาอุ่นเหล็ก 50 ตันต่อชั่วโมงมีค่าเป็นศูนย์.....89
รูปที่ 4. 15 มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการที่ขนาดเตาอุ่นเหล็ก 30 ตันต่อชั่วโมงมีค่าเป็นศูนย์.....91
รูปที่ 4. 16 มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการที่ขนาดเตาอุ่นเหล็ก 30 ตันต่อชั่วโมงมีค่าเป็นศูนย์.....93

บทที่ 1

บทนำ

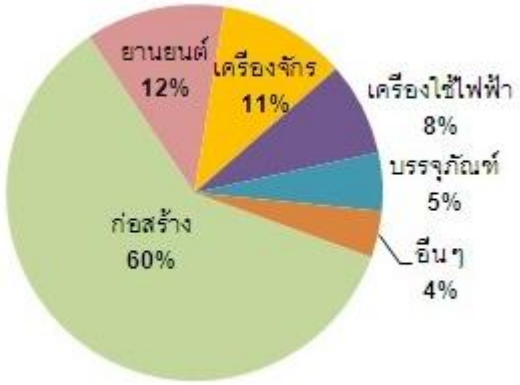
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากสถานการณ์การใช้พลังงานของไทยในปีพุทธศักราช 2553 มีการใช้พลังงานเชิงพาณิชย์ (ประกอบด้วย น้ำมันดิบ แก๊สธรรมชาติ คอนเดนเสท ผลิตภัณฑ์น้ำมันสำเร็จรูป ไฟฟ้าจากพลังงานน้ำและถ่านหินลิกไนต์) อยู่ที่ระดับ 1,191 เทียบเท่าพันบาร์เรลน้ำมันดิบต่อวันขยายตัวเพิ่มขึ้นจากช่วงเวลาเดียวกันของปีก่อนร้อยละ 5.1 เนื่องจากเศรษฐกิจไทยเริ่มฟื้นตัวตามเศรษฐกิจโลกจึงส่งผลให้เศรษฐกิจในภาคอุตสาหกรรมปรับตัวดีขึ้นส่งผลให้เกิดการใช้พลังงานในภาคอุตสาหกรรมมากเป็นอันดับแรก รองลงมาเป็นภาคธุรกิจและภาคครัวเรือน โดยสัดส่วนการใช้พลังงานน้ำมันดิบมีสัดส่วนมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 55 รองลงมาเป็นไฟฟ้าคิดเป็นร้อยละ 22 ลิกไนต์/ถ่านหิน นำเข้าคิดเป็นร้อยละ 13และแก๊สธรรมชาติคิดเป็นร้อยละ 10 จากการศึกษาสถิติกรมโรงงานอุตสาหกรรม ณ สิ้นปี พ.ศ.2548 พบว่ามีโรงงานอุตสาหกรรมในประเทศไทยทั้งสิ้นประมาณ 121,940 โรงงาน โดยหมวดอุตสาหกรรมที่มีจำนวนโรงงานมากที่สุดคือ อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์โลหะ อุตสาหกรรมไม้และเครื่องเรือน และอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มตามลำดับ ส่วนหมวดอุตสาหกรรมที่มีจำนวนโรงงานน้อยที่สุดคือ อุตสาหกรรมกระดาษ และอุตสาหกรรมโลหะขั้นพื้นฐาน ซึ่งแสดงดังรูปที่ 1. 1



รูปที่ 1. 1 แผนภาพวงกลมสัดส่วนการใช้พลังงานในประเทศไทย พ.ศ. 2553[1]

จากการศึกษาในโครงการศึกษาเกณฑ์การใช้พลังงานในอุตสาหกรรมเหล็กพบว่าอุตสาหกรรมเหล็กซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของอุตสาหกรรมโลหะเป็นอุตสาหกรรมที่การเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่องและเป็นอุตสาหกรรมที่มีการใช้พลังงานในระดับที่สูง จะเห็นได้ว่าอุตสาหกรรมเหล็กเป็นพื้นฐานของภาคธุรกิจต่อเนื่องต่างๆ เช่น ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ยานยนต์ บรรจุภัณฑ์ เป็นต้น ทั้งนี้ศูนย์วิจัยกสิกรไทยได้วิเคราะห์ถึงความต้องการบริโภคเหล็กในประเทศของไทยปี 2553 เป็นดังรูปที่ 1. 2

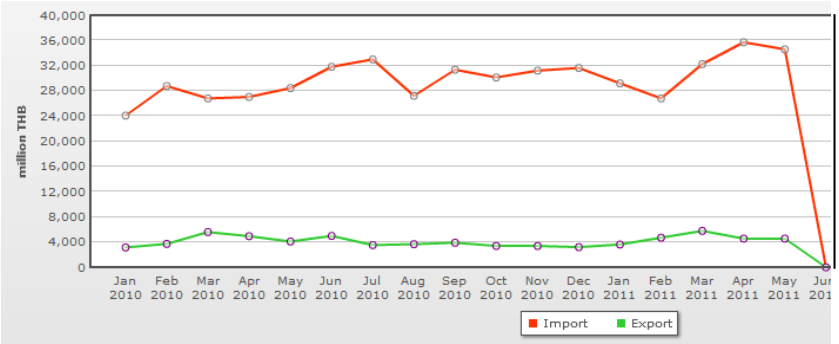


รูปที่ 1. 2 การบริโภคเหล็กสำเร็จรูปในประเทศไทย [2]

โดยความต้องการในการใช้เหล็กมีความแตกต่างกันในแต่ละปีซึ่งสามารถแสดงเป็นแผนภูมิได้ดังรูปที่ 1. 3 ซึ่งจากกราฟแสดงความต้องการใช้เหล็กจะค่าสูงที่สุดเมื่อปี 2550 และมีการลดลงตามสภาวะเศรษฐกิจในช่วงเวลาดังกล่าว และจากการคาดการณ์ในปี 2553 เริ่มมีการเพิ่มขึ้นของค่าความต้องการ

รูปที่ 1. 3 ความต้องการใช้เหล็กของประเทศไทย พ.ศ. 2543-2552 [3]

การนำเข้าและส่งออกของเหล็กอย่างต่อเนื่องซึ่งการนำเข้าเหล็กของประเทศไทยมีค่ามากกว่าการส่งออกเนื่องจากประเทศไทยมีความสามารถในการผลิตเหล็กเพื่อใช้ภายในประเทศไม่เพียงพอจึงต้องมีการนำเข้าในปริมาณที่มากได้มีการแสดงแนวโน้มดังรูปที่ 1. 4



รูปที่ 1. 4 การนำเข้าและส่งออกเหล็กในประเทศไทยเดือนมกราคม ปี 2552-พฤษภาคม 2553[3]

ในด้านการส่งออกเหล็กและเหล็กกล้าเป็นสินค้าส่งออกที่มีมูลค่าสูงติดอยู่ใน 10 อันดับแรกของไทยมาตั้งแต่ปี 2550 ซึ่งในช่วงไตรมาสที่สอง พ.ศ. 2553 มีอัตราการเติบโตเพิ่มขึ้น 21.74 เมื่อเทียบกับปีก่อน ซึ่งในปีพุทธศักราช 2553 มีการผลิตเหล็กประมาณ 8,158,980 เมตริกตัน (ไม่รวมผลิตภัณฑ์เหล็กกึ่งสำเร็จรูป เหล็กแผ่นรีดเย็น เหล็กแผ่นเคลือบและท่อเหล็กเพื่อไม่ให้เกิดการนับซ้ำ)เพิ่มขึ้นร้อยละ 17.10 เมื่อเทียบกับระยะเวลาเดียวกันของปีก่อนเนื่องจากความต้องการใช้เหล็กในประเทศที่เริ่มฟื้นตัวขึ้นในช่วงครึ่งแรกของปี 2553 โดยเป็นการผลิตชดเชยกับสต๊อกสินค้าที่ลดลงในช่วงปีก่อนโดยในส่วนของเหล็กทรงยาวเพิ่มขึ้นร้อยละ 11.38 [4] อุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้าแบ่งออกเป็น 1.อุตสาหกรรมต้นน้ำ 2.อุตสาหกรรมกลางน้ำ3.อุตสาหกรรมปลายน้ำ ซึ่งอุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้าของไทยยังไม่มีผู้ผลิตครบวงจรโดยจะมีเพียงผลิตภัณฑ์เหล็กอุตสาหกรรมกลางน้ำ โดยในประเทศไทยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ อุตสาหกรรมเหล็กทรงยาวและทรงแบน แล้วจึงนำมาแปรรูปเป็นอุตสาหกรรมปลายน้ำต่อไป

จากการคำนวณสัดส่วนการใช้พลังงานต่อมูลค่าการผลิตของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานพบว่า การผลิตเหล็กและเหล็กกล้าเป็นภาคธุรกิจหนึ่งซึ่งมีการใช้พลังงานมาก เตาเผาเหล็ก (reheating furnace) เป็นอุปกรณ์หลักในอุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้าที่ใช้พลังงานเชื้อเพลิงเพื่อสร้างความร้อนให้แก่เหล็กแท่ง(billet)จนมีอุณหภูมิ 1,100-1,250 องศาเซลเซียส ก่อนจะนำเข้าสู่กระบวนการขึ้นรูปเพื่อให้มีรูปร่างตามต้องการ โดย ปัจจุบันเชื้อเพลิงที่มีการใช้กับเตาเผาเหล็กของโรงงานรีดเหล็กในประเทศไทย ประกอบด้วยเชื้อเพลิงแก๊สโดยมากจะเป็นแก๊สธรรมชาติและเชื้อเพลิงเหลว ซึ่งส่วนมากจะมีการใช้น้ำมันเตา หรือ น้ำมันเตาผสมน้ำมันบางประเภทเป็นเชื้อเพลิง โดยราคาขายต่ำกว่าราคาน้ำมันเตาปกติ เนื่องจากราคาต่อหน่วยพลังงานของเชื้อเพลิงเหลวราคาสูงกว่าราคาต่อหน่วยของเชื้อเพลิงแก๊ส ทำให้โรงงานรีดเหล็กที่มีการใช้

เชื้อเพลิงเหลวในการรีดเหล็กมีต้นทุนสูงกว่าโรงงานรีดเหล็กที่มีการใช้เชื้อเพลิงแก๊ส เนื่องจากแก๊สธรรมชาติทั่วไปจะขนส่งโดยท่อ ดังนั้นโรงงานรีดเหล็กที่มีการตั้งโรงงานไกลจากท่อแก๊สธรรมชาติไม่สามารถใช้แก๊สธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงได้ รวมถึงประเทศมีการใช้แก๊สธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงหลักในหลากหลายอุตสาหกรรม ยกตัวอย่างเช่น อุตสาหกรรมการผลิตกระแสไฟฟ้ามากกว่า 70% ของการผลิตไฟฟ้าทั้งหมด ส่งผลกระทบต่อความมั่นคงในแง่พลังงานของประเทศอีกด้วย เพื่อเป็นทางเลือกให้กับโรงงานรีดเหล็กและสร้างความมั่นคงทางด้านพลังงานให้กับประเทศไทย จึงนำมาสู่โครงการนี้ โดยโครงการนี้พยายามพัฒนาเทคโนโลยีการสร้างแก๊สเชื้อเพลิงจากเชื้อเพลิงแข็ง ซึ่งจากการคำนวณอัตราการผลิตและใช้ถ่านหินจะพบว่าถ่านหินมีเพียงพอไปอย่างน้อย 147 ปี ขณะที่น้ำมันและแก๊สมีเพียงพอไปได้อีกประมาณ 41 และ63ปี

การผลิตและการใช้ลิกไนต์/ถ่านหิน

หน่วย : พันตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ

	2552	2553 (ม.ค.-ก.ย.)		
		ปริมาณ	อัตราเพิ่ม (%)	สัดส่วน (%)
การจัดหา	14,945	11,461	1.3	-
การผลิตลิกไนต์	4,715	3,746	3.3	100
การไฟฟ้าฝ่ายผลิตฯ	3,872	2,947	-0.7	79
เหมืองเอกชน*	843	799	21.1	21
การนำเข้าถ่านหิน	10,230	7,715	0.3	100
ความต้องการ	15,122	11,743	2.1	-
การใช้ลิกไนต์	4,892	3,707	-0.9	100
ผลิตกระแสไฟฟ้า	3,918	2,995	-0.6	80
อุตสาหกรรม	974	752	-1.9	20
การใช้ถ่านหิน	10,230	8,036	3.5	100
ผลิตกระแสไฟฟ้า (SPP และ IPP)	3,573	2,769	-2.4	34
อุตสาหกรรม	6,657	5,267	6.8	66

** ข้อมูลเบื้องต้น*

รูปที่ 1. 5 ปริมาณการบริโภคถ่านหินและการใช้ประโยชน์[5]

การใช้ถ่านหินเป็นที่นิยมกันมากเมื่อหลังการปฏิวัติอุตสาหกรรมในประเทศอังกฤษ และยิ่งเพิ่มมากขึ้นหลายเท่าตัวเมื่อเกิดวิกฤตราคาน้ำมันในปี พ.ศ. 2516 ทำให้มีการใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันมากขึ้น ทั้งการใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้าและในอุตสาหกรรมต่างๆ ปริมาณการใช้พลังงานจากถ่านหินทั่วโลกการใช้ประโยชน์จากถ่านหินอาจแบ่งได้หลักๆ เป็น 2 ประเภทคือ การใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงและการใช้ถ่านหินเพื่อวัตถุประสงค์อื่น เช่น การนำมาผลิตเป็นถ่านโค้กเทียม ถ่านกัมมันต์ ปุ๋ยยูเรีย หรือการนำมาสกัดเอาน้ำมันดิบ เป็นต้นปัจจุบันแนวโน้มในการใช้ถ่านหินในประเทศไทยยังคงสูงขึ้น โดยเฉพาะการใช้ในด้านของการผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งดำเนินการโดยการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย และผู้ผลิตกระแสไฟฟ้าเอกชน ส่วนอุตสาหกรรมอื่นๆ ก็ยังคงมีความต้องการใช้ถ่านหินในระดับที่สูงขึ้น จากข้อมูลการใช้ถ่านหินของผู้ประกอบการทั่วประเทศดังนั้นจะเห็นได้ว่าถ่านหินยังคงเป็นพลังงานที่มีความจำเป็นสูงใน

ประเทศไทย อีกทั้งประเทศไทยยังคงมีแหล่งถ่านหินหลายแหล่งที่สามารถพัฒนานำไปใช้ต่อไป ได้อีกในอนาคต ปริมาณสำรองถ่านหินในแหล่งต่างๆ ก็ยังคงมีมากพอสมควรที่จะนำไปใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า และอุตสาหกรรมอื่นๆ แต่การใช้ถ่านหินซึ่งเป็นเชื้อเพลิงแข็งมีความไม่สะดวกเท่ากับการใช้น้ำมันและแก๊สเชื้อเพลิง เพราะว่าต้องมีระบบการจัดการที่มากกว่า ทั้งในเรื่องการป้องกันฝุ่นละออง การควบคุมคุณภาพ การคัดขนาด การกองเก็บ การจัดการของเสียและการควบคุมมลภาวะทางอากาศ น้ำและเสียง ทำให้มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มต้นที่สูงกว่าและมีค่าใช้จ่ายในการจัดการมากกว่า แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจากถ่านหินมีราคาที่ต่ำกว่าโดยการแสดงถึงการเปรียบเทียบเพิ่มเติมของเชื้อเพลิงดังภาคผนวก จ จึงทำให้เกิดความคุ้มค่าในระยะยาว และเพิ่มความสามารถในการแข่งขันให้กับอุตสาหกรรม ผู้ประกอบการจึงควรเลือกถ่านหินให้มีความเหมาะสมกับชนิดของหม้อไอน้ำ โดยทั่วไปควรเลือกถ่านหินที่มีค่าความร้อนสูง มีส่วนประกอบเป็นซัลเฟอร์น้อยและเลือกเทคโนโลยีในการเผาไหม้ที่มีประสิทธิภาพและมีกลไกการควบคุมมลภาวะได้ในตัวโดยไม่ต้องติดตั้งการบำบัดเพิ่มเติมโดยก่อนการใช้งานควรมีการศึกษาความเหมาะสมก่อน [6] จึงได้มีการคิดค้นและพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำเหมือง การจัดการถ่านหินก่อนนำมาใช้และการใช้ประโยชน์ถ่านหิน โดยให้มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด ซึ่งเทคโนโลยีนี้เรียกว่าเทคโนโลยีถ่านหินสะอาด (clean coal technology) กระบวนการของเทคโนโลยีนี้สามารถทำได้ทั้ง 3 ขั้นตอนคือ ก่อนการเผาไหม้ ขณะเผา และหลังการเผา [2]

จากความคุ้มค่าที่เกิดขึ้นทำให้ในสภาวะที่สภาวะการแข่งขันที่รุนแรงมากที่สุด ได้มีตัวอย่างการใช้พลังงานจากถ่านหิน เช่น อุตสาหกรรมในประเทศจีนได้มีการใช้เทคโนโลยีการแปลงถ่านหินเป็นแก๊สหรือ coal gasification system กระบวนการแปลงเชื้อเพลิงแข็งเป็นแก๊ส คือการเปลี่ยนสถานะของเชื้อเพลิงแข็งให้กลายเป็นแก๊สที่เชื้อเพลิง ด้วยกระบวนการทางความร้อน โดยใน 1 กระบวนการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงประกอบด้วยกระบวนการย่อยแยกเป็น 4 กระบวนการ ได้แก่ กระบวนการอบแห้ง (Drying Process) กระบวนการไพโรไลซิส (Pyrolysis Process) กระบวนการเผาไหม้ (Combustion or Oxidation Process) และกระบวนการรีดักชัน (Reduction Process) กระบวนการในแต่ละกระบวนการต้องเกิดอย่างต่อเนื่อง เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนเชื้อเพลิงน้ำมันซึ่งช่วยลดต้นทุนการผลิตได้อย่างมากและช่วยสร้างมั่นคงทางด้านพลังงานให้กับจีนเป็นอย่างมากเนื่องจากถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงที่มีมากอยู่แล้วในประเทศจีน[5]

ดังนั้นหากประเทศไทยมีความสนใจในการใช้พลังงานเชื้อเพลิงอื่นทดแทนการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันคือมีการพัฒนาเพื่อนำทรัพยากรเชื้อเพลิงและพลังงานของประเทศมาใช้ได้อย่างคุ้มค่า จัดหาแหล่งพลังงานเพิ่มเติม และมีการใช้อย่างประหยัด ส่งเสริมให้มีการศึกษาวิจัยและถ่ายทอดเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการใช้พลังงานที่มากแหล่งภายในประเทศซึ่งอาจได้แก่ พลังงานน้ำ

พลังงานชีวมวล พลังงานลมพลังงานจากขยะ เป็นต้น ซึ่งในปัจจุบันแหล่งพลังงานที่กำลังได้รับความสนใจ คือ พลังงานที่เกิดจากชีวมวลเนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศที่มีผลผลิตส่วนใหญ่มาจากการทำเกษตรกรรมเช่น ข้าว อ้อยและปาล์มน้ำมันเป็นต้นซึ่งภายหลังการเก็บเกี่ยวจะมีเศษวัสดุเหลือทิ้งหรือชีวมวลเกิดเป็นจำนวนมากแต่ด้วยข้อจำกัดของปริมาณชีวมวลที่มีอยู่ในแต่ละพื้นที่ส่งผลกระทบให้ผู้ประกอบกิจการอุตสาหกรรมมีความไม่มั่นใจในการนำชีวมวลมาใช้แทนเชื้อเพลิง ส่งผลให้พลังงานถ่านหินซึ่งมีศักยภาพในการสร้างความมั่นคงด้านพลังงานให้แก่ประเทศได้ด้วยเหตุผล ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงที่มีอยู่มาก มีปริมาณใช้อย่างเพียงพอ และมีเสถียรภาพไม่ขึ้นกับฤดูกาล (ต่างจากพลังงานน้ำหรือชีวมวล) ส่งผลให้มีแผนการพัฒนาพลังงานทดแทน 15 ปี (2551-2565) ซึ่งจัดทำขึ้นโดยคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติกระทรวงพลังงานได้มีการส่งเสริมให้เกิดการ พัฒนาพลังงานทดแทนโดย ให้มีสัดส่วนการใช้เพิ่มขึ้น โดย ณ ปี 2554 จะมีการใช้พลังงานอื่นๆ เพิ่มขึ้น ร้อยละ 9.2 ของความต้องการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย หรือทดแทนการใช้พลังงานเชิงพาณิชย์ประมาณ 7,530 พันตันเทียบเท่า น้ำมันดิบ จำแนกเป็น ภาคคมนาคมขนส่ง ภาคอุตสาหกรรมและบ้านอยู่อาศัย มีการใช้พลังงานทดแทนร้อยละ 8, 14 และ 2 ตามลำดับ โดยใช้ Biodiesel แทนน้ำมันดีเซล ใช้ Ethanol แทน Gasoline ใช้ชีวมวล น้ำท้ายเขื่อนชลประทาน แสงอาทิตย์ แรงลม และพลังงานทดแทนอื่นๆ ในการผลิตไฟฟ้า และทำความร้อน การใช้ถ่านหินจึงเป็นการเพิ่มทางเลือกแก่โรงงานรีดเหล็กที่มีการใช้เชื้อเพลิงเหลว นอกจากจะช่วยลดต้นทุนในการผลิตและสร้างความมั่นคงในแง่พลังงานแล้วยังสามารถลดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม เนื่องจากสามารถเลือกเชื้อเพลิงที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำ เช่น ใช้เชื้อเพลิงแข็งที่มีค่าซัลเฟอร์ในเชื้อเพลิงต่ำในการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงโดยให้ความสนใจที่ถ่านหินประเภทบิทูมินัสหรือซับบิทูมินัส เนื่องจากเป็นถ่านหินที่มีคุณภาพดี มีค่าความร้อนในระดับปานกลาง ค่าความชื้นและปริมาณเถ้าที่ไม่สูงมากนัก รวมถึงมีปริมาณกำมะถันต่ำ(0.1 – 1.5) ใกล้เคียงกับน้ำมันเตา (น้ำมันเตามีปริมาณกำมะถันประมาณ 0.1-3.0 เปอร์เซนต์) ทำให้มีมลภาวะกับสิ่งแวดล้อมน้อยมาก

จากการวิจัยที่ผ่านมาได้มีการศึกษาเกี่ยวกับการใช้เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่นโดยใช้เชื้อเพลิงอันประกอบไปด้วย เชื้อเพลิงชีวมวล ถ่านหิน ในอุตสาหกรรมการผลิตเซรามิกส์ภาคเหนือของประเทศไทย พบว่าทำให้เกิดการลดต้นทุนในอุตสาหกรรมดังกล่าวได้ อีกทั้งการเปรียบเทียบระหว่างเชื้อเพลิงที่กล่าวมาแล้วพบว่าเชื้อเพลิงจากถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงที่สามารถลดต้นทุนการผลิตได้มากที่สุดและมีระยะเวลาในการคืนทุนเร็วที่สุด[5] อีกทั้งอุตสาหกรรมในหลายประเทศทั่วโลกได้มีการการใช้เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่นในการเป็นแหล่งเชื้อเพลิง ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าและเป็นสารตั้งต้นของสารเคมี อีกทั้งแก๊สที่ได้จากกระบวนการยังมีความสะอาดและเป็นการลดมลภาวะที่เกิดขึ้นจากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้อีกด้วย[8]

โดยในงานวิจัยนี้ได้ให้ความสำคัญไปที่การใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง จากเหตุผลที่ได้กล่าวมาข้างต้นและการตอบสนองต่อนโยบายพลังงานภายใต้กรอบการดำเนินงานของคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติกระทรวงพลังงานว่าด้วยแผนการพัฒนาพลังงานทดแทน 15 ปี (2551-2565) ลดการพึ่งพาการนำเข้าพลังงานน้ำมันและสร้างความมั่นคงทางด้านพลังงานจึงทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาพลังงานทางเลือกอีกทั้งพลังงานทางเลือกที่ต้องการศึกษาจะเป็นการช่วยลดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงน้ำมันเตามาเป็นทางเลือกของการใช้เชื้อเพลิงให้กับเตาเผาเหล็ก ในอุตสาหกรรมที่มีการใช้พลังงานสูงอย่างอุตสาหกรรมการผลิตเหล็กและเหล็กกล้าแต่เปลี่ยนมาเป็นการเผาไหม้เชื้อเพลิงแข็งเป็นแก๊สโดยการนำเอาถ่านหินที่มีคุณภาพในการที่จะนำมาเผาไหม้อีกทั้งผลจากการบำบัดภายในเครื่องเตาเผาก็มีส่วนช่วยด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 สามารถเลือกขนาดของเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินให้เหมาะสมสำหรับเตาเผาเหล็กที่กำลังการผลิตแตกต่างกัน

1.2.2 เพื่อเปรียบเทียบการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเตาและการใช้เชื้อเพลิงแก๊สจากถ่านหินในเตาเผาเหล็ก

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1. วิเคราะห์และเปรียบเทียบการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงกับการใช้เชื้อเพลิงแก๊สจากถ่านหินบิทูมินัสชนิด โจร่ง สำหรับโรงงานเหล็กที่ผลิตเหล็กทรงยาว

1.3.2. โรงงานผลิตเหล็กทรงยาว ลักษณะเตาเผาเหล็กแบบ Pusher ขนาด 50 ตันต่อชั่วโมง ขนาด 30 ตันต่อ ชั่วโมง ขนาด 12 ตันต่อชั่วโมง

1.3.3. เตา coal gasification ที่ใช้ในการพิจารณาเป็นแบบ single stage coal gasifier ซึ่งมี exit gas แบบ Up stage (การป้อนอากาศเข้าทางด้านล่างขึ้นบน)

1.3.4. Model ของเครื่องผลิตแก๊สที่ Q.M. 1.5, Q.M. 1.6, Q.M. 1.8, Q.M. 2.0, Q.M. 2.4, Q.M. 2.6, Q.M. 3.0และ Q.M. 3.2

1.3.5. พารามิเตอร์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้คือ อัตราการใช้เชื้อเพลิงในการให้ความร้อนกับเตาเผาเหล็ก และ ประสิทธิภาพของเตาเผาเหล็ก

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1. สามารถเลือกเชื้อเพลิงทางเลือกใหม่ให้เตาเผาเหล็กในอุตสาหกรรม เหล็กในประเทศไทยและเป็นแนวทางในการตัดสินใจในการเลือกใช้เชื้อเพลิงแก๊สจากถ่านหินแทนการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเตา

1.4.2. สามารถเลือกขนาดของเครื่อง coal gasification ให้เหมาะสมกับกำลังการผลิตของเตาเผาเหล็ก

1.4.3. ทราบถึงต้นทุนการใช้เชื้อเพลิงทางเลือกจากเทคโนโลยีการแปรสภาพถ่านหินเป็นแก๊สกับการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเตา

1.4.4. ทราบถึงต้นทุนเพื่อเป็นแนวทางในการตัดสินใจในการเลือกใช้เครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินแทนการใช้น้ำมันเตา

1.5 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

1.5.1 ทำการศึกษาข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับโครงการ

1.5.2 ติดต่อประสานงานขอข้อมูลจากโรงงานตัวอย่าง

1.5.3 วิเคราะห์สมการเชื้อเพลิงของอัตราการเผาไหม้เชื้อเพลิงเพื่อกำหนดพารามิเตอร์ที่ส่งผลกระทบต่ออัตราการใช้เชื้อเพลิง

1.5.4 วิเคราะห์ประสิทธิภาพเตาเผาเหล็กโดยศึกษาจากข้อมูลอัตราการใช้เชื้อเพลิงของโรงงานตัวอย่าง

1.5.5 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพของเตาเผาเหล็กและการประหยัดค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงานจากการเปลี่ยนเชื้อเพลิงจากน้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงแก๊สจากถ่านหินที่กำลังการผลิตของโรงงานตัวอย่าง

1.5.6 วิเคราะห์การเลือกใช้ขนาดเตา ทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบทางการเงินจากการเลือกขนาดเตาแกสิไฟเออร์(Gasifier)

1.5.7 วิเคราะห์ความเหมาะสมในการนำเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชันมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้า

1.5.8 สรุปผลจากการวิเคราะห์เพื่อแสดงความคุ้มค่าที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงเชื้อเพลิง

1.5.9 เรียบเรียงและจัดพิมพ์เป็นวิทยานิพนธ์ เพื่อนำเสนอต่อคณะกรรมการดำเนินการจัดสอบต่อไ

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

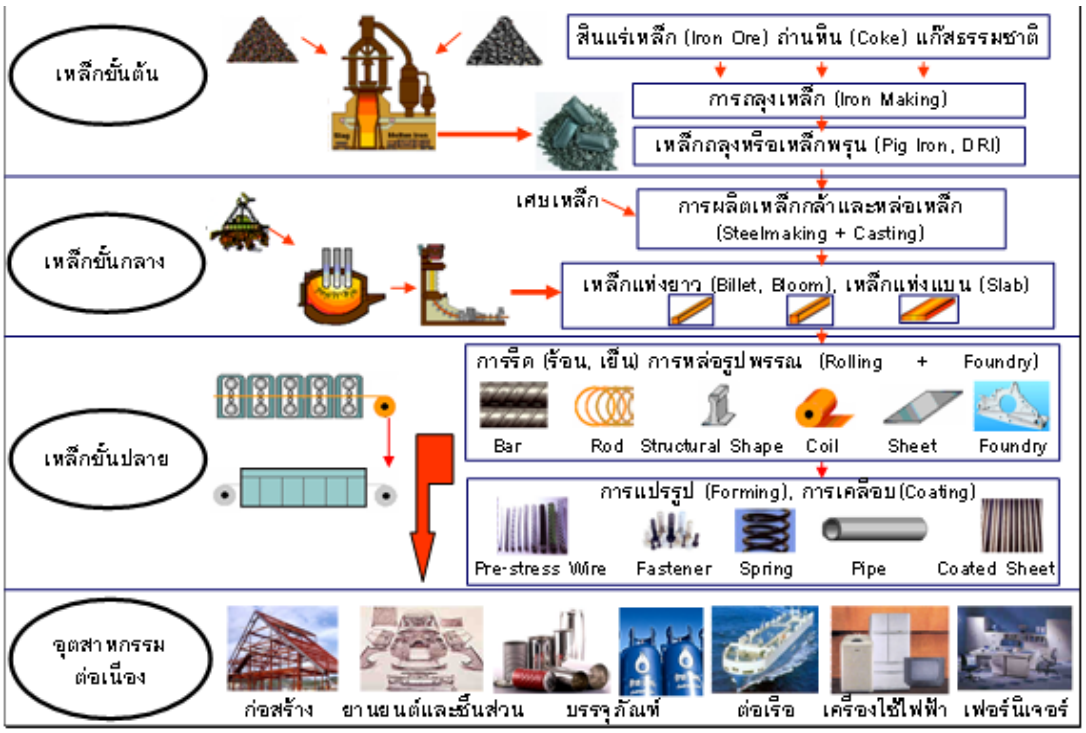
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1. **อุตสาหกรรมเหล็ก**

ยุคแห่งการผลิตเหล็กกล้าเริ่มขึ้นอย่างจริงจังเมื่อต้นศตวรรษที่ 19 โดยชาวอังกฤษชื่อเฮนรี่ เบสเซเมอร์(Henry Bessemer) ได้ค้นพบวิธีการถลุงเหล็กกล้าโดยอาศัยการเป่าอากาศเข้าไปในเตา ทำให้เกิดปฏิกิริยาการรวมตัวกับออกซิเจนกับสารเจือปน(impurity) สามารถผลิตและหลอมเหล็กได้เหล็กกล้าในเวลารวดเร็ว ประหยัดจึงทำให้อังกฤษการเป็นประเทศชั้นนำในการผลิตเหล็กและเป็นผู้นำในการผลิตเหล็กชนิดต่างๆ โดยเฉพาะกรรมวิธีการผลิตเหล็กแบบเบสเซเมอร์ การผลิตดังกล่าวนี้เป็นการเริ่มต้นและเพื่อนำแนวทางสู่การผลิตด้วยวิธีใหม่ๆให้รวดเร็วและทันสมัยได้ถูกวิวัฒนาการมาเรื่อยๆจนในปัจจุบันได้ใช้ออกซิเจนบริสุทธิ์แทนอากาศธรรมดา

2. โครงสร้างการผลิต

อุตสาหกรรมเหล็ก เหล็กกล้า และผลิตภัณฑ์เหล็ก สามารถแบ่งได้เป็นสามขั้นตอนคือ ขั้นต้น ขั้นกลาง และขั้นปลาย โดยที่อุตสาหกรรมเหล็กขั้นต้นนำเอาวัตถุดิบคือ สินแร่เหล็ก มาถลุงเป็นวัตถุดิบพื้นฐานเพื่อส่งต่อให้อุตสาหกรรมขั้นกลางนำไปแปรรูปอีกทอดหนึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ขั้นกลาง ซึ่งอุตสาหกรรมขั้นปลายจะนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จ ได้แก่ เหล็กเส้น เหล็กลวด เหล็กแผ่น เป็นต้น เป็นดังรูปที่ 2. 1



รูปที่ 2. 1 โครงสร้างอุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้าของประเทศไทย[9]

ก. การผลิตเหล็กขั้นต้น

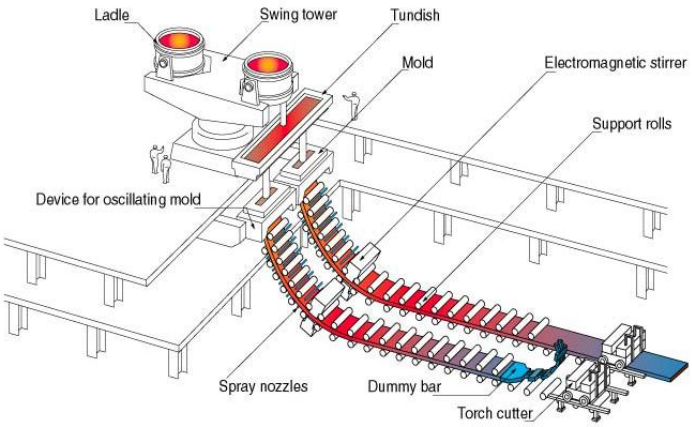
เป็นการถลุงสินแร่เหล็กให้เป็นเหล็กดิบ (Pig Iron, Hot Metal) เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเหล็กกล้า โดยนำสินแร่เหล็กมาผ่านกระบวนการเผา (Sintering) การทำเป็นเม็ด (Pelletization) และการถลุงตามลำดับ ในการถลุงเหล็กเป็นกระบวนการที่ใช้พลังงานและเงินลงทุนค่อนข้างสูง ผลิตภัณฑ์เหล็กที่ได้มี 2 แบบ ได้แก่ เหล็กถลุง (Pig Iron) และเหล็กพรุน (Sponge Iron หรือ Direct Reduced Iron) การถลุงเหล็กปัจจุบันมี 3 วิธี ได้แก่

1. การถลุงโดยใช้เตาถลุงแบบพ่นลม (Blast furnace)
2. การถลุงเหล็กโดยวิธีลดออกซิเจนโดยตรง (Direct reduction)
3. การถลุงเหล็กโดยวิธี Direct smelting reduction

ข. การผลิตเหล็กขั้นกลาง

เป็นการผลิตเหล็กกล้า โดยเหล็กกล้าที่ได้จะมีคาร์บอนสูงสุดไม่เกิน 1.7% (เหล็กกล้าไม่เจือ) สามารถขึ้นรูปได้ที่อุณหภูมิระหว่าง 800 ถึง 1,000 องศาเซลเซียส เป้าหมายของการผลิตเหล็กกล้า เพื่อลดปริมาณคาร์บอนให้ได้ตามค่าที่ต้องการ ลดธาตุฟอสฟอรัสและกำมะถันให้เหลือน้อยที่สุด และลดออกซิเจนในเหล็กออกให้หมด และทำให้เหล็กเปราะในขณะใช้งาน กระบวนการ

ผลิตเหล็กกล้าอาศัยการหลอมเหล็กและหล่อเหล็กตามลำดับ วัตถุดิบที่ใช้ได้แก่ เหล็กถลุง เหล็กพรุน และเศษเหล็ก กระบวนการผลิตเหล็กกล้ามี 2 กระบวนการ คือ การใช้เตาออกซิเจน และการใช้เตาอาร์คไฟฟ้า น้ำเหล็กเมื่อผ่านกระบวนการหลอมเหล็กแล้วจะเข้าสู่กระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำเหล็ก (Refining) แล้วจึงนำมาผ่านกระบวนการหล่อเหล็กแบบต่อเนื่อง (Continuous casting) ดัง รูปที่ 2. 2 กระบวนการหล่อเล็กแบบต่อเนื่อง คือ กระบวนการเทน้ำเหล็กที่ผลิตได้ลงสู่แม่พิมพ์ (Mold) อย่างต่อเนื่องและแข็งตัวเป็น “ผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูป” ได้แก่ เหล็กแท่งเล็ก (Billet) เหล็กแท่งใหญ่ (Bloom) และเหล็กแท่งแบน (Slab) โดยเป็นผลิตภัณฑ์ในรูปแบบที่ต้องการ



รูปที่ 2. 2 กระบวนการหล่อเหล็กแบบต่อเนื่อง[10]

ค. การผลิตเหล็กขั้นปลาย

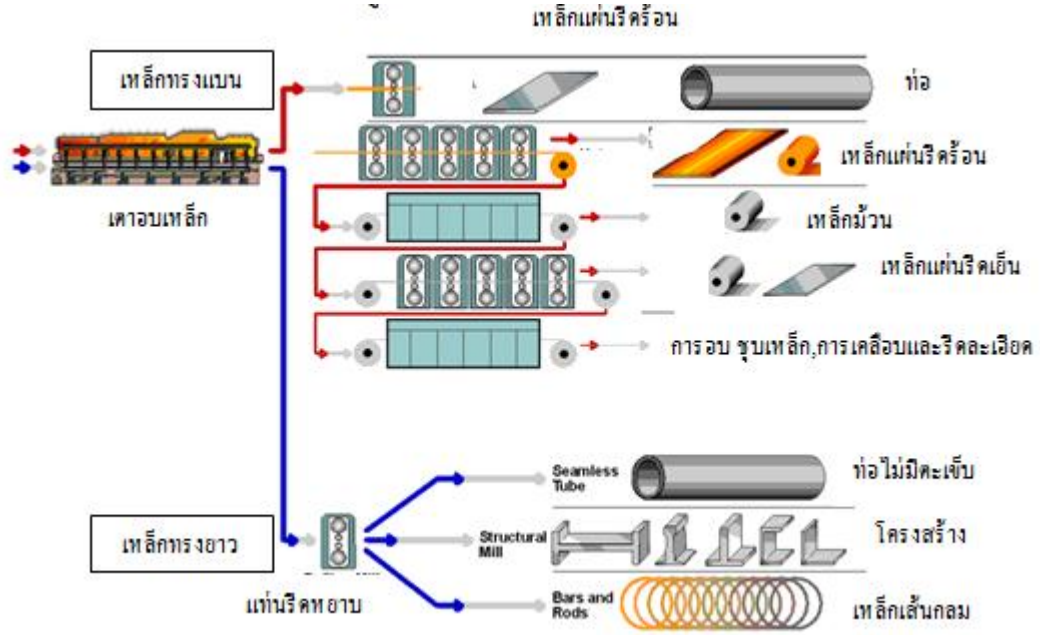
กระบวนการผลิตเหล็กขั้นปลายเป็นการแปรรูปผลิตภัณฑ์เหล็กกึ่งสำเร็จรูป (ที่ได้จากการผลิตเหล็กขั้นกลาง) ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ได้แก่ การรีดร้อน การรีดเย็น การเคลือบผิว การผลิตท่อเหล็ก การตีเหล็กขึ้นรูป รวมไปถึงการหล่อเหล็ก เช่น เหล็กเส้น เหล็กลวด เหล็กแผ่นรีดร้อน เหล็กแผ่นรีดเย็น เหล็กแผ่นเคลือบ เหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อน เป็นต้น ซึ่งจะนำไปใช้เป็นวัตถุดิบทางการผลิตในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ที่ต่อเนื่อง ผลิตภัณฑ์เหล็กขั้นปลายจำแนกได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆ ได้แก่

กลุ่มผลิตภัณฑ์เหล็กทรงยาว (Long Products) ได้แก่ เหล็กเส้น (Bar) เหล็กลวด (Wire rods) และเหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อน (HR section) วัตถุดิบที่ใช้เป็นผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูปเหล็กแท่ง (Billet) หรือเหล็กแท่งใหญ่ (Bloom) นำมาผ่านกระบวนการรีดเหล็ก (rolling mill) และการดึงลวด (Cold Drawing) เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ในกลุ่มเหล็กทรงยาว

กลุ่มผลิตภัณฑ์เหล็กทรงแบน (Flat Products) ได้แก่ เหล็กแผ่นรีดร้อน เหล็กแผ่นรีดเย็น เหล็กกล้าไร้สนิมรีดเย็น ท่อเหล็ก และเหล็กแผ่นเคลือบต่างๆ โดยการนำผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูปมา

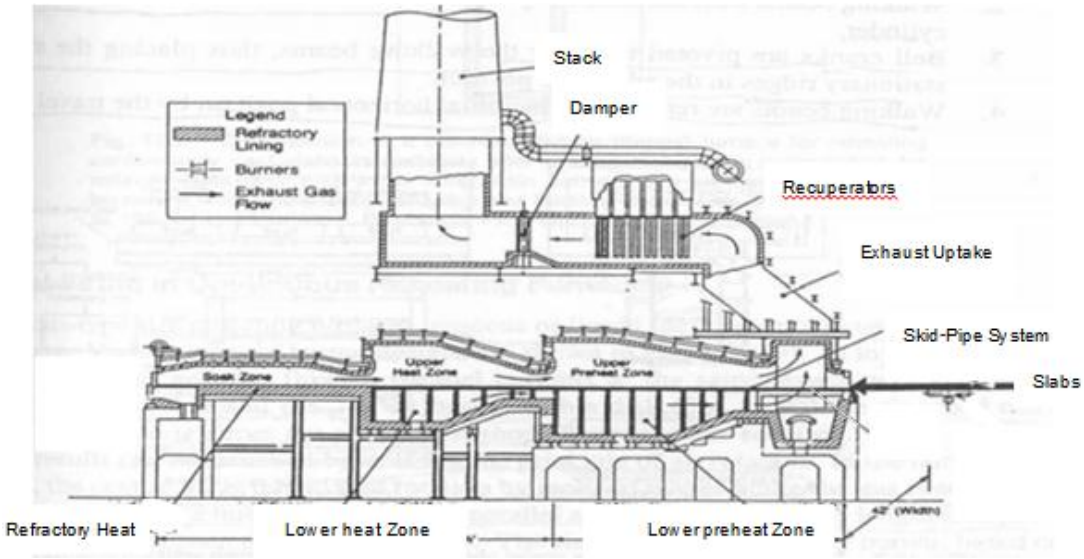
ขึ้นรูปร้อน โดยวิธีการต่างๆ เช่น การรีดร้อน (Hot Rolling) เหล็กที่ได้จากการขึ้นรูปร้อนอาจนำไปลดขนาดลงหรือขึ้นรูปเย็น (Cold Forming) เช่น การรีดเย็น (Cold Rolling) กระบวนการขึ้นรูปเย็นเป็นต้น จะได้เป็นผลิตภัณฑ์เหล็กขึ้นรูปเย็น กระบวนการต่อจากการขึ้นรูปเย็น คือ การเคลือบหรือการชุบผิวด้วยโลหะอื่นๆ เช่น ดีบุก สังกะสี ซึ่งวิธีการชุบในน้ำโลหะหลอมละลาย

กลุ่มผลิตภัณฑ์เหล็กทรงอื่นๆ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์โครงสร้างรูปพรรณขนาดใหญ่ เช่น เหล็กคาน เหล็กรูปฉาก และผลิตภัณฑ์เหล็กหล่อขึ้นรูปต่างๆ [4]



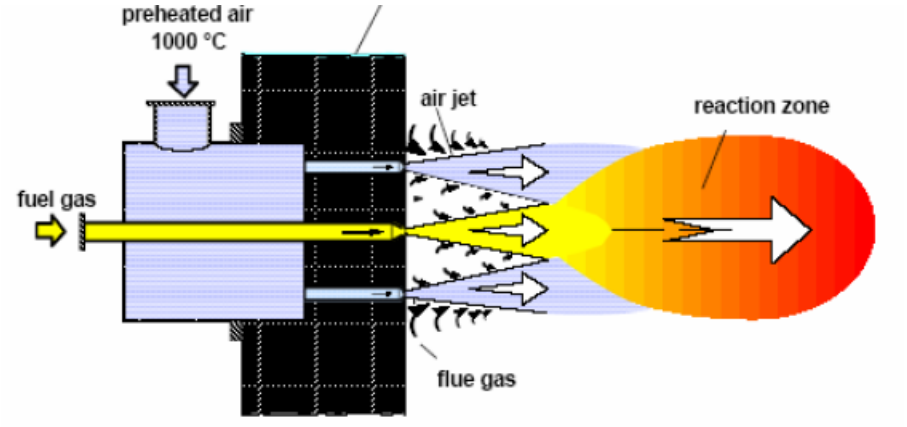
รูปที่ 2. 3 การผลิตเหล็กกล้าในอุตสาหกรรมเหล็กขั้นปลาย[9]

จากรูปที่ 2. 3 การผลิตเหล็กกล้าในอุตสาหกรรมเหล็กขั้นปลาย[9] (Reheating Furnace) เป็นเตาเผาอุตสาหกรรมประเภทหนึ่งใช้ในการอบเหล็กเพื่อให้ได้อุณหภูมิพอเหมาะก่อนนำไปรีดเป็นรูปร่างที่ต้องการโดยอุณหภูมิภายในเตาอบประมาณ 1,000-1,250 องศา ในปัจจุบันมักมีการใช้งานเตาอบเหล็กแบบต่อเนื่อง (Continuous reheating furnace) ซึ่งจะมีการใส่ชิ้นงานที่ต้องการอบเข้าทางด้านหนึ่งของเตา และจะมีการเคลื่อนที่ของชิ้นงานตามความยาวของเตา เมื่อเลื่อนที่ภายในเตาจะมีการให้ความร้อน ส่งผลให้ชิ้นงานที่เคลื่อนที่เข้าไปมีการเพิ่มอุณหภูมิขึ้นตามระยะทางที่เคลื่อนที่ จนกระทั่งถึงทางออกของเตา ซึ่งเตาที่นิยมใช้ในปัจจุบันแบ่งได้เป็น 3 ลักษณะการใส่ของชิ้นงานโดยสำหรับงานวิจัยนี้ศึกษาที่การทำงานของเตาแบบมีที่ดัน(Pusher Furnace)ซึ่งมีการเคลื่อนที่ของชิ้นงานตามแนวขวางของเตาโดยการดันของ ชิ้นงานที่ใส่ตามมา ดังนั้นจำนวน ชิ้นงานที่อยู่ภายในเตาจะมีลักษณะคงที่ลักษณะภายในของเตาเป็นดังรูปที่ 2. 4



รูปที่ 2. 4 Pusher Furnace[19]

โดยลักษณะการให้ความร้อนของเตาจะมีเทคนิคการให้ความร้อนภายในเตาด้วยเทคนิคเดียวกัน คือใช้หัวเผา (Burner) ทำให้เกิดการเผาไหม้ระหว่างเชื้อเพลิงที่เป็นของเหลวหรือแก๊สกับอากาศหรือแก๊สออกซิเจน



รูปที่ 2. 5 เทคนิคการให้ความร้อนภายในเตา[28]

3. แก๊สเชื้อเพลิง

เชื้อเพลิงในการเผาไหม้ที่ใช้งานกันทั่วไปนั้นแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ประกอบด้วย เชื้อเพลิงแข็ง เชื้อเพลิงเหลว และเชื้อเพลิงแก๊ส โดยค่าความร้อนของเชื้อเพลิงแต่ละประเภทจะสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 2. 1

ตารางที่ 2. 1 ค่าความร้อนของเชื้อเพลิงแต่ละประเภท [4]

ชนิดเชื้อเพลิง	ค่าความร้อนสูง(HHV)
น้ำมันเตา	10,000-10,800 kcal/kg
น้ำมันดีเซล	10,500-11,000 kcal/kg
แก๊สแอลพีจี (โพรเพน+บิวเทน)	24,000-32,000 kcal/Nm^3
แก๊สธรรมชาติ (มีเทน)	9,000-12,000 kcal/Nm^3
ถ่านหิน	4,500-7,500 kcal/kg
ลิกไนต์	3,000-5,000 kcal/kg
ฟืน	3,000-4,000 kcal/kg

โดยการใช้เชื้อเพลิงของเตาเผาเหล็กมีความเกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพของเตาเผาซึ่งมีการแสดงดังสมการประสิทธิภาพของเตาดังนี้

$$\text{ประสิทธิภาพของเตา } (\eta) = \frac{\text{พลังงานความร้อนที่สะสมอยู่ในผลิตภัณฑ์}}{\text{พลังงานที่สะสมในเชื้อเพลิง}}$$

$$= \frac{M_p x C_p x d_T}{M_f x LHV} \qquad (2.1)$$

เมื่อ η = ประสิทธิภาพ (%)

M_p = อัตราการป้อนผลิตภัณฑ์ (kg/hr)

M_f = อัตราการใช้เชื้อเพลิง (kg/hr)

C_p = ค่าความจุความร้อนจำเพาะของผลิตภัณฑ์ (kJ/kg.C°)

dT = ความแตกต่างอุณหภูมิชิ้นงานเข้า=ออก(°C)

LHV = ค่าความร้อนเชื้อเพลิง (kJ/kg)

ที่มา : การให้ความร้อนโดยเตาเชื้อเพลิง

โดยในงานวิจัยนี้ศึกษาที่เชื้อเพลิงน้ำมันเตาและเชื้อเพลิงแก๊สจากถ่านหินด้วยเทคโนโลยีการแปรสภาพถ่านหินเป็นแก๊ส(Coal Gasification)

น้ำมันเตา (Fuel Oil) คือ เชื้อเพลิงที่สำคัญที่สุดในอุตสาหกรรม เพราะราคาถูก ใช้ง่าย ให้ความร้อนสูงไม่มีขี้เถา ในบรรดาผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ จากน้ำมันปิโตรเลียม น้ำมันเตามีราคาต่ำสุด ชนิดของน้ำมันเตาที่ใช้ก็ขึ้นอยู่กับประเภทเตาและหัวฉีด บางชนิดก็ออกแบบสำหรับใช้กับน้ำมันที่ข้นมาก ๆ ได้ บางชนิดก็ต้องใช้น้ำมันที่ใส น้ำมันเตาส่วนใหญ่จะใช้กับหม้อน้ำ เตาเผาเตาหลอมในอุตสาหกรรมต่าง ๆ โดยที่มันเป็นของเหลว จึงขนถ่ายง่าย เก็บง่าย และใช้ง่าย จัดเป็นคู่แข่งที่สำคัญสำหรับเชื้อเพลิงประเภทอื่น เช่น ก๊าซซึ่งมีราคาแพงและขนถ่ายยาก น้ำมันเตาได้จากกากที่เหลือในการกลั่น กากน้ำมันพวกนี้มักหนืดมาก จึงต้องผสมกับสารทำให้เจือจาง (Diluent) เพื่อให้ได้ความหนืด (Viscosity) และปริมาณกำมะถัน (Sulphur Content) ตามต้องการ Diluent ที่ใช้ก็ได้แก่ พวกน้ำมันดีเซล หรือองค์ประกอบหรือน้ำมันก๊าดคุณภาพต่ำ โดยเหตุนี้จะเห็นได้ว่าน้ำมันเตายิ่งใสเท่าไรก็ต้องใช้ Dilument ที่มีราคาสูงในปริมาณมากขึ้นราคาน้ำมันเตานั้นจึงต้องแพงตามไปด้วย น้ำมันเตาที่จำหน่ายในประเทศไทยมีหลายชนิด ตั้งแต่ใสถึงข้นมาก [13] น้ำมันเตาที่ใช้ของโรงงานตัวอย่าง คือ น้ำมันเตา **C** หรือ เตา 1500 (Fuel oil 1500, 2%sulphur) เป็นน้ำมันเตาที่มีความหนืดปานกลาง เหมาะสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมขนาดกลางและใหญ่ ที่มีระบบการเผาไหม้และเครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพ ปัจจุบันเป็นเชื้อเพลิงที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลายมากที่สุด และมีราคาจำหน่ายต่ำกว่าน้ำมันเตาชนิดที่ 1 (เตา A) [14]

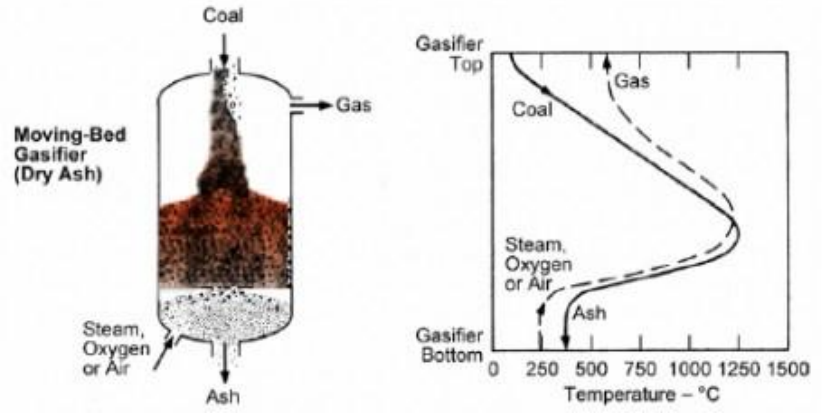
4. **แก๊สซิฟิเคชัน**

แก๊สซิฟิเคชัน หมายถึง กระบวนการแปรสภาพเชื้อเพลิงที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างเชื้อเพลิงแข็ง เช่น ถ่านหิน ถ่านไม้ เป็นต้น กับอากาศ แก๊สออกซิเจน ไอน้ำ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ หรือส่วนผสมของตัวทำปฏิกิริยาเหล่านี้ในปฏิกรณ์ที่มีออกซิเจนเพียง 1 ใน 3 ของปริมาณออกซิเจนที่ต้องการสำหรับการเผาไหม้แบบปกติ ผลผลิตส่วนใหญ่ของกระบวนการแก๊สซิฟิเคชันอยู่ในรูปของแก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ (Synthetic Gas หรือ Producer Gas) หรือแก๊สชีวมวล ซึ่งประกอบด้วยแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) แก๊สไฮโดรเจน (H_2) แก๊สมีเทน (CH_4) และสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ซับซ้อน (Complex hydrocarbons) เช่น C_2H_2 C_2H_4 รวมกันประมาณร้อยละ 38 และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ร้อยละ 11 ส่วนที่เหลืออีกประมาณร้อยละ 51 เป็นแก๊สไนโตรเจน (N_2) แก๊สเชื้อเพลิงสังเคราะห์ หรือแก๊สชีวมวลมีค่าความร้อนแตกต่างกันตามชนิด และคุณสมบัติของวัตถุดิบตลอดจนประเภทปฏิกรณ์ที่ใช้ ผลิตภัณฑ์แก๊สที่ได้จากกระบวนการเหมาะที่จะนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงาน หรือ เป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตสารเคมี เชื้อเพลิง เหลว และเชื้อเพลิงแก๊สชนิดอื่นๆต่อไป [35] ซึ่งความแตกต่างจากระบบเผาไหม้สมบูรณ์ คือ ระบบการเผาไหม้สมบูรณ์จะ

เปลี่ยนพลังงานในเชื้อเพลิงไปเป็นพลังงานความร้อน ผ่านปฏิกริยาเคมีที่มี Oxygen (O_2) อย่างเพียงพอ ในขณะที่ระบบ Gasification มีจุดประสงค์เพื่อเปลี่ยนพลังงานที่สะสมในเชื้อเพลิงให้เป็น H_2 และ CO (Syngas) มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ซึ่ง Syngas นั้นสามารถนำไปเผาไหม้ในกระบวนการถัดไปได้อย่างง่ายดาย ดังนั้น จะเห็นได้ว่าปริมาณ O_2 ที่ต้องการใช้นั้นน้อยกว่าการเผาไหม้แบบสมบูรณ์ถึง 30% ถึง 40%

เตาผลิตแก๊สเชื้อเพลิงมีการแบ่งลักษณะตามการป้อนเชื้อเพลิงซึ่งในการใช้เชื้อเพลิงถ่านหินพบว่าการใช้เตาแก๊สซิฟิเคชั่นแบบ Fixed Bed Gasifier มีความเหมาะสมเนื่องจากขนาดของถ่านหินและมีการใช้งานในการให้เชื้อเพลิงความร้อนในภาคอุตสาหกรรมต่างๆอย่างแพร่หลาย [16]

เตาผลิตแก๊สแบบ Fixed Bed Gasifiers เชื้อเพลิงภายในเตา Gasifier มีตัวรองรับเช่นตะแกรง จึงเปรียบเสมือนอยู่กับที่ตลอดเวลา [17] มีลักษณะภายในเตาและช่วงอุณหภูมิดังรูปที่ 2. 6



รูปที่ 2. 6 เตาแบบ Fixed Bed[18].

เตาผลิตเชื้อเพลิงจะสามารถแบ่งออกเป็นทิศทางการป้อนอากาศเข้าในเตา คือ

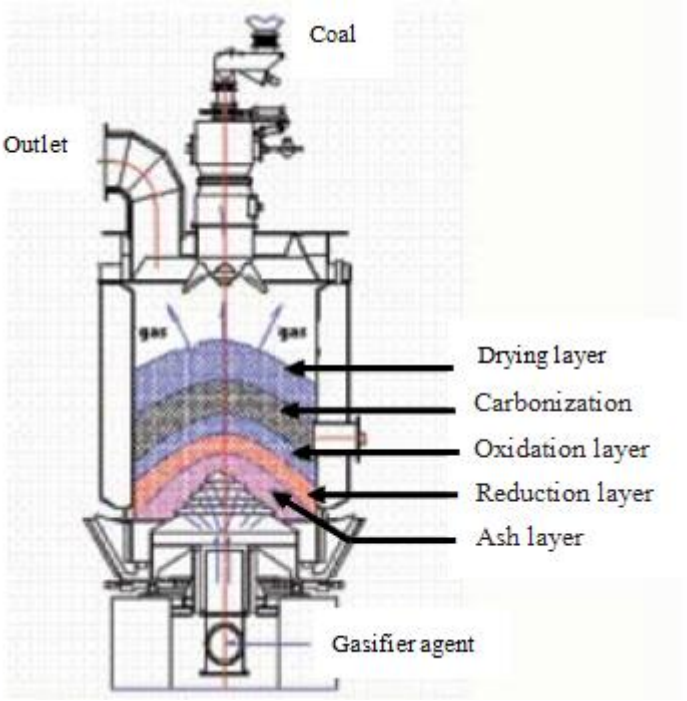
- การป้อนอากาศเข้าทางด้านล่างขึ้นบน (Updraft Gasifier)
- การป้อนอากาศสู่โซนการเผาไหม้แล้วไหลลงล่าง (Downdraft Gasifier)
- การป้อนอากาศเข้าทั้งสองด้าน(Twin-fire)
- การป้อนอากาศเข้าในแนวขวาง (Crossdraft Gasifier)

แต่ละการป้อนเชื้อเพลิงจะมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกัน การป้อนอากาศเข้าทางด้านล่างขึ้นบน (Updraft Gasifier)อากาศจะถูกป้อนทางด้านล่างไหลขึ้นด้านบนในขณะที่เชื้อเพลิงจะเคลื่อนที่ลงด้านล่างลักษณะสวนทางกัน หรือเรียกว่า Counetr Current Gasifier ซึ่งจะมีประสิทธิภาพทางความร้อนสูงแต่เมื่อแก๊สออกจากเตาเผาผลิตแก๊สอุณหภูมิโปรดิวเซอร์แก๊สจลดลง จะให้สิ่งเจือปนเช่น Tar และ Oil สามารถใช้กับเชื้อเหลิงที่มีความชื้นสูงได้ เหมาะสำหรับนำไปใช้ผลิตความร้อน (ใช้ในหม้อน้ำ เพื่อทดแทนน้ำมันเตา /LPG) การป้อนอากาศสู่โซนการเผาไหม้แล้วไหลลงล่าง (Downdraft

Gasifier) อากาศไหลลงทิศทางเดียวกับการไหลเลื่อนของเชื้อเพลิงจึงอาจเรียกว่า Co-Current Gasifier เชื้อเพลิงที่ใช้ต้องมีความชื้นค่อนข้างต่ำ, ปริมาณเถ้าต่ำ , ก๊าซที่ได้ค่อนข้างสะอาดเหมาะสำหรับนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์สันดาปภายใน (เพราะมีปริมาณน้ำมันดินต่ำ) [17]

5. **Coal Gasification System**

เป็นเทคโนโลยีถ่านหินสะอาดที่พัฒนาขึ้นเพื่อแปรรูปถ่านหินให้เป็นแก๊สเชื้อเพลิง กระบวนการแบบรูปถ่านหินจะเป็นการเผาไหม้โดยการจำกัดอากาศหรือการออกซิเดชั่นในถ่านหินเพียงบางส่วน แก๊สเชื้อเพลิงที่ได้จะถูกนำมาทำให้สะอาดโดยการกำจัดมลพิษด้วยระบบต่างๆก่อนนำไปใช้งาน โดยในยุคเริ่มแรกระบบ Coal Gasification จะเป็นแบบ Single Stage ซึ่งแก๊สเชื้อเพลิงที่ได้จะไม่สะอาดเพียงพอ ต่อมาได้มีการพัฒนาระบบให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นโดยได้พัฒนาเป็นแบบ Two Stage ซึ่งแก๊สเชื้อเพลิงที่ได้จะมีปริมาณที่มากขึ้นและมีความสะอาดมากขึ้น ซึ่งเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการเผาตรงเช่น ในอุตสาหกรรมเซรามิก หรือนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายในเพื่อผลิตไฟฟ้าได้เทคโนโลยีการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงด้วยระบบแก๊สซิฟิเคชั่น เกิดจากขบวนการปฏิกิริยาทางเคมีที่ซับซ้อนหลายขั้นตอนภายในเตาแก๊สซิไฟเออร์จะเกิดการเผาไหม้ชั้นของถ่านหินที่กองซ้อนทับลงมา ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็นชั้นของปฏิกิริยาดังรูปที่ 2. 7

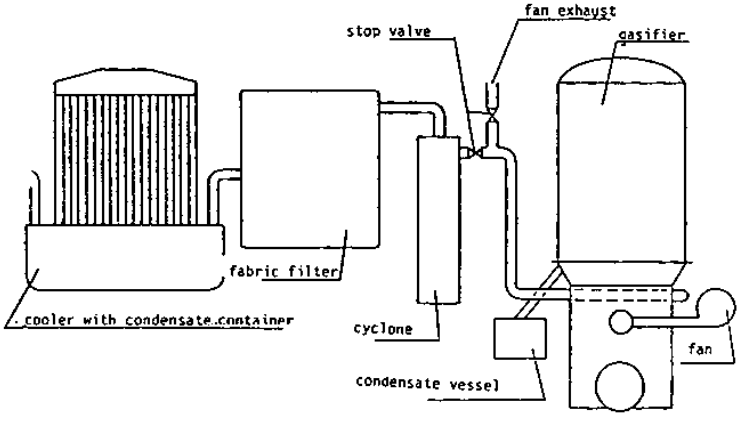


รูปที่ 2. 7 การแบ่งส่วนของภายในเตาแก๊สซิฟิเคชั่น[5]

1. Ash layer : เป็นโซนที่เพิ่มความร้อนให้กับไอน้ำและอากาศที่จะทำปฏิกิริยาทางเคมีกับถ่านหิน อุณหภูมิของกากขี้เถ้าลดลง
2. Oxidation layer : เป็นโซนที่มีอุณหภูมิสูงที่สุดเนื่องจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง โดยอากาศจะไปทำปฏิกิริยากับเชื้อเพลิงแข็งที่ตกลงมาจาก Carbonization layer ความร้อนที่เกิดขึ้นจะนำไปให้ความร้อนในปฏิกิริยาเคมีชั้นต่อไป
3. Reduction layer : ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน ดังนั้นอุณหภูมิของแก๊สจึงลดลง และในชั้นนี้จะเกิดแก๊ส H_2 และ CO
4. Carbonization layer : ขั้นตอนนี้ถ่านหินจะแตกตัวออกเป็นของแข็ง ของเหลว และแก๊ส โดยถ่านหินจะเริ่มเปลี่ยนสภาพกลายเป็นคาร์บอนที่อุณหภูมิ 300°C และเมื่ออุณหภูมิเกิน 300°C สารระเหยจำพวกน้ำมันดินจะถูกแยกออกไป
5. Drying layer : ในขั้นตอนนี้ ไอน้ำที่แทรกตัวอยู่ในถ่านหินจะโดนไล่ออกด้วยความร้อนที่มาจากโซนเผาไหม้ของเตาปฏิกรณ์ เพื่อให้เชื้อเพลิงมีการเผาไหม้ด้วยประสิทธิภาพสูงสุด [5]

ระบบ แก๊สซิฟิเคชั่น จะมีส่วนประกอบใหญ่ๆ คือ

1. ผลิตแก๊สซิไฟเออร์ (Gasifer)
2. ส่วนกรองผง ฝุ่น ขี้เถ้าออกจากแก๊สซิไฟเออร์
3. ส่วนลดอุณหภูมิ Cooling System ลดอุณหภูมิให้เหมาะสมกับเครื่องยนต์ หรือหม้อต้มไอน้ำ
4. เพิ่มเติม ที่จัดเก็บ หรือใช้งานเช่นเครื่องยนต์ต้นกำลัง



รูปที่ 2. 8 ระบบแก๊สซิฟิเคชั่น (Gasification System)[12]

6. ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับถ่านหิน

ถ่านหินเกิดจากตะกอนสะสมของซากพืชในยุคดึกดำบรรพ์เป็นเวลาอันยาวนาหลายๆล้านปีจนตะกอนนั้นเปลี่ยนสภาพไปจนมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นธาตุคาร์บอนที่รวมอยู่กับไฮโดรเจน เรียกว่าไฮโดรคาร์บอนที่มีส่วนประกอบคาร์บอนมาก และมีธาตุอื่นๆ ในการที่มีไฮโดรเจนในสัดส่วนที่น้อย ถ่านหินจึงเป็นของแข็งและขณะที่น้ำมันและแก๊สซึ่งมีสัดส่วนของไฮโดรเจนอยู่มากกว่าจะมีสถานะเป็นของเหลวและแก๊ส[20]

การจำแนกประเภทถ่านหินจะแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ ชนิดและศักดิ์ของถ่านหิน

1. ชนิด โดยอาศัยการศึกษาระบบไมโครสโคปิก ของถ่านหินว่ามีอะไรเป็นพื้นฐานในการศึกษาสามารถจำแนกย่อยได้อีก 3 แบบคือ
   - วิทริไนต์ เกิดจากการเน่าเปื่อยผุพังของพวกเปลือกไม้ เนื้อเยื่อของไม้ เป็นพื้นฐาน
   - เอ็กซิไนต์ เกิดจากการเน่าเปื่อยผุพังของสาหร่ายและพืชชั้นต่ำ
   - อินเนอทิไนต์ ซึ่งไม่สามารถจำแนกได้ว่าเกิดจากอะไรเป็นองค์ประกอบพื้นฐาน
2. ศักดิ์ เป็นสมบัติที่สำคัญของถ่านหินซึ่งแสดงถึงความเป็นอิสระของการเปลี่ยนแปลงเป็นถ่านหิน ถ่านหินที่มีศักดิ์ต่ำที่สุดคือ ลิกไนต์ ตามด้วยซับบิทูมินัส บิทูมินัส และแอนทราไซต์ ถ่านหินที่มีศักดิ์ต่ำจะใช้เวลาในการเกิดน้อยมีปริมาณคาร์บอนต่ำและปริมาณออกซิเจนสูงเมื่อเทียบกับถ่านหินที่มีศักดิ์สูงกว่า ถ่านหินที่มีศักดิ์สูงกว่าจะให้ค่าความร้อนสูงกว่าถ่านหินที่มีศักดิ์ต่ำ[35]

ตารางที่ 2. 2 ประเภทของถ่านหินตามศักดิ์

ศักดิ์ของถ่านหิน	%ความชื้นรวม	%ปริมาณสารระเหย	%ค่าความร้อนสุทธิ
แอนทราไซต์	1-3	2-8	7,500
บิทูมินัส	3-15	25-40	7,000
ซับบิทูมินัส	15-25	33-50	4,500
ลิกไนต์	20-50	25-50	3,000
พิท	35-60	30-60	1,300

รูปที่ 2. 9 ประเภทของถ่านหิน

การใช้ประโยชน์

ถ่านหินสามารถนำมาเผาไหม้เพื่อผลิตไอน้ำโดยใช้หม้อไอน้ำ และไอน้ำที่ได้อาจนำไปป้อนให้กังหันไอน้ำเพื่อผลิตไฟฟ้า หรือนำความร้อนจากไอน้ำไปใช้ประโยชน์ในกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมที่ต้องการความร้อนได้แต่การใช้ถ่านหินซึ่งเป็นเชื้อเพลิงแข็งมีความไม่สะดวกเท่ากับการใช้น้ำมันและแก๊สเป็นเชื้อเพลิง เพราะว่าต้องมีระบบการจัดการที่มากกว่า ทั้งในเรื่องการป้องกันฝุ่นละออง การควบคุมคุณภาพ การคัดขนาด การกองเก็บ การจัดการของเสียและการควบคุมมลภาวะทางอากาศ น้ำ และเสียง ทำให้มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มต้นที่สูงกว่า และมีค่าใช้จ่ายในการจัดการมากกว่า แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจากถ่านหินมีราคาที่ต่ำกว่า จึงทำให้เกิดความคุ้มค่าในระยะยาวและเพิ่มความสามารถในการแข่งขัน [20]

สถานการณ์ถ่านหินในประเทศไทย

ประเทศไทยมีปริมาณถ่านหินสำรองมากกว่า 2,000 ล้านตัน แหล่งส่วนใหญ่จะอยู่ในภาคเหนือ เป็นถ่านหินชั้นคุณภาพลิกไนต์ ซับบิทูมินัส บิทูมินัส และมีถ่านหินชั้นคุณภาพแอนทราไซต์ในปริมาณเล็กน้อย ไทยใช้ถ่านหินเป็นแหล่งพลังงานร้อยละ 13 ของการใช้พลังงานในประเทศ ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงที่มีบทบาทสำคัญในการใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าถึงร้อยละ 81 ของปริมาณการใช้ถ่านหินในประเทศ และใช้ในอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์มากถึงร้อยละ 14 ถ่านหินในประเทศส่วนใหญ่จะมีปริมาณเถ้าค่อนข้างสูง (ร้อยละ 14 - 50) ปริมาณกำมะถันร้อยละ 1 - 7 ปริมาณความชื้น

ร้อยละ 10 - 30 และค่าความร้อนในช่วง 2,500 - 5,500 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัม แตกต่างไปตามแหล่งถ่านหิน การใช้ประโยชน์ ปัจจุบันการใช้เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดจำกัดอยู่เฉพาะในภาคอุตสาหกรรมการผลิตสินค้า เช่น อุตสาหกรรมการผลิตปูนซิเมนต์ อุตสาหกรรมผลิตกระดาษคร๊าฟ เป็นต้น

ในการใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงมักเกิดปัญหาในเรื่องของสิ่งแวดล้อมตามมา ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องหาเทคโนโลยีที่มีช่วยทำให้มลพิษการใช้ถ่านหินลดลง เทคโนโลยีแต่ละชนิดอาจจะมีความเหมาะสมต่อคุณสมบัติถ่านหินแตกต่างกันไป บางเทคโนโลยีสามารถประยุกต์ใช้ได้กับถ่านหินคุณภาพต่ำและสูง ในขณะที่บางเทคโนโลยีสามารถใช้ได้เฉพาะถ่านหินที่มีคุณภาพค่อนข้างดี โดยปัญหาที่พบและเป็นที่กังวลของประชาชนที่อยู่ใกล้กับสถานที่ที่มีการใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงคือ ปริมาณของกำมะถันหรือซัลเฟอร์ โดยกำมะถันจะพบในเชื้อเพลิงนั้น จะขึ้นอยู่กับแหล่งของเชื้อเพลิง โดยถ่านหินที่พบมีอยู่หลายชนิดซึ่งถ่านหินที่มีคุณภาพดีเช่น แอนทราไซต์ หรือ บิทูมินัส พบว่ามีค่าซัลเฟอร์ต่ำหรือมีค่าปริมาณของซัลเฟอร์ที่ใกล้เคียงกับน้ำมันเตาที่เป็นเชื้อเพลิงหลักของโรงงานตัวอย่าง ข้อเสียของกัมมะถันที่พบคือ การก่อให้เกิดการกัดกร่อน ซึ่งจะเกิดขึ้นในระหว่างและหลังจากการเผาไหม้ การควบแน่นในส่วนที่เป็นเย็นของปล่องไฟ อุปกรณ์อุ่นอากาศและแผงรับความร้อน และ ปริมาณของขี้เถ้าจะสัมพันธ์กับวัสดุอนินทรีย์หรือเกลือที่อยู่ในเชื้อเพลิง ส่วนระดับของขี้เถ้าในเชื้อเพลิงสกัดนั้น คือเป็นเรื่องเล็กน้อย ขี้เถ้ามีผลกระทบกับการสึกหกร่อนต่อส่วนปลายของหัวเผา และทำให้เกิดความเสียหายแก่อุปกรณ์วัสดุทนความร้อนอื่นๆ เมื่อต้องอยู่ในสภาวะอุณหภูมิสูงๆ ตลอดจนทำให้เกิดการกัดกร่อนที่อุณหภูมิสูงและการชำรุดของอุปกรณ์ต่างๆ โดยสารพิษและมลพิษที่เกี่ยวข้องนอกเหนือจากที่กล่าวมาจะแสดงชนิดของมลสาร ลักษณะที่ปรากฏ และปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบผลิตแก๊สมีดังตารางที่ 2. 3

ตารางที่ 2. 3 ชนิดและมลสาร[21]

ชนิดและมลสาร	ลักษณะที่ปรากฏ	ปัญหา
มลสารหรืออนุภาคขนาดเล็ก	ฝุ่น,ขี้เถ้า,เถ้าลอย,ผงถ่าน องค์ประกอบที่ควบแน่น	ทำให้เกิดการกัดกร่อนของชิ้นส่วนที่เป็นโลหะในระบบและมลภาวะทางสิ่งแวดล้อม
องค์ประกอบโลหะอัลคาไลน์โลหะหนัก (Alikali Metal)	องค์ประกอบของโซเดียมและโปแตสเซียมที่เกิดในสภาวะกลายเป็นเถ้าหลอมกลายเป็นแสลกหรือมลภาวะกลายเป็นไอ	ทำให้เกิดการกัดกร่อนชิ้นส่วนของโลหะที่อุณหภูมิสูง,หลุดลอกของชิ้นผิวเคลือบโลหะ
ออกไซด์ของไนโตรเจน	เกิดมลภาวะอากาศโดยเกิดNO_x ระหว่างกระบวนการเผาไหม้	เกิดมลภาวะของ NO_x
ซัลเฟอร์และคลอรีน	บางส่วนคงเหลือในเถ้าหนัก หรือเกิดการกลายเป็นไอ,แก๊ส	เกิดมลภาวะเกิดการกัดกร่อนโลหะ เช่น H_2S HCL SO_x
ทาร์ (Tar)	ของเหลวที่มีความหนืดสูง ส่วนใหญ่เป็นสารไฮโดรคาร์บอน	ทำให้วาล์ว,ระบบการกรองอุดตันและกัดกร่อนชิ้นส่วนโลหะ

จากชนิดของมลสารที่เกิดขึ้นนอกจากจะเป็นปัญหาของระบบแล้วจะเป็นมลพิษของสิ่งแวดล้อม การมีระบบทำความสะอาดจึงเป็นเรื่องสำคัญโดยระบบที่นิยมใช้ในปัจจุบันเพื่อลดปัญหาดังกล่าวสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 2. 4

ตารางที่ 2. 4 การทำความสะอาดมลสารแต่ละชนิด [22]

ชนิดและมลสาร	ระบบทำความสะอาด
มลสารหรืออนุภาคขนาดเล็ก	ไซโคลน ระบบกรอง ระบบสคับเบอร์
องค์ประกอบโลหะอัลคาไลน์โลหะหนัก (Alikali Metal)	ระบบการควบแน่น ระบบกรอง
ออกไซด์ของไนโตรเจน	ระบบสคับเบอร์ Selective Catalytic Reduction(SCR)
ซัลเฟอร์และคลอรีน	ระบบสคับเบอร์โดยใช้โซเดียมคาร์บอเนต หรือปูนขาวหรือ lime scrubber
ทาร์ (Tar)	การแตกตัวในการใช้ความร้อน การแตกตัวในการใช้สารเร่ง ระบบการควบแน่น ระบบสคับเบอร์

ในการนำเทคโนโลยีดังกล่าวมาใช้จึงต้องมีการศึกษาถึงความคุ้มค่าที่เกิดขึ้นโดยใช้หลักการทางเศรษฐศาสตร์ในการเปรียบเทียบการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเตาและเชื้อเพลิงแก๊สจากถ่านหิน

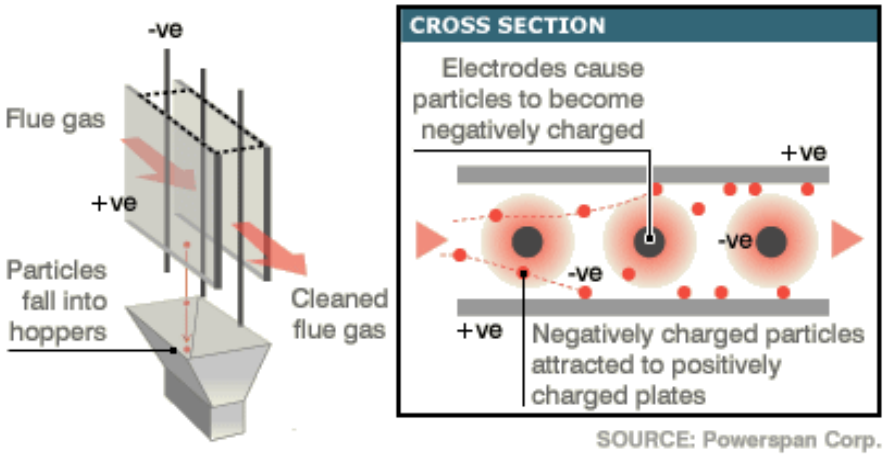
เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดหลังการเผาไหม้

เทคโนโลยีถ่านหินสะอาดหลังการเผาไหม้ (post-combustion) นี้ เป็นการกำจัดมลพิษที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ถ่านหิน ก่อนที่จะถูกปล่อยออกสู่สภาพแวดล้อม ซึ่งมีทั้งที่อยู่ในรูปของฝุ่นละอองต่างๆ และก๊าซ เทคโนโลยีที่นำมาใช้แก่ปัญหาในขั้นตอนนี้ได้แก่

- การกำจัดฝุ่นละออง

เมื่อถ่านหินถูกเผาไหม้จะมีฝุ่นละอองต่างๆ เกิดขึ้นในกระบวนการ ดังนั้นเพื่อเป็นการกำจัดฝุ่นละอองดังกล่าว จะมีการใช้อุปกรณ์สำหรับการดักจับ ฝุ่นละอองที่เกิดนี้ ซึ่งโดยทั่วที่ใช้กันอยู่ได้แก่

ก. **เครื่องดักฝุ่นด้วยไฟฟ้า (electrostatic precipitator)** เป็นการกำจัดฝุ่นละอองโดยใช้หลักการไฟฟ้าสถิตย์ เมื่อฝุ่นละอองเคลื่อนที่ผ่านสนามไฟฟ้าจะทำให้ฝุ่นละอองมีประจุไฟฟ้า และเมื่อเคลื่อนที่ผ่านเข้าไปยังถังเก็บ ซึ่งมีประจุไฟฟ้าขั้วตรงข้ามกับฝุ่นละอองๆ ก็จะถูกดูดให้ติดกับแผ่นรวบรวม (collector plates) ที่อยู่ภายในถังเก็บฝุ่น ระบบนี้ถือว่ามีประสิทธิภาพสูงมากในการดักจับฝุ่น



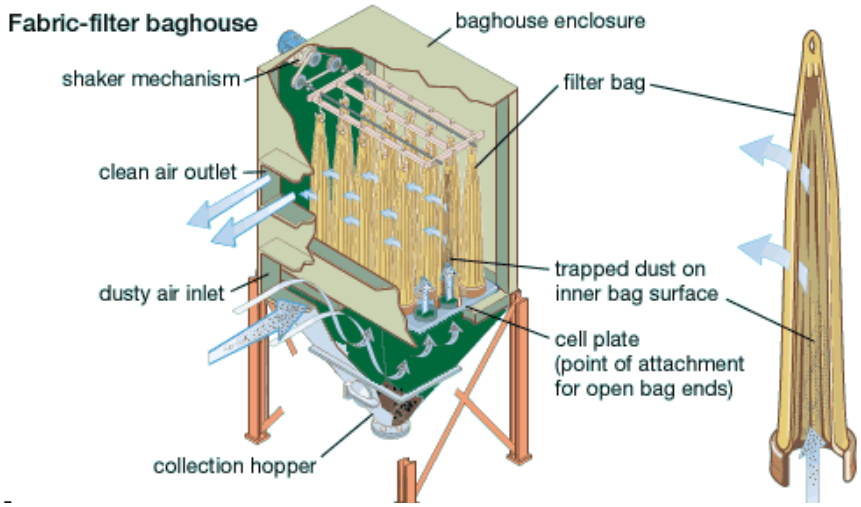
รูปที่ 2. 10 เครื่องดักฝุ่นด้วยไฟฟ้า (electrostatic precipitator)

ข. **เครื่องแยกฝุ่นแบบลมหมุน (cyclone Separator)**

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการแยกฝุ่นละอองออกจากก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้ถ่านหิน โดยใช้หลักของแรงเหวี่ยงเพื่อให้ก๊าซซึ่งมีฝุ่นละอองผสมอยู่เกิดการหมุนตัว จะทำให้ฝุ่นละอองซึ่งมีน้ำหนักมากกว่ารวมตัวกันและถูกแยกออกมา สามารถใช้ร่วมกับหม้อไอน้ำแบบฟลูอิดไดซ์เบดหรือกับหม้อไอน้ำแบบ pulverized coal

รูปที่ 2. 11 เครื่องแยกฝุ่นแบบลมหมุน (cyclone Separator)

ค. เครื่องกรองฝุ่นแบบถุงกรอง (bag filter) เป็นอุปกรณ์ที่มีถุงกรองเป็นตัวกรองแยกฝุ่นละอองออกจากก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้ถ่านหิน

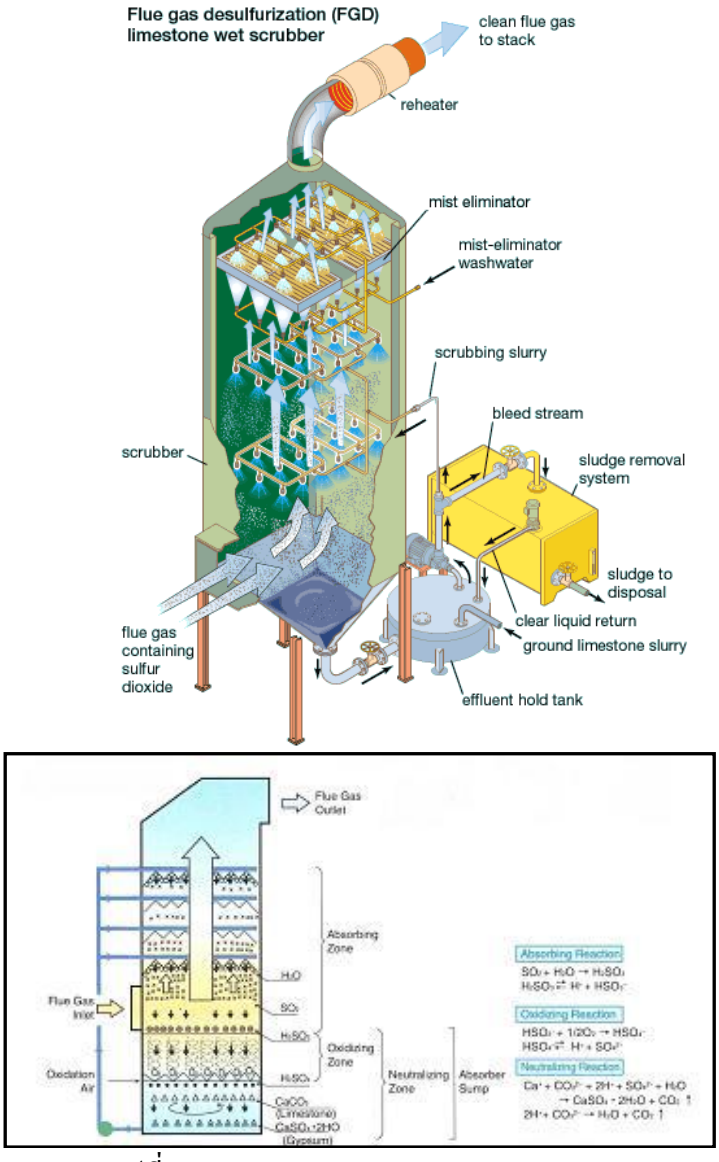


รูปที่ 2. 12 เครื่องกรองฝุ่นแบบถุงกรอง (bag filter)

3.2 การกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์

เป็นกระบวนการกำจัดก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ถูกปล่อยออกมาพร้อมก๊าซทิ้งหลังการเผาไหม้โดยการฉีดส่วนผสมของน้ำกับหินปูนเข้าไปทำปฏิกิริยากับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ผสมอยู่ในก๊าซทิ้งนั้น ผลของปฏิกิริยาดังกล่าวจะทำให้เกิดการรวมตัวและตกตะกอนเป็นยิบซัม ซึ่งเป็นสารประกอบที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้

เทคโนโลยีการจับก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_x) ออกจากก๊าซที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ หรือจากก๊าซเชื้อเพลิง (Flue Gas) ที่เกิดจากขบวนผลิต ก่อนปล่อยออกสู่บรรยากาศ เรียกขบวนการนี้ว่า Flue Gas Desulfurization (FGD) โดยการทำปฏิกิริยาระหว่าง Flue Gas กับน้ำปูนหรือหินปูนทั้งในรูปของการฉีดพ่นฝอยหรือใส่เข้าไปเป็นของเหลว ปฏิกิริยาดังกล่าวจะเกิดซัลเฟตหรือซัลไฟต์ขึ้นเป็นของแข็ง คือ ยิปซั่มสังเคราะห์ (Synthetic Gypsum) สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เช่น ถมที่ หรือทำแผ่นยิปซัม วิธีการนี้สามารถลดซัลเฟอร์ได้ 80-90% แต่ไม่สามารถลดปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจนได้ จึงต้องมีระบบกำจัดของเสียที่เกิดจากระบบกำจัด (Scrubber) อีกด้วย



รูปที่ 2. 13 Flue Gas Desulfurization (FGD)

ตัวชี้วัดความคุ้มค่าของโครงการ(Indicators of Project Worth)

ตัวชี้วัดความคุ้มค่าของโครงการ มีความสำคัญอย่างมากต่อการตัดสินใจที่จะรับหรือปฏิเสธโครงการที่กำลังพิจารณาอยู่ หรือนำมาใช้สำหรับเป็นเกณฑ์การตัดสินใจในการลงทุน (investment decision criteria) ทั้งนี้เพราะตัวชี้วัดความคุ้มค่าของโครงการสามารถบ่งบอกได้ว่าโครงการแต่ละโครงการมีความคุ้มค่าต่อการลงทุนหรือไม่ และยังสามารถบอกให้ทราบถึงลำดับความสำคัญของโครงการได้อีกด้วย

ผังกระแสเงินสด (Cash Flow Diagramming)

กระแสเงินสดที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลา จะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ กระแสเงินสดเข้าหรือรายรับ และกระแสดเงินสดออกหรือรายจ่าย ในการเขียนกระแสเงินสดแต่ละจุดเวลานั้นจะต้องมีการรวมรายรับและรายจ่ายเข้าด้วยกันให้เกิดกระแสเงินสดสุทธิเพียงค่าเดียว

Net Cash Flow = รายรับ — รายจ่าย (2.2)

การวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันของโครงการ (Present Worth Analysis)

การคำนวณหามูลค่าปัจจุบันของโครงการ ซึ่งเรียกว่า Present Value (PV) หรือ Net Present Value (NPV) ซึ่งเราสามารถประยุกต์ใช้หลักการวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันของโครงการมาใช้ในการเลือกทางเลือกของโครงการที่มากกว่า 1 ทางเลือกได้

การตัดสินใจใช้วิธี วิเคราะห์ส่วนเพิ่ม (Incremental analysis)

คือ เทคนิคการเปรียบเทียบเลือกระหว่าง 2 ทางเลือก เน้นผลต่างระหว่างรายได้และค่าใช้จ่าย ที่ตรงกรณีการตัดสินใจ ข้อมูลที่ตรงกับการตัดสินใจ คือ รายได้หรือค่าใช้จ่ายที่จะเกิดขึ้นในอนาคต อาจใช้กับปัญหาต่างๆ เช่น การลงทุนในโครงการย่อย การตัดสินใจซื้อเครื่องจักรหรืออุปกรณ์

มีคำศัพท์ที่เกี่ยวข้องคือ

- Relevant Cost = ปัจจัยที่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเปลี่ยนทางเลือก ซึ่งเราจะต้องนำมาพิจารณาด้วย
- Opportunity Cost (ต้นทุนค่าเสียโอกาส) = ต้นทุนที่สูญเสียไปเมื่อเราเปลี่ยนทางเลือกไปเลือกทางเลือกอันใหม่ ซึ่งเราจะต้องนำมาพิจารณาด้วย
- Sunk Cost = ต้นทุนที่เกิดขึ้นไปแล้ว ไม่ว่าจะเลือกทางไหนก็ไม่มีทางเอากลับคืนหรือเปลี่ยนแปลงไปได้ ดังนั้น (ไม่นำ Sunk Cost มาพิจารณาใน Incremental Analysis)

ในการประเมินต้นทุนและผลตอบแทนของโครงการนั้นจะต้องพิจารณาเฉพาะต้นทุนและผลตอบแทนส่วนเพิ่ม (Incremental) อันเกิดจากการใช้ปัจจัยผลิตหรือผลผลิตส่วนเพิ่ม ซึ่ง “ส่วนเพิ่ม” คือ ความแตกต่างระหว่างปัจจัยผลิตและผลผลิต กรณีที่มีโครงการ (with project) กับกรณีไม่มีโครงการ (without project)

1. การเปรียบเทียบโครงการโดยวิธีส่วนเพิ่มของมูลค่าปัจจุบัน(Incremental Analysis in Present Worth)

การเปรียบเทียบโครงการที่มีการลงทุนไม่เท่ากัน มักนิยมเปรียบเทียบจากส่วนต่างของการลงทุน และส่วนต่างของรายได้ โดยนำเอาโครงการที่ลงทุนมากกว่าเป็นตัวตั้งลบด้วยโครงการที่ลงทุนต่ำกว่า (ถ้าอายุของโครงการไม่เท่ากันจะต้องยืดให้อายุเท่ากันก่อน) แล้วนำส่วนต่างเหล่านั้นมาหามูลค่าปัจจุบัน ส่วนการตัดสินใจนั้น

- ถ้ามูลค่าปัจจุบันที่คำนวณได้มากกว่าศูนย์ จะเลือกโครงการที่ใช้เงินลงทุนมากกว่า
- ถ้าน้อยกว่าศูนย์จะเลือกโครงการที่ใช้เงินลงทุนน้อยกว่า

2. อัตราผลตอบแทนส่วนเพิ่ม (Incremental Internal Rate of Return)เนื่องจากในการลงทุนแต่ละโครงการจำนวนเงินที่ใช้ไม่เท่ากัน ในการวิเคราะห์โดยวิธีอัตราผลตอบแทนภายในจะต้องคำนึงถึงจำนวนเงินลงทุนด้วยโดยการวิเคราะห์จาก อัตราผลตอบแทนส่วนเพิ่ม (Incremental Internal Rate of Return) ขั้นตอนในการวิเคราะห์แบ่งออกเป็น 2 ประเภท

ขั้นตอนในการวิเคราะห์แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

2.1. โครงการที่มีรายได้ จะเรียงลำดับโครงการจากการลงทุนน้อยไปหามาก มีขั้นตอนดังนี้

2.1.1. หาอัตราผลตอบแทนภายในของทุกโครงการ และตัดโครงการที่มีอัตราผลตอบแทนภายในต่ำกว่า MARR ออก

2.1.2. เอาโครงการที่ลงทุนน้อยที่สุดและมี IRR มากกว่า MARR เป็นฐานเพื่อวิเคราะห์อัตราผลตอบแทนการลงทุนเพิ่มของโครงการที่ลงทุนในลำดับต่อไป

2.1.3. หาอัตราผลตอบแทนส่วนเพิ่ม ให้ A เป็นโครงการที่ลงทุนน้อย B เป็นโครงการที่ลงทุนมากกว่า ถ้า $IRR_{B-A} \geq$ MARR เลือกโครงการที่ลงทุนมาก (B) ถ้า $IRR_{B-A} <$ MARR เลือกโครงการที่ลงทุนน้อย (A) ทำเช่นนี้จนหมดโครงการที่พิจารณา

2.2. ในกรณีโครงการที่มีค่าใช้จ่ายเป็นส่วนมาก จะไม่ทำในขั้นตอนที่ 2.1.1 จะเริ่มทำในขั้นตอนที่ 2.1.2 เลย เกณฑ์การตัดสินใจก็เช่นเดียวกับโครงการที่มีรายได้ [23]

3. การวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis)

การวิเคราะห์ความไว คือการศึกษาความไวของปัจจัยต่างๆ ของโครงการที่มีต่อปัจจัยหลัก เช่น ผลกำไรหรืออีกนัยหนึ่งเป็นการศึกษาผลกระทบต่อปัจจัยหลักที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยตัวแปรต่างๆ ของโครงการ เช่น อัตราผลตอบแทนต่ำสุดที่กำหนดไว้ต่อปี (MARR) จากที่ประมาณการไว้ที่ 10% แต่เปลี่ยนไป +1% หรือ -1% ต่อปี ค่าเทียบเท่าเงินปัจจุบันสุทธิของผลกำไรของโครงการจะเป็นอย่างไร ยังคุ้มค่าต่อการลงทุนหรือไม่ ถ้าต้องการเปลี่ยนแปลงค่า MARR ดังกล่าวทำให้ค่าเทียบเท่าเงินปัจจุบันสุทธิของผลกำไรเปลี่ยนแปลงไปมาก แสดงว่าปัจจัย MARR มีความไวสูง ถ้าเปลี่ยนแปลงน้อยหรือไม่เปลี่ยนแปลงเลย แสดงว่าปัจจัย MARR มีความไวต่ำหรือไม่มีความไวเลย นอกจากปัจจัยเรื่อง MARR เรายังสามารถศึกษาหาความไวของปัจจัยอื่นๆ ของโครงการ เช่น รายได้ ต้นทุนดำเนินการ ต้นทุนผันแปร ต้นทุนแปรผันต่อหน่วย อายุของโครงการ มูลค่าซากของทรัพย์สินในโครงการ และอื่นๆการวิเคราะห์ความไวโดยกำหนดให้หาค่าเทียบเงินปัจจุบันสุทธิของผลกำไรเมื่อปัจจัย คือปริมาณการผลิตต่อปี เปลี่ยนแปลงค่า ในกรณีทั่วๆ ไปการวิเคราะห์ความไวสามารถศึกษาความไวของปัจจัยอื่นๆ ได้ดังต่อไปนี้[24]

1. รายได้หรือราคาขายต่อหน่วย
2. ต้นทุนดำเนินการหรือต้นทุนแปรผันต่อหน่วย
3. อัตราผลตอบแทนต่ำสุดต่อปีที่กำหนดไว้
4. อายุโครงการ
5. ปัจจัยอื่นๆ

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ภาษาอังกฤษ

- Anne-Gae¨lle Collot (2006)

การจับคู่เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่นกับถ่านหิน เพื่อผลิตเป็นไฮโดรเจน โดยไฮโดรเจนที่ได้จะนำไปใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าหรือเป็นสารตั้งต้นของสารเคมี เครื่องแกสิไฟเออร์สามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท entrained flow, fluidised bed และ fixed bed gasifiers ที่มีการใช้อยู่ทั่วไป กระบวนการแกสิฟิเคชั่นเป็นกระบวนการที่เกิดปฏิกิริยาของเชื้อเพลิงแข็งกับอากาศ,ออกซิเจน, คาร์บอนไดอออกไซด์,ไอน้ำ เกิดการผสมรวมกันที่อุณหภูมิสูงเกินกว่า 700 องศาเซลเซียส สิ่งที่ได้จะเป็นแก๊สที่มีความเหมาะสมในการเป็นแหล่งพลังงาน ซึ่งส่วนประกอบของแก๊สที่เกิดขึ้นจะมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับ 1.ส่วนประกอบหรือศักดิ์ของถ่านหิน 2.ขนาดของถ่านหิน 3. การใส่อากาศหรือออกซิเจน 4.เงื่อนไขของกระบวนการแกสิฟิเคชั่น(อุณหภูมิ,ความดัน,อัตราความร้อนที่ให้และช่วงเวลา) 5.โครงสร้างของเครื่องแกสิไฟเออร์ ตัวเลือกถ่านหินเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญ เนื่องจากมีความยืดหยุ่นน้อยด้วยเงื่อนไขข้อจำกัดทางเศรษฐกิจ,ถ่านหินที่ใช้ตามท้องถิ่นต่างๆ เราจึงควรมีการประยุกต์เทคโนโลยีแกสิฟิเคชั่นให้มีความเหมาะสมกับถ่านหิน แกสิไฟเออร์แบบแรก entrained flow แกสิไฟเออร์แบบนี้เป็นการใส่ถ่านหินได้ทั้งแบบเปียกและแบบแห้งโดยการดำเนินการที่อุณหภูมิสูง 1200-1600 องศาเซลเซียสความดันที่ 2-8 เมกะปาสคาล แก๊สที่ออกจากกระบวนนี้มีความต้องการที่ให้เกิดการเย็นตัวลงก่อนที่จะทำความสะอาดแก๊ส กระบวนการนี้มีความยากกว่ากระบวนการอื่นจากการศึกษาและทดลองในหลายชนิดถ่านหินพบว่าถ่านหินที่เลือกใช้คือถ่านหินต้องมีปริมาณเถ้าน้อย ค่ามากที่สุดของเถ้าจะกำหนดได้จากการออกแบบเตา โดยค่าของอุณหภูมิของเถ้าต้องต่ำกว่าอุณหภูมิการดำเนินการคือ 1,400-1600 องศาเซลเซียส อุณหภูมิความหนืดของเถ้าขึ้นอยู่กับปริมาณของ SiO_2/Al_20_3 แบบที่สอง fluidised bed เป็นกระบวนการที่อุณหภูมิต่ำ (800-1,050 องศาเซลเซียส)ต้องการถ่านหินที่มีค่าการหลอมละลายของเถ้าที่สูงกว่าอุณหภูมิดำเนินการของระบบ เป็นการป้องกันการรวมกลุ่มกันของเถ้า และถ่านหินที่เลือกต้องมีปริมาณคาไลน์ที่สูง มีดัชนีค่าการพองตัวของถ่านหินที่ต่ำ ยอมรับถ่านหินที่มีค่าปริมาณซัลเฟอร์ที่สูงได้เพราะสามารถเก็บในส่วนด้านล่างของเครื่องได้มากกว่า 90% ด้วยการใช้ตัวดูดซับ แบบที่สาม fixed bed gasifiers เป็นกระบวนการที่เหมาะสมกับการใช้เชื้อเพลิงแข็งด้วยขนาด 5-80 มิลลิเมตร เป็นการผสมกันของไอน้ำและออกซิเจนจากทางด้านล่างเป็นการสวนทางกันของอากาศและถ่านหิน เวลาในเครื่อง 15-60 นาที ที่ความดันสูงแต่ถ้าที่ความดันบรรยากาศจะต้องใช้เวลาหลายชั่วโมง เครื่องแกสิไฟเออร์ที่ใช้ขึ้นอยู่กับการออกแบบตามลักษณะของถ่านหิน ความแตกต่างของถ่านหิน

ในเตา BGL อยู่ที่มากกว่า 50% และ Lurgi 5% เป็นการป้องกันการหลอมเหลวเข้าด้วยกันของอนุภาค ชนิดของถ่านหินมีอิทธิพลต่อการออกแบบเครื่องแกสิไฟเออร์,การดำเนินการและประสิทธิภาพของเครื่อง ถ่านหินทุกชนิดสามารถใช้ในการผลิตไฮโดรเจนได้โดยกระบวนแกสิฟิเคชั่นเป็นสิ่งที่ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ถ่านหินด้วยวิธีอื่นรวมไปถึงการจัดเก็บคาร์บอนไดออกไซด์

- S.Dasappa ,H.V. Sridhar, G. Sridhar,et al. (2003)

เป็นการศึกษาการใช้ biomass gasifier โดยมีการเรียกโดยรวมว่า bio-energy package โดยแบ่งออกเป็นสองกรณีคือ ที่ อุณหภูมิต่ำ และอุณหภูมิสูงตามความต้องการของโรงงานโดยระบบแก๊สซิฟิเคชั่นประกอบด้วยส่วนเปิดด้านบนทำจากเซรามิกส์ ระบบทำความสะอาดและระบบทำความสะอาดมีการทำงานในระบบได้ตามความต้องการโดยส่วนประกอบอื่นเช่นส่วนของการขนส่งเชื้อเพลิง ส่วนน้ำในการทำความสะอาดน้ำในการหล่อเย็นและส่วนอัตโนมัติในการเปิดทำงาน การปิดและระบบควบคุมเชื้อเพลิงซึ่งในที่นี้ใช้เป็นดอกไม่อบแห้ง การประยุกต์ที่อุณหภูมิต่ำแทนที่น้ำมันดีเซลในช่วง 125-150 l/h แก๊สจาก 500 kg/h ระบบแก๊สซิฟิเคชั่นคือท่อส่วนการเผาไหม้แก๊สสังเคราะห์ใน chamber คล้ายกับการเผาไหม้ของดีเซล การประยุกต์ที่อุณหภูมิสูงเพื่อเตาหลอมอุณหภูมิในช่วง 873-1200 k biomass ทีใช้ 500kg/h แทนที่ 2000 ลิตรของน้ำมันดีเซลหรือ LDO ต่อวัน package นี้ใช้ แก๊สซิฟิไฟเออร์ ที่ 16 หัวเผาและเตา 8 เตา ตามความแตกต่างของอุณหภูมิที่ต้องการ การดำเนินการที่มากกว่า 140 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ด้วยโหมดการทำงานที่มากกว่า 4000 ชั่วโมง เพื่อดำเนินการแทนที่น้ำมันประโยชน์จะเป็นทั้งในทางเศรษฐศาสตร์และทางสิ่งแวดล้อม ซึ่งการเปรียบเทียบทางเศรษฐศาสตร์จากการเปรียบเทียบพื้นฐานของ mass balance น้ำมัน 1 ลิตรแทนที่ด้วยเชื้อเพลิงจากชีวมวล 3.5 กิโลกรัม โดยผลจากการการแทนที่ปรากฏว่าสามารถเก็บค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการใช้จ่ายเชื้อเพลิงน้ำมันได้ 0.3 usd/l เทียบที่น้ำมันดีเซล จากการวิเคราะห์วัฏจักรชีวิตของระบบการดำเนินการ การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ ซึ่งตัวแปรทีเปลี่ยนไปคือ ค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงาน ทางด้านสิ่งแวดล้อมสามารถประหยัดสุทธิได้ 6300 ตัน

- MURAT DERVISOGLU, O¨NER HORTAC SU (1998)

การดำเนินการทดลองเครื่องแก๊สซิไฟเออร์ที่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 เมตร กับโรงงานเซรามิกส์ การศึกษาจากสิ่งที่มีผลกระทบ ความดันอากาศ,อุณหภูมิไอน้ำเพื่อให้ค่าความร้อน ทดลองที่ 65 gasification ที่มาตรฐานของการผสมถ่านหิน เชื้อเพลิงให้ค่าความร้อนที่ 1100-1400 cal/liter การให้ค่าความร้อนเพิ่มขึ้นมากกว่า 27% ด้วยค่าที่เปลี่ยนแปลงไป 3 กระบวนการเพื่อค่าที่ดีที่สุด ตัวอย่างเช่น ที่ค่าความดันอากาศ 43 cm ของน้ำ อุณหภูมิไอน้ำที่ 55 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิ

ผลิตแก๊สออกมาที่ 160 องศาเซลเซียสเป็นค่าที่เหมาะสมที่สุดของกระบวนการทดลอง การได้ค่าที่ดีที่สุดเพื่อจะได้นำไปประยุกต์ใช้ทางเศรษฐศาสตร์ของแก๊สซิฟิเคชั่น

- Feng Duan, Baosheng ,JinYaji Huang, Bin Li (2010)

การศึกษาถึงถ่านหินบิทูมินัส ด้วยการใช้เตาแบบ fluidized - bed (CFB) ผลกระทบของปริมาณสัมพันธ์, อัตราส่วนไอน้ำ / ถ่านหิน และอุณหภูมิที่อุ่นของ แก๊สซิไฟเออร์ในลักษณะเป็นแก๊สถ่านหินมีการศึกษาทำงาน ผลการทดลองพิสูจน์ความเป็นไปได้ของอากาศที่อุณหภูมิสูง / กระบวนการอบไอน้ำเป่าแก๊สค่าความร้อนต่ำที่ลดลงจะเพิ่มขึ้น 21%, เมื่ออุณหภูมิอุ่นของแก๊สซิไฟเออร์จะเพิ่มขึ้น 400 - 700 องศาเซลเซียส. ส่วนประกอบของสารสังเคราะห์มีการเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิของแก๊สซิฟิเคชั่น ด้วยการเพิ่มขึ้นของปริมาณอัตราส่วนปริมาณสัมพัทธ์อุณหภูมิ H_2 ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นช่วงแรกและ ลดลง CH_4 ความเข้มข้นลดลงและ CO และ CO_2 ความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นช่วงแรกและแตกต่างกันเล็กน้อยในขั้นตอนที่สองเนื่องจากอุณหภูมิของแก๊สคงที่กับการเพิ่มขึ้นของไอน้ำ /อัตราส่วนถ่านหินเป็นแก๊ส อุณหภูมิของแก๊สซิฟิเคชั่น ที่แสดงให้เห็นแนวโน้มที่ลดลง CH_4 ความเข้มข้นของแก๊สยังคงอยู่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงโดยทั่วไปความเข้มข้นของCO_2ลดลงและ H_2 เพิ่มความเข้มข้นในช่วงแรกและลดลงในขณะที่ CO_2 ความเข้มข้นแสดงแนวโน้มตรงข้ามของ H_2 บ่งชี้ว่าอุณหภูมิแก๊สเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดที่มีอิทธิพลต่อการเป็นแก๊สถ่านหินตัวแปรของอัตราส่วนที่เท่ากันและไอน้ำ / อัตราส่วนถ่านหินที่มีอยู่ในช่วงการดำเนินงานที่ดีที่สุดที่ช่วงนี้ถ่านหินแสดงให้เห็นถึงข้อดีของแก๊สในค่าความร้อนที่ต่ำกว่าประสิทธิภาพของแก๊สเย็นและการแปลงคาร์บอนสำหรับกระบวนแก๊สจากถ่านหินบิทูมินัส ในการเปรียบเทียบกับทั้งสองประเภทอื่น ๆ ของ แก๊สซิฟิเคชั่น โดยใช้ถ่านหินบิทูมินัสจีนเป็นแก๊สที่มีแรงดันลดลง ปริมาณคาร์บอน ของเถ้าลอยที่ดีมาก

- Chihiro Fushimi, Mitsuhiro GotoMitsuhiro Goto, Atsushi Tsutsumi,et al. (2003)

จากน้ำหนักของถ่านหินตัวอย่างและน้ำหนักโมเลกุลแก๊สที่ต่ำ (H,CH_4,CO_2และ CO) ในไอน้ำและการกลั่นสลายของถ่านหิน Yallow Brown และซับบิทูมินัสมีการวัดค่าความสมดุลของอุณหภูมิจาก Micro GC และ Mass spectrometer เพื่อตรวจสอบกลไกการเกิดปฏิกิริยาของไอน้ำในแก๊สซิไฟเออร์ด้วยการให้ความร้อนอย่างรวดเร็ว 100k/s ส่งผลให้แก๊สที่ได้จากกระบวนการสมบูรณ์คือประกอบด้วย H_2และCO_2พลังงานทางเคมีที่ได้สามารถเป็นพลังงานไฮโดรเจนและมีประสิทธิภาพที่เกิดการเพิ่มขึ้นเล็กน้อยของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจากการวัดพบว่า ที่อัตราการให้ความร้อนต่ำมากกว่า 625K เกิดการสลายตัวของโครงสร้างและเกิด CO_2 ที่อุณหภูมิมากกว่า 1023 K ผลิตภัณฑ์ที่ได้คือ ทาร์ ,CO_2, CO และ CH_4 การเกิดปฏิกิริยากับน้ำที่อุณหภูมิมากกว่า 827 K จะเกิดการลดลงของ CO และลด H_2 และ CO_2 ไอน้ำที่เกิดขึ้น 1023 K เกิดการลดลงของ CO ใน

ส่วนการกลั่นสลายมี CO อยู่ถึงประมาณ 40-70% และการแปลงเป็น CO_2อย่างสมบูรณ์ด้วยไอน้ำจากแก๊สซิฟิเคชั่นปริมาณของ CO มีการเพิ่มขึ้นตามการให้ความร้อนอย่างรวดเร็ว โดยปฏิกิริยาเปลี่ยนน้ำเป็นแก๊สมีอิทธิพลต่อการเกิดแก๊สของผลิตภัณฑ์

- Thomas w.Marrero ,Brendan P. McAuley, William R. Sutterlin,et al. (2004)

การวิเคราะห์โลหะหนักในกากตะกอนในกระบวนการเปลี่ยนของแข็งเป็นแก๊สด้วยเชื้อเพลิงที่ให้คือเชื้อเพลิงไบโอที่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 mm. โลหะหนักที่เป็นผลิตผลออกมาจากแก๊สซิฟิเคชั่น จากการตรวจสอบที่สามส่วนคือ 1. กากของถ่านในแก๊สซิฟิเคชั่น 2.ส่วนของเหลวที่เกิดขึ้นจากการควบแน่นที่250 ml 3.ส่วนกรอง 5 g.ขนาด 1-2 mm.ของเม็ดถ่าน พบ arsenic ในปริมาณมากกว่า 1% เล็กน้อยตรวจจับได้ใน แก๊สที่ปล่อยทิ้งพบ Mercury (ปรอท) ในปริมาณมากในของแข็งในแก๊สซิไฟเออร์แต่ปรอทส่วนมากจะถูกกรองออกไปจากกากตะกอน จะมีการออกมาเป็นละอองของเหลวเล็กน้อยเล็กน้อย โลหะหนักในถ่านมีความเข้มข้นของกรดไนตริกที่ 50% ทำการตรวจหาของโลหะหนักต่างๆด้วยแก๊สโครมาโทกราฟฟี เป็นปริมาณ Cd 13.1±4.1%,Sr 16.9±2.1% ,Cs 44.8±1.6% ,Co 34.5±2.44% ,As 61.2±3.8% ,Hg 35.6±14.4% ,Cu 22.6±5.0%

- C.L. Penniall , C.J. Williamson (2009)

ศึกษาความเป็นไปในศักยภาพการแปรสภาพของแข็งเป็นแก๊สในประเทศนิวซีแลนด์อุตสาหกรรมการแปรรูปไม้ มีวัตถุประสงค์ของการวิจัยคือการตรวจสอบความเป็นไปได้ของการติดตั้งแก๊สซิฟิเคชั่น เป็นพื้นฐานการให้พลังงานในอุตสาหกรรมนิวซีแลนด์ไม้แปรรูป ศึกษาที่การให้พลังงานความร้อนและพลังงานไฟฟ้าในโรงเลื่อย, แผ่นไม้อัดพืช (LVL) ไม้ลามิเนตและไฟเบอร์บอร์ดความหนาแน่นปานกลาง(MDF)มีการใช้แก๊สซิฟิเคชั่นกับเชื้อเพลิงชีวมวลได้แก๊สที่มีคุณภาพดีเนื่องจากการติดเครื่องแก๊สซิฟิเคชั่นสองคอลัมภ์คู่กันพบว่ามีความเหมาะสมในการใช้งานกว่าการใช้อากาศเป่าเข้าไปในเครื่องแก๊สซิฟิเคชั่นเพียงอย่างเดียว ในราคาที่คุ้มทุนสำหรับการผลิตไฟฟ้า MDFและ LVL ช่วงการผลิตอยู่ที่ 4-8.9 C / kWh ในขณะที่ โรงเลื่อยอยู่ที่ 11.6 C / kWh การศึกษาเปรียบเทียบทางเศรษฐศาสตร์สถานการณ์ที่ได้เปรียบทางเศรษฐศาสตร์ที่สุดคือในส่วนของ MDF ตามด้วย LVL mill B ,LVL mill Aและโรงเลื่อยตามลำดับข้อเสียเปรียบทางเศรษฐศาสตร์ที่เกิดขึ้นเกิดจากการที่เชื้อเพลิงชีวมวลมีความชื้นจึงต้องมีค่าใช้จ่ายในการทำให้เชื้อเพลิงแห้งก่อน เมื่อมีการเปรียบเทียบโครงการการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทางเลือกในนิวซีแลนด์ประกอบด้วย พลังงานจากน้ำลมและความร้อนจากใต้พื้นดินกับแก๊สซิฟิชั่นพบว่ามีความเหมาะสมที่จุดคุ้มทุนตามช่วงที่กล่าวมาข้างต้น การเลือกการให้พลังงานที่เหมาะสมยังเป็นการทำให้เกิดการผลิตไฟฟ้าได้ปริมาณมากขึ้นและมีศักยภาพเนื่องจากเป็นการลดค่าของจุดคุ้มทุนในการผลิตกระแสไฟฟ้า อีกทั้งยังเป็นการ

ตอบสนองนโยบายของรัฐบาลในการกระจายแหล่งที่มาของการผลิตกระแสไฟฟ้าและสร้างความมั่นคงทางด้านพลังงานในนิวซีแลนด์

- Gary J. Stiegel , Russell C. Maxwell (2001)

เทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่นเป็นเทคโนโลยีที่ใช้ของแข็งและของเหลวที่มีคาร์บอนเป็นส่วนประกอบเพื่อผลิตเป็นแก๊สจากการทำปฏิกิริยากันของน้ำและอากาศ โดยเป็นที่รู้จักมาเกือบสองร้อยปีและถูกใช้อย่างกว้างขวางในการผลิตแก๊ส พบว่าเป็นเทคโนโลยีที่มีความสำคัญในเชิงพาณิชย์ทำให้ได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีดังกล่าวอย่างต่อเนื่องเพื่อนำไปสู่การแข่งขันกับเทคโนโลยีอื่นทางด้านต้นทุนที่มีประสิทธิภาพในการให้ความร้อนและต้องเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม พบว่าเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่นสามารถแข่งขันทางด้านราคากับเทคโนโลยีอื่นได้และสามารถกำหนดค่าให้เหมาะสมทางเศรษฐกิจในการผลิต ไฮโดรเจน และในขณะเดียวกันยังให้ความสนใจที่การแยกหรือการนำคาร์บอนไดออกไซด์ไปใช้ จากแนวคิดใหม่ในการศึกษาเป็นเส้นโค้งการเรียนรู้ที่ผลประโยชน์และการลดความเสี่ยงทางด้านเศรษฐกิจให้อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ของโรงงานและทางด้านบัญชี โดยมีการคาดการณ์ในปี 2015 ว่าจะมีการยอมรับและการใช้งานเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชั่นในวงกว้างมากขึ้นไม่เพียงแต่ในส่วนของการใช้ทางเคมีแต่จะรวมไปถึงการใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า และโรงงานผลิตเหล็กเป็นต้น เทคโนโลยีดังกล่าวจะมีส่วนสำคัญในการช่วยลดการเกิดก๊าซเรือนกระจกและเป็นฐานทางเศรษฐกิจในการผลิตไฮโดรเจน กระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่น จะเป็นทางเลือกในอนาคตเพราะความก้านหน้าของเทคโนโลยีที่มากขึ้นจะทำให้เทคโนโลยีมีประสิทธิภาพมากขึ้นและมีข้อได้เปรียบทางด้านค่าใช้จ่ายและสมรรถนะของเทคโนโลยี

ภาษาไทย

- สมเกียรติ ตั้งจิตสิตเจริญ และปารเมศ ชุติมา (2543)

การศึกษาแนวทางในการอัดกากอ้อยในระดับอุตสาหกรรมโดยได้ทำการศึกษาและเปรียบเทียบเครื่องอัดใน 4 ประเภท ประกอบด้วย การอัดแบบกลิ้ง(Roll Briquetting) , การอัดเป็นก้อนลูกบาศก์(Cubing) , การอัดเป็นเม็ด(Pellet Mill) , การอัดเป็นท่อน(Auger Extruders) จากการทดลองพบว่าเครื่องอัดแบบสกรู (Auger Extruders) มีความเหมาะสมในการใช้งานมากที่สุด และแนวทางนโยบายการขนส่งกากอ้อยจากโรงงานน้ำตาลบริเวณใกล้เคียงมาป้อนยังโรงงานศูนย์กลาง จากการคัดเลือกจากโรงงานน้ำตาลทั้งหมด 46 โรงงานโดยเริ่มที่การวิเคราะห์การจัดกลุ่มโรงงานน้ำตาลในประเทศไทยเป็นกลุ่มๆ พิจารณาที่การกระจายตัวและระยะทางระหว่างโรงงานน้ำตาลบริเวณรอบๆกับโรงงานน้ำตาลที่เป็นศูนย์กลาง ต่อมาจะเป็นการเลือกกลุ่มโรงงานที่เหมาะสมในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากกากอ้อยโดยพิจารณาปัจจัยที่เกี่ยวข้องและวิเคราะห์โดยการให้คะแนนน้ำหนักของปัจจัยที่กำหนดขึ้นมา เช่น วัตถุดิบ ระยะทาง ความพร้อมของโรงงานและค่าความร้อนของกากอ้อย เป็นต้น ใช้เป็นโรงงานในการป้อนวัตถุดิบให้กับโรงงานศูนย์กลางในการใช้กากอ้อยผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งได้โรงงานที่มีความเหมาะสมในด้านการขนส่งกากอ้อยให้กับโรงงานศูนย์กลางได้หนึ่งโรงงานมีโรงงานน้ำตาลใกล้เคียงที่ป้อนกากอ้อยทั้งหมด 9 โรงงาน มีการชี้วัดความเหมาะสมในการดำเนินโครงการจากการศึกษาทางด้านการเงินโดยแบ่งเป็นสองกรณี คือ กรณีแรกมีการผลิตกระแสไฟฟ้าจากโรงงานศูนย์กลางที่เครื่องจักรและอุปกรณ์เดิมในการผลิตกระแสไฟฟ้า จะไม่คุ้มค่าในการลงทุน คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ =-1,453,830,459 กรณีที่สองมีการติดตั้งเครื่องจักรและอุปกรณ์ใหม่ทำให้ประสิทธิภาพในการผลิตกระแสไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ = 667,540,417 บาทอัตราผลตอบแทนการลงทุน = 18.71% ระยะเวลาคืนทุน = 6.08 ปี อัตราส่วนระหว่างผลตอบแทนส่วนต้นทุน = 2.28 ส่งผลให้กรณีที่สองมีความน่าสนใจในการลงทุน

- คมสันต์ นาคพันธ์ (2548)

งานวิจัยนี้ได้มีการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ จากการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำข้อมูลเบื้องต้นที่ได้มาเป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อวิเคราะห์เชิงเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ของการนำกากอ้อยมาใช้เป็นเชื้อเพลิงผลิตพลังงานความร้อนร่วม ผลการวิเคราะห์ทางเทคนิคพบว่าหม้อไอน้ำที่ห้องเผาไหม้แบบฟลูอิดไดซ์เบดมีประสิทธิภาพสูงกว่าหม้อไอน้ำที่มีห้องเผาไหม้แบบสโตกเกอร์ อีกทั้งหม้อไอน้ำที่มีห้องเผาไหม้แบบฟลูอิดไดซ์เบดยังมีปริมาณกากอ้อยที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงน้อยกว่าเนื่องจากห้องเผาไหม้แบบฟลูอิดไดซ์เบดมีการสูญเสียความร้อนน้อยกว่าห้องเผาไหม้แบบสโตกเกอร์ และการลดความชื้นของกากอ้อยก่อนการป้อนเข้าสู่หม้อไอน้ำจะส่งผลให้ใช้ปริมาณกากอ้อยที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงลดลงเนื่องจากค่าความร้อนของกากอ้อย

มีสูงขึ้นและสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำที่มีระบบลดความชื้น ทางด้านเศรษฐศาสตร์การวิเคราะห์ความอ่อนไหวที่เกิดขึ้นกับประเภทสัญญาการซื้อขายกระแสไฟฟ้าและกรณีอัตราส่วนการลงทุนแบบต่างๆของหม้อไอน้ำที่ห้องเผาไหม้แบบต่างๆพบว่าหม้อไอน้ำแบบสโตกเกอร์จะผลทางเศรษฐกิจที่ดีกว่าห้องเผาไหม้แบบฟลูอิดไดซ์เบด แต่จากราคาค่าก่อสร้างและอายุการใช้งานของเตาแบบฟลูอิดไดซ์เบดทำให้หม้อไอน้ำแบบสโตกเกอร์มีความน่าลงทุนมากกว่า โดยเมื่อมีการลงทุนด้วยหม้อไอน้ำแบบสโตกเกอร์แล้วพบว่าจากการผลิตกระแสไฟฟ้าได้ 10 MW มีการกู้ยืมเงินในการก่อสร้าง 673.56 ล้านบาท ใช้สัญญาซื้อขายกระแสไฟฟ้าแบบกำหนดพลังงานระยะเวลา 20 ปี ทำให้มีรายได้จากการผลิตกระแสไฟฟ้าคิดเป็นเงิน 189.80 ล้านบาท ให้ค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ 3,147 ล้านบาทอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุนเป็น 2.5359 และอัตราส่วนผลตอบแทนโครงการเป็น 39.14%

- นนทชัย อึ้งชัยพาณิชย์ (2546)

การศึกษา มีการศึกษาเปรียบเทียบทางด้านวิศวกรรมและทางด้านการเงิน การวิเคราะห์ทางด้านวิศวกรรมการให้พลังงานกับเตาเผาแบบทีละครั้งจะให้มากกว่าเตาตั้งขนาดเล็กแบบต่อเนื่องถึง 7.90 MJ การในผลิตปูนสุก 1 กิโลกรัม ซึ่งสาเหตุเกิดมาจากการสูญเสียความร้อนในกระบวนการผลิต (Energy Loss)มากเนื่องจากประสิทธิภาพในการใช้พลังงานของเตาแบบเผาทีละครั้งที่มีค่าต่ำกว่า อีกทั้งเตาเผาแบบทีละครั้งยังเป็นระบบเปิดทำให้ความร้อนออกมาพร้อมก๊าซที่ถูกปล่อยออกมาจากเตาปูนขาว อัตราการใช้พลังงานและประสิทธิภาพการให้พลังงานระหว่างเตาตั้งขนาดเล็กแบบต่อเนื่องกับเตาแบบเผาทีละครั้งเมื่อให้เชื้อเพลิงลิกไนต์พบว่าเตาเผาแบบทีละครั้งมีการใช้เชื้อเพลิง 750 กิโลกรัมต่อตันปูนสุก และ เตาตั้งขนาดเล็กแบบต่อเนื่องใช้เชื้อเพลิง 330 กิโลกรัมต่อตันปูนสุกพบว่าประสิทธิภาพในการใช้พลังงานของเตาตั้งขนาดเล็กแบบต่อเนื่องดีกว่าถึงร้อยละ 56 จากการเปรียบเทียบข้อมูลเชิงเทคนิคระหว่างเตาตั้งขนาดเล็กแบบต่อเนื่องกับเตาเผาแบบทีละครั้งพบว่าเตาเผาแบบทีละครั้งใช้ขนาดของหินปูนใหญ่กว่าเตาตั้งเล็กแบบต่อเนื่อง จากการเผาไหม้ความร้อนของถ่านหินไม่กระจายไปด้านบนทำให้หินปูนสุกมากที่ด้านล่างและยังไม่สุกที่ด้านบนแต่เตาตั้งขนาดเล็กแบบต่อเนื่องจะเป็นปูนสุกแบบสุกมากแต่คุณภาพสม่ำเสมอและพบเถ้าจากถ่านหินจึงควรเลือกถ่านหินที่มีเถ้าน้อย การวิเคราะห์ทางด้านการเงินพบว่าเตาตั้งขนาดเล็กมีต้นทุนการผลิตต่อหน่วยน้อยกว่าแบบเตาเผาทีละครั้ง 181.45 บาท ในส่วนการเปรียบเทียบเพื่อการตัดสินใจที่เตาตั้งขนาดเล็กแบบต่อเนื่อง มูลค่าปัจจุบันสุทธิ 1,355.308.60 บาท อัตราผลตอบแทนภายใน 37.01% ระยะเลาคืนทุน 2.59ปี ในส่วนของเจาเผาแบบทีละครั้ง มูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็น 108,880.00 บาท อัตราผลตอบแทนภายใน 11.12%และระยะเวลาคืนทุน 5.86 ปี จะเห็นได้ว่าเตาตั้งขนาดเล็กแบบต่อเนื่องมีความเป็นไปได้ในการใช้ทดแทนเตาแบบเผาทีละครั้ง การวิเคราะห์ความ

ไวของราคขายปูนขาวและต้นทุนในการผลิตปูนขาวของเตาตั้งขนาดเล็กแบบต่อเนื่องตัวแปรที่มีความไวที่สุดคือ ราคาขายของปูนขาว รองมาคือค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมเตาปูนขาว ส่วนการวิเคราะห์ความไวของเตาเผาแบบทีละครั้ง ตัวแปรที่มีความไวที่สุดคือ ราคาขายของปูนขาว รองลงมาคือราคาของหินปูน ค่าแรงงานเงินลงทุนในการก่อสร้างเตาปูนขาวและค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซมเตาปูนขาว ตามลำดับ

- นภดล สิทธิวงศ์ (2553)

เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในทางด้านการตลาด ทางด้านเทคนิคและวิศวกรรมรวมไปถึงการเงิน จากการศึกษาทางด้านการตลาดพบว่า วิธีการพยากรณ์แบบสมการเชิงเส้นของแนวโน้มมีความผิดพลาดในการพยากรณ์น้อยที่สุด การศึกษาทางด้านเทคนิคและวิศวกรรมได้เลือกแผงรับรังสีแบบหลอดสุญญากาศจากบริษัท GT และเลือกการใช้ถึงบรรจุน้ำร้อนขนาด 15,000 ลิตรร่วมกับปั๊มและระบบท่อส่งเดิมที่มีอยู่โดยการติดตั้งแผง Solar Collector จำนวน 60 แผง ทำมุม 15 องศา ใช้แผ่นเหล็กหนา 3.2 มิลลิเมตร หันไปทิศใต้ เป็นต้นส่วนการวิเคราะห์ทางการเงินพบว่า หากลงทุนที่ 2,800,600 บาทผลตอบแทนทางด้านการเงินมีค่าอัตราตอบแทนของเงินลงทุน(IRR) เท่ากับ 9.34% มีระยะเวลาคืนทุนในปีที่ 4 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวการเปลี่ยนแปลงอัตราผลตอบแทนในการลงทุนพบว่าการเพิ่มขึ้นของราคาน้ำมันจะส่งผลต่ออัตราผลตอบแทนการลงทุนโครงการในลักษณะแปรผันตามกับปัจจัยที่มีผลต่ออัตราผลตอบแทนโครงการมากที่สุด

- มนตรี มีเสน (2551)

พิจารณาความคุ้มค่าในเชิงการผลิตควบคู่กับเชิงเศรษฐศาสตร์มีผลต่อการลงทุนของโรงงานเพื่อช่วยในการตัดสินใจดำเนินการเพิ่มเติม การทำการผลิตแบบเดิมเป็นการหล่อกลวงผลิตภัณฑ์ด้วยมือที่ใช้แรงงานคนเป็นหลัก ทำการผลิตได้ 1.5 กะต่อวัน และ 5 วันต่อสัปดาห์ รอบการผลิตเฉลี่ยต่อวันขึ้นอยู่กับขนาดของผลิตภัณฑ์ที่ 6 รอบการผลิต อายุการใช้แม่แบบปูนปาสเตอร์เฉลี่ยต่อวันขึ้นอยู่กับขนาดของผลิตภัณฑ์ ปกติใช้งานที่ 60 รอบ เมื่อนำเครื่องจักรเก่ามาทำการผลิตทดแทนสามารถทำงานเพิ่มเป็น 3.0 กะต่อวันและ 6 วันต่อสัปดาห์รอบการผลิตเพิ่มเป็น 12 รอบอายุการใช้แม่แบบเฉลี่ยเพิ่มขึ้น การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ มีระยะเวลาการคืนทุน 7.59 ปี และ 3.00 ปีตามลำดับ มีอัตราการตอบแทนเงินรวมที่ 13.18%,33.24% ตามลำดับ หากปริมาณการผลิตลดลง 5%,10%และ 15% ระยะเวลาการคืนทุนเป็น 8 ปี 9 ปีและ 9ปี ตามลำดับ ถ้าใช้พนักงานประจำ และระยะเวลาคืนทุนเปลี่ยนเป็น 4 ปี 4 ปีและ 4 ปีตามลำดับ จึงสรุปได้ว่าการซื้อเครื่องจักรเก่าชนิดเครื่องหล่อกลวงผลิตภัณฑ์เซรามิกส์มาใช้งานทำให้มีความคุ้มค่าในการลงทุน

- มิ่งศักดิ์ ตั้งตระกูลและชัยวิทย์ เสมอภาค (2547)

การศึกษาจะทำการผลิตก๊าซจากถ่านหินคุณภาพต่ำ 4 ขนาดคือ น้อยกว่า 0.85 มิลลิเมตร , 085-1.18 มิลลิเมตร , 1.18-2.36 มิลลิเมตร และ 2.36-3.5 มิลลิเมตร ในคอลัมภ์ฟลูอิดไดซ์เบดแบบต่อเนื่อง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 39 เซนติเมตรสูง 200 เซนติเมตร โดยใช้อากาศเป็นตัวกลางและเก็บข้อมูลจากการวิจัยโดยมีตัวแปรที่พิจารณาคือ อัตราการป้อนเชื้อเพลิงก๊าซต่อความเร็วอากาศและอุณหภูมิของการผลิตเชื้อเพลิง เพื่อให้ได้สภาวะเหมาะสมในการผลิตแก๊สช่วงอุณหภูมิอยู่ที่ 750,800,850,900 อัตราการป้อน 11 กิโลกรัม/ชั่วโมง และความเร็วของอากาศ 2.05 และ 2.75 เมตร/วินาที จากการศึกษาพบว่าสภาวะที่เหมาะสมคือ อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส ขนาดถ่านหิน 2.36-3.5 มิลลิเมตร แก๊สเชื้อเพลิงที่ผลิตได้ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ 9.89% คาร์บอนไดออกไซด์ 12 % ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ 0.326 % ค่าความร้อนของแก๊สเชื้อเพลิง 1.25 เมกะจูล/ลูกบาศก์เมตร ประสิทธิภาพของเตาผลิตเชื้อเพลิงแก๊ส 40% ต้นทุนค่าความร้อนในการผลิตเชื้อเพลิง 1 เมกะจูล/ลูกบาศก์เมตร จะเท่ากับ 0.6 บาทผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมพบว่าปริมาณกัมมะถันที่สูงกว่ามาตรฐานแต่ยังสามารถลดลงได้จากการคำนวณทางทฤษฎี ทั้งนี้เนื่องจากถ่านหินคุณภาพต่ำ มีกัมมะถันเป็นส่วนประกอบอยู่ 2.45% จึงมีการเสนอการลดผลกระทบคือ ก่อนปล่อยออกสู่บรรยากาศ โดยเทคนิคการจับซัลเฟอร์ออกไซด์ออกจากแก๊สที่เกิดขึ้นด้วยกระบวนการ flue gas desulphurization (FGD) โดยมีสองแบบคือ แบบเปียกและแบบแห้งสามารถลดปริมาณซัลเฟอร์ได้ 80-90% ของปริมาณซัลเฟอร์ หรืออีกวิธีหนึ่งสำหรับกำจัดซัลเฟอร์ออกไซด์ด้วยการดักจับในปล่องสามารถลดซัลเฟอร์ได้ประมาณ 50-70% ของซัลเฟอร์ที่เกิดขึ้น เป็นต้น จากการศึกษาพบว่าก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้จากถ่านหินคุณภาพต่ำสามารถนำมาใช้ทดแทนเชื้อเพลิงในรูปแบบต่างๆ เช่น น้ำมันเตา เป็นต้น

- วิชัย สีจันทร์ (2552)

มีการศึกษาค้นคว้าทางด้านเทคนิควิศวกรรม เศรษฐศาสตร์และสังคมกับสิ่งแวดล้อม ในการนำก๊าซมาเป็นพลังงานทดแทนในอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาบ้านเหมืองกุง โดยการแบ่งการศึกษาออกเป็นสองขั้นตอนคือ ขั้นตอนแรกจะทำการเปรียบเทียบด้วยตัวชี้วัดที่เป็นคุณสมบัติที่สำคัญของเครื่องปั้นดินเผาระหว่างการเผาชิ้นงานในเตาแบบโบราณที่ใช้ฟืนเป็นเชื้อเพลิง และการเผาชิ้นงานในเตาเผาเซรามิกที่ใช้ก๊าซเป็นเชื้อเพลิงและในขั้นตอนสุดท้ายจะทำการออกแบบเตา รวมถึงพิจารณาความคุ้มค่าบนพื้นฐานของการ วิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ การพิจารณาคุณสมบัติสำคัญของเตาเผาอันได้แก่ อัตราการดูดซึม อัตราการหดตัว ความแข็งแกร่งและความมันวาวของผิวงานแล้ว พบว่า การใช้ก๊าซเป็นเชื้อเพลิงการเผาเครื่องปั้นดินเผามีความเป็นไปได้แต่ควรมีการปรับปรุงสภาพของเตาเพื่อให้มีการถ่ายเทความร้อนจากเตาสู่ภายนอกให้ลดน้อยลง จากการ

วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์เมื่อกำหนดอายุโครงการที่ 5 ปี เมื่อมีการประยุกต์การติดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้ก๊าซเป็นเชื้อเพลิงเข้ากับเตาแบบโบราณจะมีมูลค่าสุทธิ 363,291.81 บาทและอัตราผลประโยชน์ต่อค่าใช้จ่ายเท่ากับ 0.38 จึงสรุปว่าการใช้ก๊าซเป็นพลังงานทดแทนอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผาเหมืองกุงยังไม่มีความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์แต่มีความเป็นไปได้ในด้านวิศวกรรมและด้านสังคมสิ่งแวดล้อมเนื่องจากเป็นการลดการก่อมลพิษทางอากาศ

- วรวิทย์ ลีลาวรรณ (2552)

มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้ประโยชน์จากแก๊สซิฟิเคชั่นในอตสาหกรรมเซรามิกส์ทางภาคเหนือของประเทศไทย ซึ่งอุตสาหกรรมที่นำมาวิเคราะห์ในการประยุกต์ใช้แก๊สซิฟิเคชั่นทางภาคเหนือของประเทศไทยคืออุตสาหกรรมเซรามิกส์ประเภทเครื่องเคลือบจานชามขอที่ระลึกจาผลิตภัณฑ์เซรามิกส์โดยมีเกณฑ์ในการแบ่งการศึกษาตามจำนวนเงินลงทุนและจำนวนคนงานสามารถแบ่งโรงงานได้เป็นสามลำดับเริ่มที่โรงงานขนาดเล็ก ขนาดกลางและโรงงานขนาดใหญ่ เหตุที่ต้องมีการแบ่งการศึกษาเพื่อใช้เป็นการแสดงถึงความต้องการพลังงานเชื้อเพลิงเท่าใด การวิเคราะห์ในการศึกษานี้จะต้องคำนึงถึงค่าใช้จ่ายในการลงทุน การดำเนินการ และการปกป้องสิ่งแวดล้อมที่เกดจากของเสียและแก๊สในการใช้เทคโนโลยีนี้ ซึ่งเชื้อเพลิงที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ประกอบด้วย เชื้อเพลิงจากถ่านหิน เชื้อเพลิงจากชีวมวล เช่น ถ่านหินแอนทราไซด์ ชีวมวลประเภทฟางข้าวและชีวมวลจากอ้อย เป็นต้น นำมาวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ ประกอบด้วยชีวมวลจากถ่านอ้อยและชีวมวลจากฟางข้าวตามลำดับตัวชี้วัดเพื่อนำมาช่วยในการตัดสินใจสำหรับการลงทุนในการใช้ระบบแก๊สซิฟิเคชัน มาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์คือ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ(NPV) อัตราส่วนมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนต่อต้นทุน(BCR) อัตราผลตอบแทนของการลงทุน(IRR)และวิเคราะห์ความอ่อนไหวเพื่อพิจารณาถึงปัจจัยที่มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในการลงทุน โดยสามารถสรุปได้ดังนี้ โครงการที่มีความคุ้มค่าต่อการลงทุนมากที่สุด คือ การใช้ระบบแก๊สซิฟิเคชั่นที่ใช้ถ่านหินแอนทราไซต์เป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดใหญ่ และโครงการที่มีความคุ้มค่าต่อการลงทุนน้อยที่สุดคือ การใช้ระบบแก๊สซิฟิเคชั่นที่ใช้ชีวมวลอ้อยเป็นเชื้อเพลิงในโรงงานขนาดเล็ก นอกจากนี้โครงการที่ไม่คุ้มค่าต่อการลงทุนคือ การใช้ระบบแก๊สซิฟิเคชั่นที่ใช้ฟางข้าวเป็นเชื้อเพลิงของโรงงานขนาดเล็กและจากการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการพบว่าเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าประสิทธิภาพของระบบผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากเตาแก๊สซิไฟเออร์จาก 75% ลดลงเหลือ 37.5% จะทำให้โครงการต่างๆเริ่มเกิดความไม่คุ้มค่าต่อการลงทุนอย่างเห็นได้ชัด

- วีระศักดิ์ สนญาติสมุทร (2552)

การทำการเปรียบเทียบประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ได้แก่ การหาต้นทุนของการผลิตไอน้ำเมื่อใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิง การหาต้นทุนของการผลิตไอน้ำเมื่อใช้ก๊าซแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิง หลังจากนั้นนำต้นทุนที่เกิดจากหม้อไอน้ำที่ใช้น้ำมันดีเซลและก๊าซแอลพีจีมาเปรียบเทียบเพื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าของการเปลี่ยนเชื้อเพลิง ประกอบด้วย การวิเคราะห์ผลประหยัด และระยะเวลาคืนทุน พบว่าปริมาณการผลิตไอน้ำเฉลี่ยวันละ 886.53 ลิตรต้นทุนในการผลิตไอน้ำ 866.53 ลิตร ของน้ำมันดีเซล เท่ากับ 3,613.43 บาทต่อวันและต้นทุนในการผลิตไอน้ำ 866.53 ลิตร ของก๊าซแอลพีจีเท่ากับ 2,599.59บาทต่อวัน เกิดการประหยัดค่าใช้จ่ายวันละ 1,013.84 บาทต่อวันและประหยัดได้ 304,152 ต่อปีระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 9 เดือน 12 วัน

- นายสุรพงษ์ คล้ายมุข (2545)

การศึกษาเปรียบเทียบการผลิตโปรดิวเซอร์แก๊สโดยทำการปรับอัตราการไหลของอากาศต่างกัน 3 ระดับในการทดลองเตาแต่ละชนิดและนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบว่าเตาแบบใดที่จะผลิตแก๊สที่ให้ค่าความร้อนสูงกว่าด้วยเครื่องวิเคราะห์แก๊ส(Gas Chromatography) โดยอัตราการไหลของอากาศของเตาแบบไหลลงคือ $2.33x10^{-3}$ $3.42x10^{-3}$และ$4.66x10^{-3}$ m^3/s อัตราการไหลของอากาศของเตาแบบไหลขึ้น คือ $3.59x10^{-3}$ $4.31x10^{-3}$และ$5.03x10^{-3}$ m^3/s ผลการทดลองพบว่า การผลิตแก๊สแบบไหลขึ้นให้ค่าความร้อนสูงที่ 4545.9 kJ/Nm^3 ที่อัตราการไหลของอากาศเท่ากับ $4.31x10^{-3}$ m^3/s และการผลิตแก๊สแบบไหลลงให้ค่าความร้อนสูง 2135.76 kJ/Nm^3 ที่อัตราการไหลของอากาศ $4.31x10^{-3}m^3/s$ จากการทดลองมีการพิจารณาได้ว่าการผลิตโปรดิวเซอร์แก๊สของเตาแบบไหลขึ้นนั้นเกิดขึ้นได้ดีกว่าเตาชนิดอื่นจึงทำให้แก๊สมีค่าความร้อนสูงที่มากที่สุด

- สุนทร ละอองนวล สุธรรม ปทุมสวัสดิ์ และสมรัฐ เกิดสุวรรณ (2545)

เป็นการศึกษาเชิงทดลองเพื่อหาข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับพารามิเตอร์ที่แสดงคุณลักษณะของการเผาชานอ้อยในเตาฟิกซ์เบด ได้แก่ อัตราการเผาไหม้ ความเร็วของเปลวไฟ โดยทดลองแบบแบทช์ และใช้ชานอ้อยเป็นเชื้อเพลิง การทดลองได้มีการบันทึกความเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและปริมาณก๊าซที่ได้จากการไหม้อย่างต่อเนื่องแล้วนำผลที่ได้ไปคำนวณหาค่าอัตราการเผาไหม้ความเร็วของเปลวไฟ พบว่าที่อัตราการเผาไหม้ 0.044-0.338 กรัมต่อวินาที ความเร็วของเปลวไฟ 1.5-2.8 มิลลิเมตรต่อวินาที เมื่อมีการเพิ่มปริมาณกับความเร็วและอุณหภูมิอากาศสูงกว่าการเผาไหม้ที่สภาวะแวดล้อมมีผลทำให้พารามิเตอร์เช่น อัตราการเผาไหม้ 0.028-0.078 กรัมต่อวินาที และความเร็วของเปลวไฟ 3.5-5.5 มิลลิเมตรต่อวินาที ซึ่งต่ำกว่าการเผาไหม้ชานอ้อยที่สภาวะแวดล้อมตามลำดับพบว่าการเพิ่มอุณหภูมิอากาศปฐมภูมิที่ทางเข้าไม่ช่วยทำให้ อัตราการเผาไหม้และความเร็วของเปลวไฟเพิ่ม

- อรรถพล ฉรงค์ฤทธิชัย (2542)

มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเกิดแก๊สเชื้อเพลิงจากถ่านหินเวียงแหงโดยระบบฟลูอิไดซ์เบด และหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตให้ได้เชื้อเพลิงทั้งปริมาณและคุณภาพสูง การศึกษาดังกล่าวมีการใช้อากาศเป็นตัวกลางในภายใต้ความดันบรรยากาศ ตัวแปรที่ทำการศึกษา คือ อุณหภูมิ และขนาดของถ่านหิน ซึ่งมีผลต่อปริมาณแก๊สองค์ประกอบของแก๊สผลิตภัณฑ์ที่ได้ เพื่อเลือกสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตแก๊สที่ให้ปริมาณแก๊สเชื้อเพลิงและค่าความร้อนที่สูง ซึ่งเมื่อมีการเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นพบว่าจะทำให้เกิดแก๊สไฮโดรเจนและคาร์บอนมอนอกไซด์เพิ่มขึ้น ขนาดของถ่านหินก็เช่นเดียวกันคือ เมื่อถ่านหินมีขนาดเพิ่มขึ้นจะทำให้การผลิตแก๊สที่มีปริมาณแก๊สไฮโดรเจนและคาร์บอนมอนอกไซด์สูงกว่าถ่านหินขนาดเล็ก และภาวะที่ดีที่สุดในช่วงตัวแปรที่ศึกษาการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงคือที่อุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส และ ขนาดถ่านหินเป็น 2.36-4.76 มิลลิเมตร

- เอษณะ จริยาจิรวัฒนา (2550)

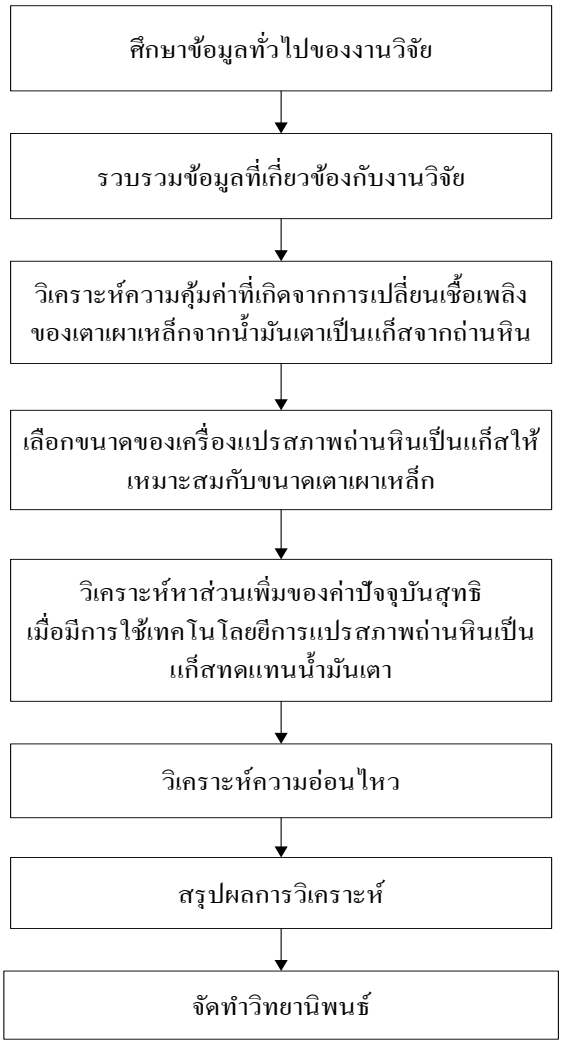
การทดลองในหลอดแก้วควอทซคาพิลลารีและให้ความร้อนด้วยเตาปฏิกรณ์แบบฟลูอิดไดซ์เบด โดยน้ำยางดำที่เจือจางด้วยกระบวนการย่อยเยื่อแบบคราฟท์ ซึ่งมีจุดประสงค์คือ ศึกษาถึงสภาวะที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยาประกอบด้วย ความดัน อุณหภูมิ ความเข้มข้นและระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยา พิจารณาที่การให้ปริมาณก๊าซผลิตภัณฑ์%การเปลี่ยนรูป C และ H ในน้ำยางดำเป็นก๊าซผลิตภัณฑ์โดยการวิเคราะห์จากเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟฟี (GCI) ส่วนชาร์และน้ำมันดินวิเคราะห์โดยการชั่งน้ำหนัก จากการทดลองพบว่าที่ค่าความดัน 220-400 บรรยากาศไม่มีผลต่อชนิดและปริมาณของผลิตภัณฑ์โดยมีค่าใกล้เคียงกันในทุกค่าความดัน เมื่อมีอุณหภูมิและระยะเวลาการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นในช่วง 375-650 องศาเซลเซียส และ 5-10 วินาที พบว่าที่อุณหภูมิ 650 องศาเซลเซียส เวลาการเกิดปฏิกิริยา 120 วินาที มี%การเปลี่ยนรูปของ C และ H ในน้ำยางดำเป็นก๊าซเชื้อเพลิง (H_2,CO,CH_4,C_2)สูงสุดเท่ากับ 23.6 , 12.6 , 19.3 และ 30.1 %ตามลำดับ มีการเปลี่ยนแปลงรูปC เป็นแก๊สโดยรวมสูงสุด 84.8 %และให้ค่าความร้อนโดยรวมของแก๊สสูงสุด 9.4 เมกะจูล/ลูกบาศก์เมตร ส่วนการศึกษาที่ค่าความเข้มข้น 10 และ 20 %ของน้ำหนักแห้งพบว่า ที่ความเข้มข้น 10 %น้ำหนักแห้ง มี%การเปลี่ยนแปลงรูปของ C ในน้ำยางดำเป็นก๊าซรวมและอัตราส่วนของค่าความร้อนสูงกว่าและที่ความเข้มข้น 20 %ของน้ำหนักแห้งจะสูงกว่าตามลำดับ

บทที่ 3

วิธีการวิจัย

ในการศึกษา เรื่องการศึกษาพลังงานทางเลือกโดยการใช้เทคโนโลยีการแปรสภาพถ่านหินเป็นแก๊สสำหรับเตาเผาในอุตสาหกรรมเหล็ก ผู้ศึกษาได้กำหนดแนวทางในการศึกษา โดยมีรายละเอียดขั้นตอนการดำเนินการศึกษาดังนี้

3.1 กรอบแนวความคิด



รูปที่ 3. 1 แผนผังความคิด

3.2 ระเบียบวิธีการวิจัย

ในการทำงานวิจัยสามารถแบ่งขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัยต่างๆ ได้ดังต่อไปนี้

3.2.1 ทำการศึกษาข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับโครงการ

3.2.1.1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับอุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้า

- ข้อมูลสถานประกอบการอุตสาหกรรมเหล็กและและกล้าที่มีในประเทศไทย อุตสาหกรรมเหล็ก เหล็กกล้า และผลิตภัณฑ์เหล็ก

3.2.1.2 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับเตาเผาในอุตสาหกรรมเหล็กและการใช้พลังงาน

3.2.1.3 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับกระบวนการผลิตแก๊สซิฟิเคชัน

- ข้อมูลกระบวนการแก๊สซิฟิเคชันและประเภทเชื้อเพลิงที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้
- ข้อมูลทรัพยากรถ่านหินในประเทศไทย
- ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับกระบวนการแปลงถ่านหินเป็นแก๊สของเครื่องแก๊สซิฟิเคชั่น
- ข้อมูลของผลกระทบจากเทคนิคการแปลงเชื้อเพลิงแข็งเป็นแก๊ส

โดยแหล่งข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา มาจากแหล่งต่างๆ ซึ่งประกอบด้วย

- ข้อมูลปฐมภูมิ ได้จากการสอบถามผู้ประกอบการที่เป็นโรงงานผลิตเหล็กตัวอย่างจำนวน 3 โรงงานซึ่งประกอบไปด้วยโรงงานที่กำลังการผลิตของเตาอุ่นเหล็กแบบ pusher type คือ 50 ตันต่อชั่วโมง , 30 ตันต่อชั่วโมง และ12 ตันต่อชั่วโมง
- ข้อมูลทุติภูมิ ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากการหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในด้านพลังงานและค่าสถิติต่างๆ ที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย บริษัท บ้านปู จำกัด (มหาชน) , บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) ธนาคารแห่งประเทศไทย และเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการใช้เชื้อเพลิงถ่านหิน
- จากข้อสมมติฐานเบื้องต้น จึงสามารถทำการศึกษาถึงการใช้พลังงานทดแทนเชื้อเพลิงแก๊สจากถ่านหิน ทดแทนการใช้น้ำมันเตาในอุตสาหกรรมเหล็ก

3.2.2 ศึกษาสมการที่มีผลต่อการใช้เชื้อเพลิงเพื่อพิจารณาหาเชื้อเพลิงของอัตราการเผาไหม้เชื้อเพลิงเพื่อกำหนดพารามิเตอร์ที่ส่งผลกระทบต่ออัตราการใช้เชื้อเพลิง เตาเชื้อเพลิงที่มีการใช้ในอุตสาหกรรมมีอยู่หลายประเภทโดยทั่วไปแล้วสามารถแบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ 2 ประเภท คือ

1. เตาเผาที่มีการเผาไหม้ภายใน มีลักษณะการเผาไหม้ภายใน (Internally-Heated Furnace) มีลักษณะเปลวไฟของเชื้อเพลิงหรือก๊าซร้อนจากการเผาไหม้สัมผัสโดยตรงกับวัตถุที่จะเผา ตัวอย่างของเตาประเภทนี้ได้แก่
   - เตาเผาเหล็กเพื่อรีดเป็นเหล็กเส้น เพื่อตีขึ้นรูปและเพื่อชุบแข็ง
   - เตาถลุงเหล็ก เป็นต้น

2. เตาที่มีการเผาไหม้ภายนอก มีลักษณะที่เปลวไฟของเชื้อเพลิงหรือก๊าซร้อนจากการเผาไหม้สัมผัสทางอ้อมหรือมีตัวกลางในการถ่ายเทความร้อนอีกขั้นตอนหนึ่งตัวอย่างเช่น
   - เตาอบแห้งผลิตภัณฑ์
   - หม้อไอน้ำหรือเครื่องผลิตไอน้ำ เป็นต้น

   ซึ่งมีการคิดประสิทธิภาพของเตาอุตสาหกรรมที่เป็นแบบเดียวกันคือ

โดยเตาที่งานวิจัยนี้สนใจคือ เตาเผาเหล็ก pusher type ขนาด 50 ตัน/ชั่วโมง, 30 ตันต่อชั่วโมงและ12 ตันต่อชั่วโมง ซึ่งสมการที่ใช้คือสมการประสิทธิภาพเตา (2.1)

ค่าความร้อนจำเพาะของผลิตภัณฑ์ที่เป็นโลหะค่าความจุความร้อนจำเพาะของโลหะแต่ละประเภทได้มีการแสดงดังภาคผนวก ข

จากสมการที่ 2.1 การใช้เชื้อเพลิงจึงมีผลต่อประสิทธิภาพของเตาเผาโดยจะนำค่าความร้อนที่เตาเผาเหล็กใช้แปลงเป็นปริมาณถ่านหินที่ใช้ทดแทนน้ำมันเตา เพื่อเป็นการพิจารณาถึงราคาเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้หากเปลี่ยนเป็นการใช้เชื้อเพลิงแก๊สจากถ่านหิน

3.2.2 ติดต่อประสานงานขอข้อมูลจากโรงงานตัวอย่าง

ข้อมูลเบื้องต้นของเตาเผาเหล็ก 50 ตัน/ชั่วโมง, 30 ตันต่อชั่วโมงและ12 ตันต่อชั่วโมง โดยทำการเก็บข้อมูลได้ดังภาคผนวก ก โดยจำนวนครั้งในการเก็บข้อมูลเป็น 5 ครั้งในแต่ละกำลังการผลิต รายละเอียดของข้อมูลที่ต้องการทราบดังตารางที่ 3. 1

ตารางที่ 3. 1 ข้อมูลที่ใช้ในการหาสมการ

รายละเอียดข้อมูลที่ต้องการทราบ	วิธีการได้มาของข้อมูล	ตัวแปร
อัตราการใช้เชื้อเพลิงของเตาเผา	มีมิเตอร์ของน้ำมันเตาเกรด C ของทางโรงงาน	M_f
อัตราการผลิต (การป้อนเหล็ก)	มีข้อมูลจำนวนแท่งของเหล็กที่ออกจากเตาเผา	M_p
ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง	ข้อมูลจากโรงงาน	LHV
อุณหภูมิของเหล็กก่อนเข้าเตาเผา	ข้อมูลจากโรงงาน	dT
อุณหภูมิของเหล็กหลังออกจากเตาเผา	ข้อมูลจากโรงงาน	
ค่าความจุความร้อนจำเพาะของผลิตภัณฑ์	ภาคผนวก ข	Cp

จากตารางข้อมูลที่ใช้ในการหาสมการทำให้ทราบถึงข้อมูลที่ต้องการทราบจากโรงงานตัวอย่าง โดยในการเก็บข้อมูลดังกล่าวจำเป็นต้องมีการใช้เครื่องมือในการเก็บข้อมูลดังต่อไปนี้

1.) มาตรวัดอัตราการใช้น้ำมันของเตาเผาเหล็ก

มาตรวัดน้ำมันมีหน้าที่บอกถึงปริมาณน้ำมันที่เตาเผาเหล็กใช้ ซึ่งค่าที่ได้ดังกล่าวจะเป็นค่าของอัตราการใช้เชื้อเพลิงของเตาเผา

2.) เทอร์โมมิเตอร์

เทอร์โมมิเตอร์แบบไม่สัมผัส

เทอร์โมมิเตอร์แบบไม่สัมผัสหรือเทอร์โมมิเตอร์แบบอินฟราเรด จะสามารถวัดอุณหภูมิ โดยไม่ต้องมีการสัมผัสระหว่างเทอร์โมมิเตอร์และวัตถุที่วัดอุณหภูมิ เทอร์โมมิเตอร์จะถูกชี้ไปที่พื้นผิวที่สามารถอ่านค่าได้ทันทีประโยชน์มากในการวัดจุดที่ร้อนภายในเตาเผาและพื้นผิวที่ใช้อุณหภูมิ เป็นต้น

- เมื่อต้องการวัดอุณหภูมิโดยไม่ต้องการให้มีการสัมผัส โดยมีเหตุผลคือป้องกันการปนเปื้อนหรืออันตรายต่างๆ
- มีระยะห่างหรือมีความสูงมากเกินไป
- มีอุณหภูมิสูงเกินไปสำหรับเทอร์โมคัปเปิล หรือเซ็นเซอร์สัมผัสอื่นๆ

หลักการพื้นฐานของเทอร์โมมิเตอร์อินฟราเรด คือ วัตถุทั้งหมดจะปล่อยพลังงานอินฟราเรด ถ้าวัตถุร้อนขึ้นก็จะมีโมเลกุลตื่นตัวมากขึ้นและก็จะปล่อยพลังงานอินฟราเรดมากขึ้นด้วย เทอร์โมมิเตอร์อินฟราเรดจะมีเลนส์ซึ่งจะเป็นจุดรวมพลังงานอินฟราเรดจากวัตถุเข้าไปสู่

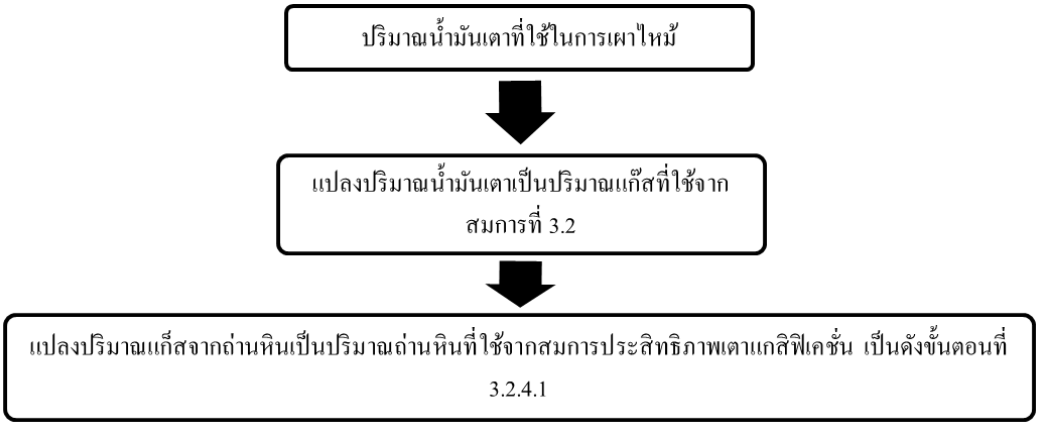
เครื่องตรวจจับ ซึ่งจะเปลี่ยนพลังงานนี้ให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า และจะถูกขยายขนาดแล้วแสดงผลเป็นหน่วยอุณหภูมิ หลังจากปรับแก้ค่าการผันแปรของอุณหภูมิสภาพแวดล้อม

รูปที่ 3. 2 เทอร์โมมิเตอร์อินฟราเรดแบบไม่สัมผัส CHAUVIN ARNOUX รุ่น C.A 876 ชนิด k

เทอร์โมมิเตอร์ดังกล่าวมีหน้าที่ในการวัดอุณหภูมิซึ่งค่าที่ได้ดังกล่าวจะเป็นอุณหภูมิของเหล็กก่อนเข้าเตาเผาและออกจากเตาเผา โดยเทอร์โมมิเตอร์ที่ใช้ยี่ห้อ CHAUVIN ARNOUX รุ่น C.A. 876 ชนิด K

1) ตาชั่งใช้ในการชั่งน้ำหนักของวัตถุดิบในที่นี้คือเหล็ก ซึ่งค่าที่ได้ดังกล่าวจะเป็นค่าของอัตราการผลิต (การป้อนเหล็ก)

3.2.3 วิเคราะห์ประสิทธิภาพเตาเผาเหล็กโดยศึกษาจากข้อมูลอัตราการใช้เชื้อเพลิงของโรงงานตัวอย่างเพื่อนำมาเป็นเกณฑ์ในการแปลงเป็นพลังงานเชื้อเพลิงจากแก๊สโดยมีลำดับการแปลงเป็นดังรูปที่ 3. 3



รูปที่ 3. 3 ลำดับขั้นตอนแปลงปริมาณน้ำมันเตาเป็นปริมาณถ่านหิน

การแปลงปริมาณน้ำมันเตาเป็นปริมาณแก๊สจากถ่านหินที่ใช้ดังสมการที่

$$\text{ปริมาณเชื้อเพลิงแก๊สจากถ่านหิน} = \frac{\text{ปริมาณน้ำมันเตาที่ใช้} \times \text{ค่าความร้อนต่ำของน้ำมันเตา}(LHV_{\text{น้ำมันเตา}})}{\text{ค่าความร้อนต่ำของแก๊สจากถ่านหิน}(LHV_{\text{แก๊สจากถ่านหิน}})} \quad (3.1)$$

$$\text{เชื้อเพลิงถ่านหิน (Kg/hr)} = \frac{\text{ค่าความร้อนของถ่านหินที่ใช้ทดแทนน้ำมันเตา}}{\text{ค่าความร้อนของโปรดิวเซอร์แก๊ส}} \quad (3.2)$$

3.2.4 ทำการแปลงปริมาณการใช้เชื้อเพลิงจากการใช้เชื้อเพลิงเหลวคือน้ำมันเตาเป็นปริมาณถ่านหินที่ใช้ในการเผาไหม้ จากข้อมูลโรงงานตัวอย่างจะสามารถแสดงตัวอย่างในการคำนวณได้ดังต่อไปนี้ที่ขนาดโรงงานตัวอย่าง 50 ตันต่อชั่วโมง มีข้อมูลที่ต้องการใช้ในการคำนวณดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3. 2ข้อมูลเฉลี่ยของโรงงานตัวอย่างที่เตาอุ่นเหล็ก ขนาด 50 ตันต่อชั่วโมง

รายละเอียดข้อมูลที่ต้องการทราบ	ข้อมูล	ตัวแปร
อัตราการใช้เชื้อเพลิงของเตาเผา	1493 ลิตรต่อชั่วโมง	M_f
อัตราการผลิต (การป้อนเหล็ก)	50.561 ตัน/ชั่วโมง	M_p
ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง	9682 กิโลแคลต่อกิโลกรัม	LHV
อุณหภูมิของเหล็กก่อนเข้าเตาเผา	35 องศาเซลเซียส	dT
อุณหภูมิของเหล็กหลังออกจากเตาเผา	1070 องศาเซลเซียส	
ค่าความจุความร้อนจำเพาะของผลิตภัณฑ์	0.108 กิโลแคล/กิโลกรัม องศาเซลเซียส	Cp

จากค่าที่ได้แทนค่าในสมการที่ 2.1 จะได้เป็น

ประสิทธิภาพของเตา (η) = (50.561×0.108×(1070-35))/(1493×9682)

ดังนั้นประสิทธิภาพเตาของโรงงานตัวอย่างเริ่มต้นคือ 42.49 %

3.2.4.1 ถ่านหินที่นำมาใช้ในการพิจารณาเป็นถ่านหินปริมาณถ่านหินโจร่งเป็นบิทูมินัสชนิดหนึ่งที่มีค่าซัลเฟอร์ต่ำใช้ในการผลิตแก๊สจากถ่านหิน โดยถ่านหินดังกล่าวมีค่าความร้อน 5,300 กิโลแคลต่อกิโลกรัม แต่เนื่องจากเครื่องผลิตแก๊สที่นำมาพิจารณามีการให้

ค่าความร้อนของแก๊สเชื้อเพลิงจากถ่านหินที่กำหนดของเครื่องผลิตแก๊สนั้น เมื่อมีการเปลี่ยนการใช้ถ่านหินชนิดใหม่จึงมีการหาค่าความร้อนที่ให้ของแก๊สเพื่อแปลงเป็นปริมาณถ่านหินที่ใช้ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้ โดยสุ่มเลือกขนาดที่ 3,000 มิลลิเมตร ปริมาณถ่านหินที่ใช้ 1,850 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ค่าความร้อนของแก๊สที่ให้ 6,500 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง จะได้ ค่าความร้อนแก๊สที่ให้ต่อชั่วโมง

= 6,500 × 5,300 = 34,450,000 กิโลจูลต่อชั่วโมง

ค่าความร้อนของถ่านหินต่อกิโลกรัม

= 34,450,000/1,850 มีค่าเป็น 4,143.713 กิโลแคลต่อกิโลกรัม จากสมการ 3.1

ปริมาณถ่านหินที่ใช้ = 13,298,808/4,143 จากสมการ 3.2

= 3,209 กิโลกรัม

จะได้เป็นที่ขนาดกำลังการผลิต 50 ตันต่อชั่วโมงมีการใช้ปริมาณถ่านหินในการทดแทนน้ำมันเตาเป็น 3,209 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

3.2.4 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพเตาเผาเหล็กและการประหยัดค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงานจากการเปลี่ยนเชื้อเพลิงจากน้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงแก๊สจากถ่านหินที่กำลังการผลิตของโรงงานตัวอย่าง โดยการทำการเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพของเตาโรงงานตัวอย่าง ซึ่งมีการกำหนดให้ค่าความร้อนเข้าและออกจากเตา ค่าความจุความร้อนจำเพาะและค่าความร้อนของเชื้อเพลิงมีค่าคงที่ จะทำให้ได้ค่าประสิทธิภาพที่เปลี่ยนแปลงไปของเตาเผาเหล็ก และทำการเปรียบเทียบกับปริมาณเชื้อเพลิงถ่านหินที่ใช้ในแต่ละประสิทธิภาพของเตาเหล็ก

3.2.4.1 ทำการคำนวณเป็นค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้จากการใช้เชื้อเพลิงที่เปลี่ยนไป โดยค่าใช้จ่ายของเชื้อเพลิงในแต่ละชนิดเกิดจากสมการต้นทุนเชื้อเพลิง

$$\text{Fuel costs} = \text{Price fuel} \times m_{fuel} \quad (3.4)$$

Price fuel = ราคาเชื้อเพลิง (บาท)

m_{fuel} = ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ (กิโลกรัม, ลิตร)

การคำนวณที่ 50 ตันต่อชั่วโมง ที่ประสิทธิภาพเริ่มต้นของโรงงานตัวอย่าง มีการค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงน้ำมันเตาจากการคำนวณในสมการที่ 3.4 เป็น

ค่าใช้จ่ายของน้ำมันเตา	= 23.8309 × 1493	= 35,579	บาทต่อชั่วโมง
ค่าใช้จ่ายของถ่านหินที่ใช้	= 2.995509×3,209.39	= 9613.77	บาทต่อชั่วโมง
ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้	= 35,579 – 9613.77	= 25,965.72	บาทต่อชั่วโมง

(ที่มาของราคา : ถ่านหินจาก ไตรมาสที่สองของปี 2555 ของบริษัทบ้านปู จำกัด ที่ราคากลุ่มถ่านหินอินโดนีเซีย ซึ่งถ่านหินโจร่งเป็นถ่านหินอินโดนีเซีย
ที่มาของราคา : น้ำมันได้จาก กรมพลังงานของเดือนพฤษภาคม)

3.2.6 จากการวิเคราะห์ถึงค่าใช้จ่ายทางเชื้อเพลิงที่ลดลงหากมีการเปลี่ยนเชื้อเพลิงจากน้ำมันเตาเป็นการใช้เชื้อเพลิงแก๊สจากถ่านหินจึงมีความสนใจในการพิจารณาเทคโนโลยีการผลิตแก๊สจากถ่านหิน ในการเลือกใช้เตาแกสิไฟเออร์ให้เหมาะสมกับกำลังการผลิตที่แตกต่างกัน จึงทำการวิเคราะห์เลือกใช้ขนาดเตาแกสิไฟเออร์(Gasifier)ในส่วนของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางโดยจำนวนเครื่องผลิตแก๊สมากที่สุดที่ใช้ในการพิจารณาจะไม่เกิน 5 เครื่อง เนื่องจากต้องใช้พื้นที่ในการติดตั้งมาก อีกทั้งยังต้องมีการติดตั้งระบบสนับสนุนในการใช้เชื้อเพลิงถ่านหินร่วมด้วย เครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินจะมีค่าใช้จ่ายที่แตกต่างกันจากขนาดของเครื่อง ดังนั้นจะเห็นได้ว่า ขนาดเครื่องที่เปลี่ยนแปลงไปมีความสัมพันธ์กับค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเมื่อมีการเลือกใช้เตาผลิตแก๊สที่ขนาดแตกต่างกัน ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการเลือกขนาดของเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินโดยพิจารณาจากค่าใช้จ่ายในการลงทุนเบื้องต้นของเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินประกอบด้วย

1. ค่าลงทุนเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหิน
2. ค่าติดตั้งและออกแบบระบบ
3. ค่าบำรุงรักษารายปี
4. ค่าเชื้อเพลิง
5. ค่าเชื้อเพลิงในการอุ่นเครื่อง

โดยข้อมูลที่ใช้ในการพิจารณาได้มาจากแหล่งข้อมูลคือ จากผู้ขายสินค้าซึ่งข้อมูลที่ทราบจากผู้ขายสินค้าประกอบไปด้วย ค่าลงทุนเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหิน, ค่าติดตั้งและออกแบบระบบ ,ค่าบำรุงรักษารายปีซึ่งมีค่าอยู่ที่ 10% อ้างอิงจากงานวิจัย[22] ของค่าใช้จ่ายในการลงทุน และ ระยะเวลาในการอุ่นเชื้อเพลิง ส่วนค่าเชื้อเพลิงได้จากการศึกษาจากรายละเอียดของผลิตภัณฑ์จากผู้ขาย

ซึ่งการเลือกขนาดเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินจะพิจารณาเลือกเครื่องที่สามารถให้พลังงานความร้อนทดแทนการใช้เชื้อเพลิงจากน้ำมันเตาได้ โดยเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินที่เลือกจะเกิดจากขนาดของเครื่องที่มีค่าใช้จ่ายเบื้องต้น ในการใช้เครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหิน

การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นด้วยสมมุติฐาน

1. โดยปริมาณของเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินใช้ได้ไม่เกิน 5 เครื่องต่อการติดตั้งเนื่องจากมีการสอบถามจากผู้ขาย
2. การทำงานของเครื่องผลิตแก๊สมีประสิทธิภาพการทำงาน 100 %

โดยการคำนวณค่าใช้จ่ายรวมเบื้องต้นสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3.5 และทำการเลือกเครื่องผลิตแก๊สที่มีค่าใช้จ่ายเบื้องต้นต่ำที่สุดจากสมการที่ 3.5

$$C_{\text{total basic coal gasifier}} = C_m + C_s + C_{main} + C_{fuel} + C_{\text{sart up}} \quad (3.5)$$

C_m = Cost of machine

C_s = Cost of setting

C_{main} = Cost of maintenance

C_{fuel} = Cost of fuel

$C_{\text{sart up}}$ = Cost of start up

3.2.5 ทำการวิเคราะห์ความเหมาะสมในการนำเทคโนโลยีแก๊สซิฟิเคชัน มาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้า เกณฑ์ในการตัดสินใจคือ

- การตัดสินใจใช้วิธี วิเคราะห์ส่วนเพิ่ม (Incremental analysis) จากมูลค่าสุทธิของโครงการเป็นการเปรียบเทียบจากส่วนต่างของการลงทุนและส่วนต่างของรายได้ โดยนำโครงการที่ลงทุนมากกว่าเป็นตัวต้อง ลบด้วยโครงการที่ลงทุนต่ำกว่า โดยจะตัดสินใจถ้ามูลค่าปัจจุบันสุทธิที่คำนวณได้มากกว่าศูนย์จะเลือกโครงการที่ต้องใช้เงินในการลงทุนมากกว่า โดยหาได้จากการหาค่าส่วนต่างที่เกิดขึ้นในการลงทุน ค่าใช้จ่ายรายปี และจึงนำไปหาค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิของส่วนเพิ่มทั้งสองโครงการ

การเปรียบเทียบการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเตาและเชื้อเพลิงแก๊สจากถ่านหินด้วยการใช้ incremental NPV โดยข้อมูลที่ใช้ในการพิจารณาเป็นการเปรียบเทียบในสองส่วนคือ ในส่วนของเชื้อเพลิงน้ำมันเตาคือเป็นสภาพปัจจุบันของโรงงานและส่วนที่สองคือส่วนที่เป็นค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นของเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินเพื่อทดแทนการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเตา โดยเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินที่นำมาพิจารณาค่าใช้จ่ายเป็นเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินที่ผ่านการเลือกขนาดจากค่าใช้จ่ายเบื้องต้นต่ำที่สุดจากหัวข้อที่ผ่านมา โดยมีการใช้ขนาดเครื่องที่แตกต่างกันในแต่ขนาดของเตาอุ่นเหล็กที่ 50 ตันต่อชั่วโมง 30 ตันต่อชั่วโมง และ 12 ตันต่อชั่วโมง ประกอบด้วย

ก. ต้นทุนของค่าใช้จ่ายในการลงทุน

1. ค่าใช้จ่ายในการลงทุนของน้ำมันเตาเมื่อมีการนำเรื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินไม่มีการลงทุนเพิ่มเติมในส่วนของน้ำมันเตา
2. ค่าใช้จ่ายในการลงทุนของเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหิน

3. ค่าใช้จ่ายในการลงทุน ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการซื้อเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหิน(ในที่นี้มีการรวมค่าในการขนส่งคิดเป็น 35% ของราคาเครื่อง และภาษีการนำเข้า คิดเป็น 1 % ของราคาเครื่องจากอัตรอากรของ กรมศุลกากร) ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและออกแบบระบบ ค่าหัวเผาที่ต้องเปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากมีการเปลี่ยนการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงแก๊ส และ ระบบสนับสนุนซึ่งในที่นี้ ประกอบด้วยระบบลำเลียงถ่านหิน ระบบทำความสะอาดแก๊สที่ออกจากเตาและระบบบำบัดมลพิษ

ข. ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ

ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการประกอบด้วยค่าใช้จ่ายบำรุงรักษา ค่าเชื้อเพลิง ค่าแรงงาน และค่าสาธารณูปโภคเป็นค่าไฟฟ้า

1. ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา
    1.1 ค่าบำรุงรักษาของเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหิน จะเป็นการรวมค่าค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาทุกส่วนของเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินรวมไปถึงระบบสนับสนุน จากการสอบถามผู้ขายคิดเป็น 10 % ของราคาเครื่องจักรและระบบสนับสนุน
    1.2 ค่าบำรุงรักษาของเตาเหล็กที่มีน้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิง เป็นค่าบำรุงรักษาที่มีการสอบถามจากโรงงานตัวอย่าง ซึ่งเป็นการบำรุงรักษาเตาอุ่นเหล็กทุกปี
2. ค่าเชื้อเพลิง
    2.1 ค่าเชื้อเพลิงของถ่านหิน คือจากปริมาณของถ่านหินที่ใช้ต่อปีคูณด้วยค่าถ่านหินต่อตัน โดยราคาถ่านหินที่ใช้ในการพิจารณาอยู่ที่ 2.99 ในขั้นตอนนี้ได้มีการรวมราคาค่าขนส่งโดยรถบรรทุกจากท่าเรือมาถึงโรงงานโดยค่าใช้จ่ายที่ใช้ได้จากการสอบถามข้อมูลจากผู้ประกอบการรถบรรทุกสิบล้อ
    2.2 ค่าเชื้อเพลิงน้ำมันเตา คือ จากปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของโรงงานตัวอย่างคูณด้วยราคาของน้ำมันต่อลิตร โดยราคาน้ำมันที่ในการพิจารณา 23.83 บาท

3. ค่าสาธารณูปโภค

3.1. ค่าสาธารณูปโภคของเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินเป็นข้อมูลที่ได้จากการสอบถามจากผู้ขาย คิดเป็น 25% ของค่าใช้จ่ายในการลงทุนทั้งหมด

3.2 ค่าสาธารณูปโภคของเชื้อเพลิงน้ำมันเตา เป็นข้อมูลที่ได้จากการสอบถามโรงงานตัวอย่างที่ขนาดเตาอุ่นเหล็กแตกต่างกัน

4. ค่าแรงงาน

4.1 ค่าแรงงานของเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินจำนวนกะในการทำงานจำนวน 3 กะ เป็นข้อมูลของ วิศวกรเครื่องกลจำนวน 3 คน หัวหน้ากะผลิต 3 คน และ พนักงานช่างเทคนิค 6 คน

4.2 ค่าแรงงานของเชื้อเพลิงน้ำมันเตาจำนวนกะในการทำงานจำนวน 3 กะ เป็นข้อมูลของ วิศวกรเครื่องกลจำนวน 3 คน หัวหน้ากะผลิต 3 คน และ พนักงานช่างเทคนิค 3 คน

ตารางที่ 3. 3 เงินเดือนเฉลี่ยของพนักงาน

ตำแหน่ง	เงินเดือนเฉลี่ยบาทต่อเดือน
หัวหน้ากะผลิต	14,256
พนักงานช่างเทคนิค	8,123
วิศวกรรมเครื่องกล	18,000

ที่มา: รายงานผลการสำรวจอัตราค่าจ้างและสวัสดิการสำหรับการบริหารค่าจ้าง ประจำปี 2554-2555 สมาคมการจัดการงานบุคคลแห่งประเทศไทย

สมมติฐาน

1. อัตราส่วนลดที่ใช้ในการคำนวณคือ 8% (ที่มา:ธนาคารแห่งประเทศไทย)
2. อายุการใช้งานของเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหิน 10 ปี (จากการสอบถามผู้ขาย)

จากค่าที่ได้นำไปทำการคำนวณเพื่อหา Incremental NPV

ค่าลงทุน = ค่าเครื่องจักร + ค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนหัวเผา+ค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง+ค่าระบบสนับสนุน (3.6)

ค่าใช้จ่ายรายปี = ค่าบำรุงรักษา+ค่าแรงงาน+ค่าเชื้อเพลิง+ค่าอรรถประโยชน์ (3.7)

ส่วนต่างของเงินลงทุน = เงินลงทุนของโครงการที่มากกว่า-เงินลงทุนของโครงการที่น้อยกว่า (3.8)

ส่วนต่างของค่าใช้จ่ายรายปี = ค่าใช้จ่ายรายปีของโครงการที่ลงทุนมากกว่า-ค่าใช้จ่ายรายปีของโครงการที่ลงทุนน้อยกว่า (3.9)

จากค่าผลต่างของการลงทุนเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินที่กำลังการผลิตของเตาเผาเหล็ก 50 ตันต่อชั่วโมง มีอายุที่ใช้ในการพิจารณาคือ 10 ปีแสดงตัวอย่างการคำนวณได้ ต่อไปนี้

ตารางที่ 3. 4 ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นตลอดอายุ 10 ปี

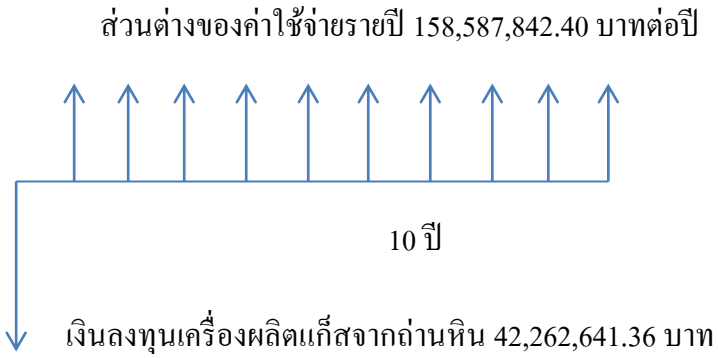
ปีที่	ค่าใช้จ่าย				ค่าใช้จ่ายส่วนเพิ่ม
	ค่าลงทุนเริ่มต้น		ค่าดำเนินการรายปี		
	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	
0	-	- 42,262,641.36			- 42,262,641.36
1	-	-	- 276,521,180.86	- 117,933,338.46	158,587,842.40
2	-	-	- 276,521,180.86	- 117,933,338.46	158,587,842.40
3	-	-	- 276,521,180.86	- 117,933,338.46	158,587,842.40
4	-	-	- 276,521,180.86	- 117,933,338.46	158,587,842.40
5	-	-	- 276,521,180.86	- 117,933,338.46	158,587,842.40
6	-	-	- 276,521,180.86	- 117,933,338.46	158,587,842.40
7	-	-	- 276,521,180.86	- 117,933,338.46	158,587,842.40
8	-	-	- 276,521,180.86	- 117,933,338.46	158,587,842.40
9	-	-	- 276,521,180.86	- 117,933,338.46	158,587,842.40
10	-	-	- 276,521,180.86	- 117,933,338.46	158,587,842.40

จากตารางจะแสดงให้เห็นถึงส่วนต่างของค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในช่องสุดท้ายของตารางเพื่อเป็นการนำไปคำนวณหาค่า NPV ของ Incremental ได้ดังข้อต่อไป

การหาส่วนเพิ่มของมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Incremental Net present Value) คือผลต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันของรายได้ต่อปีรวมตลอดอายุของโครงการ กับมูลค่าปัจจุบันของรายจ่ายต่อปีรวม

ตลอดอายุของโครงการ มูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นดัชนีชี้วัดในเชิงเศรษฐศาสตร์ที่บอกว่าโครงการมีกำไรหรือขาดทุนเป็นจำนวนเท่าใด โดยมีสูตรในการคำนวณได้ดังต่อไปนี้

ทำการเขียนแผนภาพกระแสเงินสดด้วยค่าที่ได้จากตารางที่ 3. 4 ดังรูปที่ 3. 4



รูปที่ 3. 4 แผนภาพกระแสเงินสด

จากตารางที่ 3. 4 และรูปที่ 3. 4 การคำนวณที่กำลังการผลิต 50 ตันต่อชั่วโมง

ส่วนต่างของเงินลงทุนขั้นต้น = - 42,262,641.36 - 0 = - 42,262,641.36 บาท

ส่วนต่างของค่าใช้จ่ายรายปี = - 117,933,338.46– (-276,521,180.86)

= 158,587,842.40บาท

Incremental NPV (ถ่านหินและน้ำมันเตา)

= - 40,686,928.08 + 206,971,253.87(P/A,8%,10)

= 1,021,874,468.15 บาท

แสดงว่าเลือกลงทุนโครงการที่มีการลงทุนมากกว่าในที่นี้คือการใช้เชื้อเพลิงที่ผลิตแก๊สจากถ่านหิน เพราะส่วนที่ลงทุนเพิ่มขึ้นมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิมากกว่าศูนย์จึงเลือกโครงการที่ใช้เงินลงทุนมากกว่า

- การวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis) ด้วยเงื่อนไข
  - ➢ กรณีที่ราคาเชื้อเพลิงมีการเปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากราคาของเชื้อเพลิงถ่านหินมีการเปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกับการเพิ่มขึ้นของราคาน้ำมันจึงควรมีการพิจารณาการเปลี่ยนทางเศรษฐศาสตร์ หากราคาถ่านหินมีการเปลี่ยนแปลงไป
  - ➢ กรณีที่ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเปลี่ยนแปลงไป

3.2.8 สรุปผลจากการวิเคราะห์เพื่อแสดงความคุ้มค่าที่เกิดขึ้นเมื่อมีการพิจารณาใช้เครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินกับเตาเผาเหล็กขนาด 50 ตัน/ชั่วโมง, 30 ตัน/ชั่วโมง และ12 ตันต่อชั่วโมง ชนิด Pusher

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการวิเคราะห์จากการศึกษาข้อมูลในบทที่ผ่านมา ในการศึกษาจะทำการเริ่มวิเคราะห์ที่ปริมาณถ่านหินที่ใช้เป็นพลังงานทดแทนการใช้น้ำมันเตาของเตาเผาเหล็กที่มีการใช้อยู่ในปัจจุบัน เพื่อใช้ในการบอกในเบื้องต้นว่าการใช้เชื้อเพลิงถ่านหินทดแทนน้ำมันเตาสามารถประหยัดค่าจ่ายของค่าเชื้อเพลิงได้ แล้วจึงนำมาปริมาณถ่านหินที่ได้จากการวิเคราะห์เบื้องต้นไปใช้ในการเลือกขนาดเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินเนื่องจากขนาดเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินมีขนาดที่หลากหลายและมีกำลังการผลิตของถ่านหินที่ใกล้เคียงกัน ผลที่ได้จากการเลือกขนาดเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินจะนำไปทำการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ที่ขนาดของเตาเหล็กแตกต่างกัน (เตาเผาเหล็กขนาด 50 ตันต่อชั่วโมง เตาเผาเหล็กขนาด 30 ตันต่อชั่วโมง เตาเผาเหล็กขนาด 12 ตันต่อชั่วโมง) โดยใช้ดัชนีในการชี้วัดคือ การวิเคราะห์ส่วนเพิ่ม (incremental analysis) ว่ามีความเหมาะสมในการลงทุนการใช้เครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาหรือไม่ และวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity Analysis) ของโครงการด้วยเงื่อนไข

- เงื่อนไขที่มีราคาของเชื้อเพลิง ได้แก่ เชื้อเพลิงน้ำมันเตาและเชื้อเพลิงถ่านหิน
- เงื่อนไขที่มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มต้นเปลี่ยนแปลงไป

4.1 การวิเคราะห์หาปริมาณถ่านหินในแต่ละขนาดกำลังการผลิต

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการวิเคราะห์หาปริมาณถ่านหินที่ใช้เพื่อทดแทนน้ำมันเตาในขนาดเตาเผาเหล็กที่มีขนาดแตกต่างกัน โดยถ่านหินที่นำมาพิจารณาทดแทนน้ำมันเตาคือ ถ่านหินบิทูมินัส (jorong) ดังที่กล่าวมาในบทที่ผ่านมาว่าเป็นถ่านหินที่มีค่าซัลเฟอร์ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับถ่านหินชนิดเดียวกัน สามารถเห็นได้จากค่าส่วนประกอบของถ่านหินเป็นดังรูปที่ 4. 1 จึงได้มีการเลือกมาพิจารณาเป็นเชื้อเพลิงให้กับเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตา อีกทั้งเมื่อมีการเปรียบเทียบกับถ่านหินลิกไนต์ซึ่งเป็นถ่านหินที่มีการใช้ในปัจจุบัน คือเป็นถ่านหินที่คุณภาพต่ำ พบว่า ถ่านหินชนิดนี้มีปริมาณความร้อนต่ำ ปริมาณความชื้นสูง ค่าของขี้เถ้าสูงและมีปริมาณซัลเฟอร์ที่สูง และเมื่อเปรียบเทียบกับ ถ่านหินแอนทราไซต์ซึ่งเป็นถ่านหินที่จัดว่ามีคุณภาพสูงเช่นเดียวกันกับถ่านหินบิทูมินัส จะพบว่า ถ่านหินแอนทราไซต์มีราคาที่สูงกว่า แต่การติดไฟยากกว่าถ่านหินบิทูมินัส การนำไปใช้จึงนิยมนำไปใช้ในการให้ความร้อนในบ้าน อุตสาหกรรมเคมีและอุตสาหกรรมแก้ว เป็นต้น [3]

เหมือง	ที่ตั้ง	สัดส่วนการลงทุนของบริษัท	สถานะ	ประเภทถ่านหิน	ธันวาคม 2554 ปริมาณถ่านหินสำรวจพบ (ล้านตัน)	ธันวาคม 2554 ปริมาณถ่านหินสำรองรวม (ล้านตัน)	คุณภาพ GVC (ad) Kcal/Kg	ซัลเฟอร์ (ad)%	แผนการผลิตปี 2555 (ล้านตัน)
ประเทศอินโดนีเซีย									(100%)
โจร่ง	กาลิมันตัน	64.79	เปิดดำเนินการ	ซับบิทูมินัส-บิทูมินัส	143.8	5.7	5,300	0.3	1
อินโดมินโค	กาลิมันตัน	64.99	เปิดดำเนินการ	บิทูมินัส	659.2	173.8	6,050-6,500	0.80-1.60	15
คิทาดิน-เอ็มบาลุต	กาลิมันตัน	64.99	เปิดดำเนินการ	บิทูมินัส	150.4	14	5,750	0.20-0.55	0.7
คิทาดิน-ทันดุงมายัง	กาลิมันตัน	64.99	เปิดดำเนินการ	บิทูมินัส	12.4	9.2	6,800	0.80-1.60	2.7
ทรูบาอินโด	กาลิมันตัน	64.99	เปิดดำเนินการ	บิทูมินัส	326.9	101.7	6,250-7,200	0.60-1.50	7
บารินโด	กาลิมันตัน	64.35	เปิดดำเนินการ	บิทูมินัส	298	112.4	6,750	0.9	0.7

รูปที่ 4. 1 รายละเอียดของถ่านหินที่นำมาพิจารณา

ที่มา : บริษัท บ้านปู จำกัด มหาชน

ชนิดของถ่านหินที่ได้จากการพิจารณาเลือก จะมีค่าความร้อนของถ่านหินที่แตกต่างจากค่าความร้อนของน้ำมันเตา โดยการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเตาของโรงงานผลิตเหล็กจะมีความแตกต่างกันในแต่ละขนาดของเตาเผาเหล็ก ซึ่งข้อมูลของเตาเผาเหล็กที่นำมาใช้ในการพิจารณาหาปริมาณของถ่านหินเพื่อนำมาเป็นพลังงานทดแทน จะเป็นข้อมูลที่เกิดจากการเก็บรวบรวมจำนวน 5 ครั้ง ที่กำลังการผลิตแตกต่างกันตามขนาดของเตาเผาเหล็ก โดยนำค่าเฉลี่ยที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูล มาใช้ในการพิจารณาเป็นดังตารางที่ 4. 1 ถึง ตารางที่ 4. 3 (โดยข้อมูลของโรงงานตัวอย่างที่เก็บมาได้แสดงในภาคผนวก ก) เพื่อนำไปวิเคราะห์ผลต่อไป

ตารางที่ 4. 1 ตารางข้อมูลเฉลี่ยจากการเก็บข้อมูล 5 ครั้ง ที่กำลังการผลิต 50 ตันต่อชั่วโมง

ข้อมูลที่ต้องการทราบ	ค่าที่ได้
อัตราการใช้เชื้อเพลิงของเตาเผา	1493 ลิตรต่อชั่วโมง
อัตราการผลิต (การป้อนเหล็ก)	50.561 ตันต่อชั่วโมง
ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง	9682 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม
อุณหภูมิของเหล็กก่อนเข้าเตาเผา	35 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิของเหล็กหลังออกจากเตาเผา	1070 องศาเซลเซียส
ค่าความจุความร้อนจำเพาะของผลิตภัณฑ์	0.92 กิโลแคลอรี / กิโลกรัม องศาเซลเซียส

ตารางที่ 4. 2 ตารางข้อมูลเฉลี่ยจากการเก็บข้อมูล 5 ครั้ง ที่กำลังการผลิต 30 ตันต่อชั่วโมง

ข้อมูลที่ต้องการทราบ	ค่าที่ได้
อัตราการใช้เชื้อเพลิงของเตาเผา	870 ลิตรต่อชั่วโมง
อัตราการผลิต (การป้อนเหล็ก)	30 ตันต่อชั่วโมง
ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง	9682 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม
อุณหภูมิของเหล็กก่อนเข้าเตาเผา	33 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิของเหล็กหลังออกจากเตาเผา	1100 องศาเซลเซียส
ค่าความจุความร้อนจำเพาะของผลิตภัณฑ์	0.92 กิโลแคลอรี / กิโลกรัม องศาเซลเซียส

ตารางที่ 4. 3 ตารางข้อมูลเฉลี่ยจากการเก็บข้อมูล 5 ครั้ง ที่กำลังการผลิต 12 ตันต่อชั่วโมง

ข้อมูลที่ต้องการทราบ	ค่าที่ได้
อัตราการใช้เชื้อเพลิงของเตาเผา	552.16 ลิตรต่อชั่วโมง
อัตราการผลิต (การป้อนเหล็ก)	12 ตันต่อชั่วโมง
ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง	9682 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม
อุณหภูมิของเหล็กก่อนเข้าเตาเผา	35 องศาเซลเซียส
อุณหภูมิของเหล็กหลังออกจากเตาเผา	1150 องศาเซลเซียส
ค่าความจุความร้อนจำเพาะของผลิตภัณฑ์	0.92 กิโลแคลอรี / กิโลกรัม องศาเซลเซียส

โดยจากตารางค่าเฉลี่ยจากการเก็บข้อมูลที่ตารางที่ 4. 1 ถึงตารางที่ 4. 3จะสามารถนำไปคำนวณหาค่าประสิทธิภาพการทำงานของเตาอุ่นเหล็กที่ประสิทธิภาพเตาอุ่นเหล็ก ของโรงงานตัวอย่าง ซึ่งประสิทธิภาพของเตาอุ่นเหล็กมีค่าดังต่อไปนี้

- ขนาด 50 ตันต่อชั่วโมงเป็น 42.50 %
- ขนาด 30 ตันต่อชั่วโมงเป็น 44.61 %
- ขนาดที่ 12 ตันต่อชั่วโมงเป็น 29.38%

4.1.1 การวิเคราะห์หาปริมาณถ่านหิน

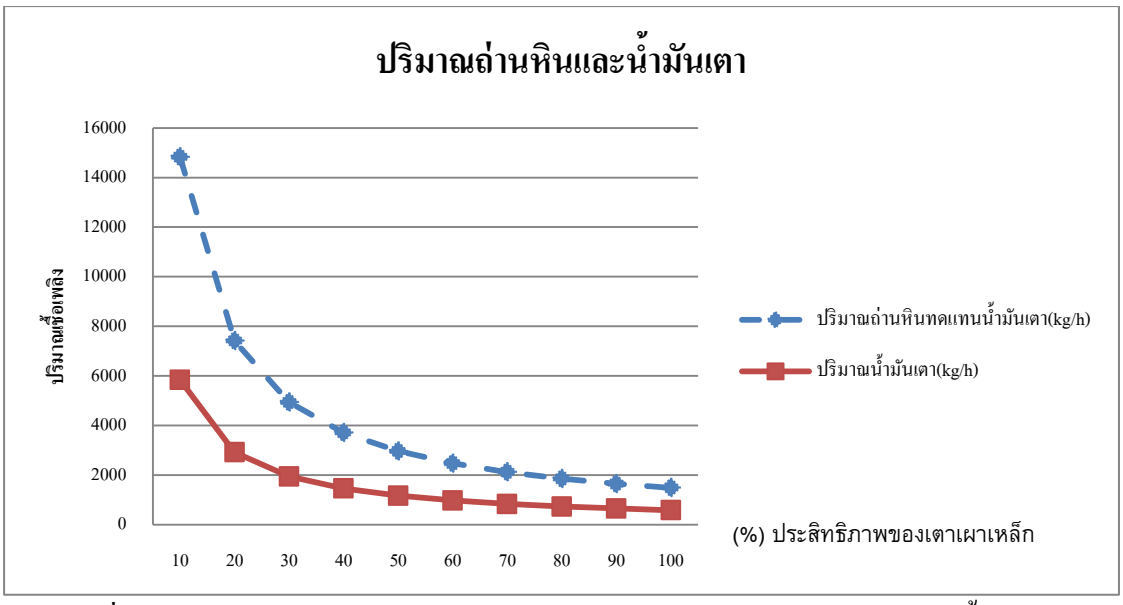
หลังจากการเก็บรวบรวมข้อมูลของโรงงานผลิตเหล็ก ที่กำลังการผลิตของเตาเผาเหล็กที่แตกต่างกัน จะนำมาทำการวิเคราะห์หาปริมาณถ่านหินที่นำมาทดแทนน้ำมันเตาซึ่งสามารถคำนวณได้ดังขั้นตอนที่กล่าวมาในบทที่ 3

โดยจากปริมาณน้ำมันเตาที่ใช้สามารถแปลงเป็นปริมาณถ่านหินที่ใช้ได้ดังตารางที่ 4. 4

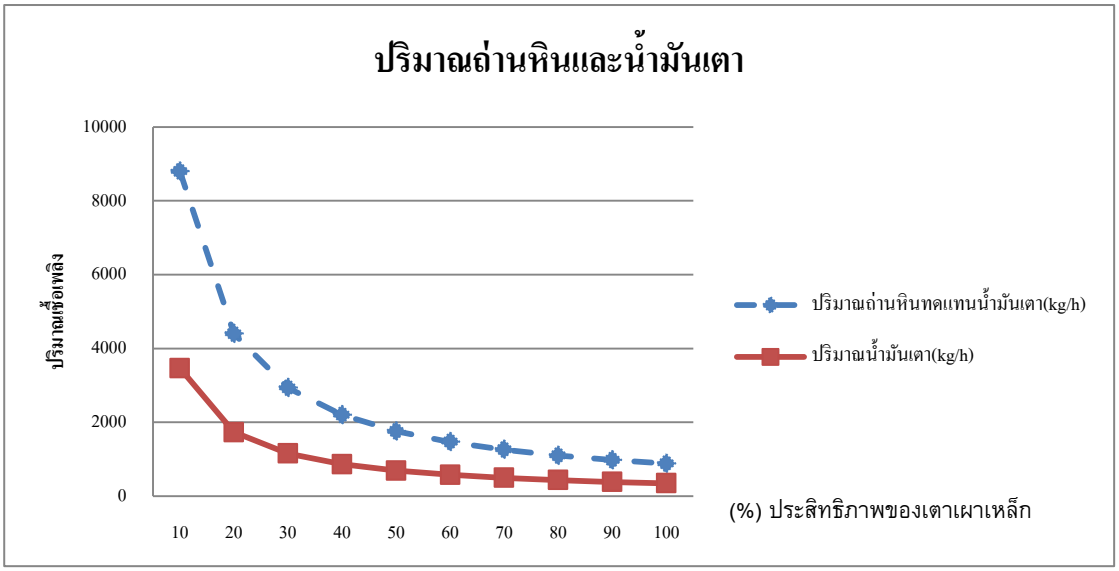
ตารางที่ 4. 4 ปริมาณถ่านหินที่ใช้ทดแทนน้ำมันเตาแต่ละกำลังการผลิต

กำลังการผลิตเหล็ก	ปริมาณถ่านหินที่ใช้กิโลกรัมต่อชั่วโมง
50 ตันต่อชั่วโมง	3209.394
30 ตันต่อชั่วโมง	2032.8
12 ตันต่อชั่วโมง	1290.167

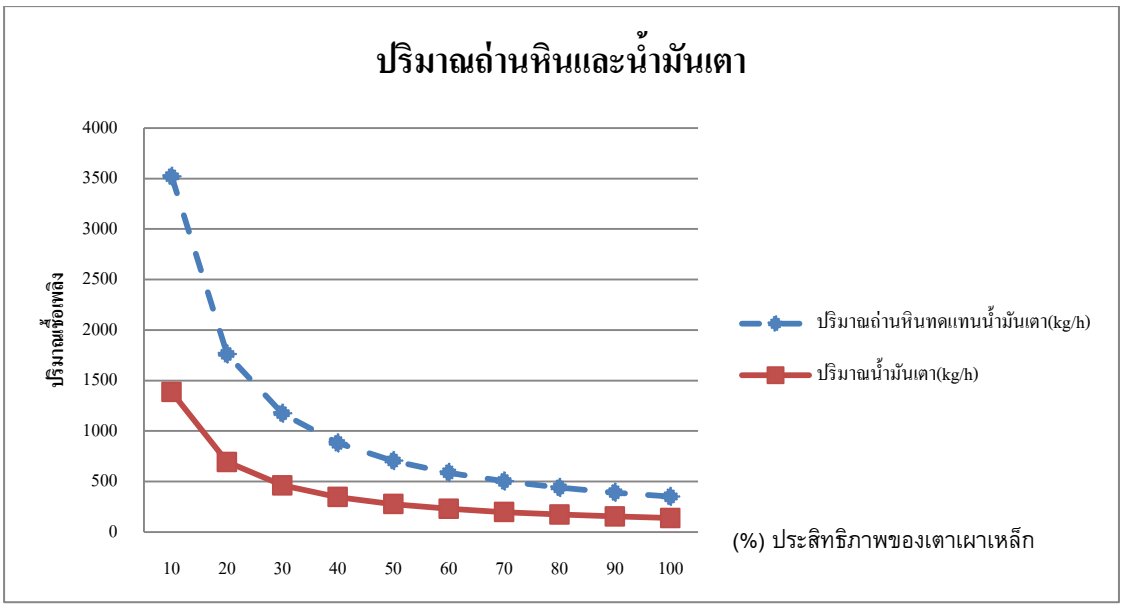
ข้อมูลจากตารางที่ 4. 4 แสดงปริมาณของถ่านหินที่มีการใช้น้ำมันเตาของขนาดเตาอุ่นเหล็กที่กำลังการผลิตขนาดเดียวกัน แต่มีความแตกต่างกันของโรงงานผลิตเหล็กจะพบว่ามีประสิทธิภาพของเตาอุ่นเหล็กที่แตกต่างกัน การใช้ปริมาณถ่านหินจึงแตกต่างกันด้วย โดยข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณหาประสิทธิภาพเตาที่เปลี่ยนแปลงไป จะมีการใช้ข้อมูลของโรงงานตัวอย่างเป็นพื้นฐานของข้อมูล เพื่อคำนวณที่ประสิทธิภาพของเตาอุ่นเหล็กที่แตกต่างกัน จึงทราบได้ถึงความเหมาะสมเบื้องต้น ของการใช้พลังงานจากถ่านหินทดแทนน้ำมันเตา ในประสิทธิภาพที่แตกต่างกันของเตาอุ่นเหล็กเทียบได้กับโรงงานที่แตกต่างกันหากมีการใช้พลังงานถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตา จะเกิดการประหยัดค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงานและจึงนำไปพิจารณาเมื่อมีการนำเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินไปติดตั้งในหัวข้อถัดไป จากการคำนวณหาปริมาณถ่านหินที่ใช้เมื่อเปลี่ยนแปลงไปเทียบกับการใช้น้ำมันเตาที่ประสิทธิภาพแตกต่างกัน สามารถแสดงกราฟความสัมพันธ์ได้ดังรูปที่ รูปที่ 4. 2 ถึง รูปที่ 4. 4



รูปที่ 4. 2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของเตาเผาเหล็กและปริมาณเชื้อเพลิง ที่กำลังการ ผลิต 50 ตันต่อชั่วโมง



รูปที่ 4. 3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของเตาเผาเหล็กและปริมาณเชื้อเพลิง ที่กำลังการผลิต 30 ตันต่อชั่วโมง



รูปที่ 4. 4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของเตาเผาเหล็กและปริมาณเชื้อเพลิงที่กำลังการผลิต 12 ตันต่อชั่วโมง

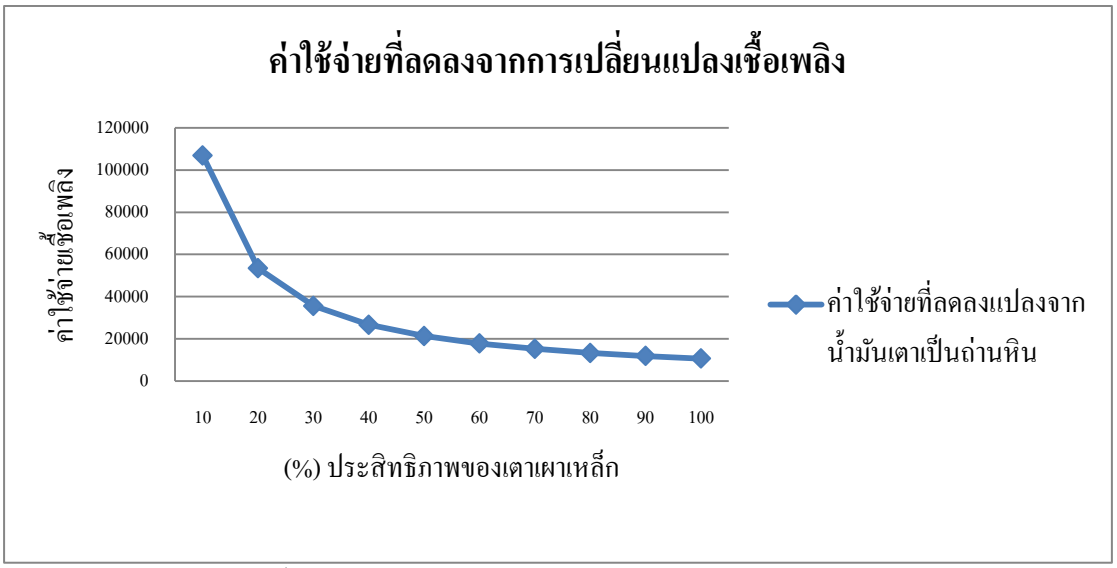
จากรูปที่ 4. 2 ถึงรูปที่ 4. 4 ที่ขนาดของเตาอุ่นเหล็ก 50 ตันต่อชั่วโมง 30 ตันต่อชั่วโมงและ 12 ตันต่อชั่วโมง จะเห็นได้ว่า ปริมาณการใช้ถ่านหินต่อชั่วโมงเพื่อให้ได้ค่าความร้อนที่เท่ากันกับน้ำมันเตา ต้องใช้ในปริมาณที่มากกว่าปริมาณของน้ำมันเตาต่อชั่วโมง ที่ประสิทธิภาพของเตาเผาเหล็กต่ำ พบว่า มีความแตกต่างของการใช้เชื้อเพลิงถ่านหินมากกว่าปริมาณการใช้น้ำมันเตามาก แต่เมื่อเตามีประสิทธิภาพมากขึ้นความแตกต่างของการใช้เชื้อเพลิงถ่านหินและน้ำมันเตามีค่าน้อยลง

จากปริมาณน้ำมันเตาและปริมาณถ่านหินที่ใช้ในการผลิตแต่ละกำลังการผลิตจะสามารถแสดงเป็นค่าใช้จ่ายทางด้านเชื้อเพลิงที่เกิดขึ้นได้จากขั้นตอนที่ 3.2.4.1 ในบทที่ 3

ตารางที่ 4. 5 ค่าใช้จ่ายทางด้านเชื้อเพลิง ที่กำลังการผลิตของเตาอุ่นเหล็กขนาด 50 ตันต่อชั่วโมงเมื่อมีประสิทธิภาพที่เปลี่ยนแปลงไป

ประสิทธิภาพเตาเผา	ค่าใช้จ่ายถ่านหินต่อชั่วโมง	ค่าใช้จ่ายน้ำมันเตาต่อชั่วโมง	ค่าใช้จ่ายที่ลดลงแปลงจากน้ำมันเตาเป็นถ่านหิน
10%	27729.93	151205.20	123475.27
20%	13864.96	75602.60	61737.64
30%	9243.31	50401.73	41158.42
40%	6932.48	37801.30	30868.82
50%	5545.99	30241.04	24695.05
60%	4621.65	25200.87	20579.21
70%	3961.42	21600.74	17639.32
80%	3466.24	18900.65	15434.41
90%	3081.10	16800.58	13719.47
100%	2772.99	15120.52	12347.53

สามารถแสดงค่าจากตารางได้ดังรูปที่ 4. 5



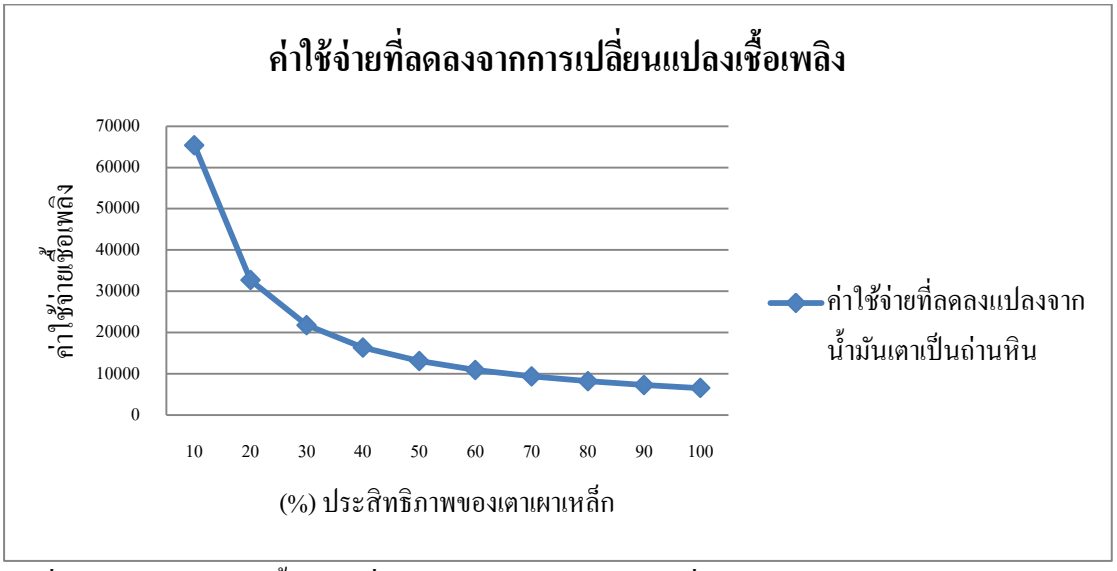
รูปที่ 4. 5 ค่าใช้จ่ายของเชื้อเพลิงที่ลดลงของประสิทธิภาพเตาที่กำลังการผลิต 50 ตันต่อชั่วโมง

จากรูปที่ 4. 5ประสิทธิภาพของเตาเผาเหล็กมากขึ้นทำให้ค่าใช้จ่ายที่ลดลงจากการเปลี่ยนแปลงเชื้อเพลิงลดลงที่ขนาดกำลังการผลิตของเตาอุ่นเหล็ก 50 ตันต่อชั่วโมง

ตารางที่ 4. 6 ค่าใช้จ่ายทางด้านเชื้อเพลิง ที่กำลังการผลิตของเตาอุ่นเหล็กขนาด 30 ตันต่อชั่วโมงเมื่อมีประสิทธิภาพที่เปลี่ยนแปลงไป

ประสิทธิภาพเตาเผา	ค่าใช้จ่ายถ่านหินต่อชั่วโมง	ค่าใช้จ่ายน้ำมันเตาต่อชั่วโมง	ค่าใช้จ่ายที่ลดลงแปลงจากน้ำมันเตาเป็นถ่านหิน
10%	16962.05	92490.34	75528.29
20%	8481.03	46245.17	37764.15
30%	5654.02	30830.11	25176.10
40%	4240.51	23122.59	18882.07
50%	3392.41	18498.07	15105.66
60%	2827.01	15415.06	12588.05
70%	2423.15	13212.91	10789.76
80%	2120.26	11561.29	9441.04
90%	1884.67	10276.70	8392.03
100%	1696.21	9249.03	7552.83

สามารถแสดงค่าจากตารางได้ดังรูปที่ 4. 6



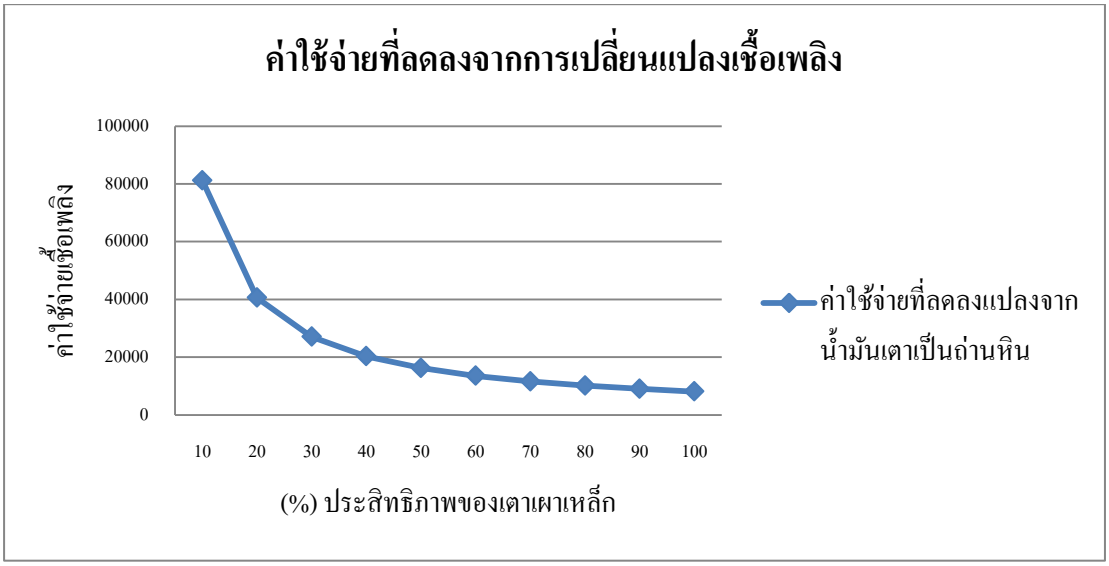
รูปที่ 4. 6 ค่าใช้จ่ายของเชื้อเพลิงที่ลดลงของประสิทธิภาพเตาที่กำลังการผลิต 30 ตันต่อชั่วโมง

จากประสิทธิภาพของเตาเผาเหล็กมากขึ้นทำให้ค่าใช้จ่ายที่ลดลงจากการเปลี่ยนแปลงเชื้อเพลิงลดลงที่ขนาดกำลังการผลิตของเตาอุ่นเหล็ก 30 ตันต่อชั่วโมง

ตารางที่ 4. 7 ค่าใช้จ่ายทางด้านเชื้อเพลิง ที่กำลังการผลิตของเตาอุ่นเหล็กขนาด 12 ตันต่อชั่วโมงเมื่อมีประสิทธิภาพที่เปลี่ยนแปลงไป

ประสิทธิภาพเตาเผา	ค่าใช้จ่ายถ่านหินต่อชั่วโมง	ค่าใช้จ่ายน้ำมันเตาต่อชั่วโมง	ค่าใช้จ่ายที่ลดลงแปลงจากน้ำมันเตาเป็นถ่านหิน
10%	7090.04	92490.34	85400.30
20%	3545.02	46245.17	42700.15
30%	2363.35	30830.11	28466.77
40%	1772.51	23122.59	21350.08
50%	1418.01	18498.07	17080.06
60%	1181.67	15415.06	14233.38
70%	1012.86	13212.91	12200.04
80%	886.26	11561.29	10675.04
90%	787.78	10276.70	9488.92
100%	709.00	9249.03	8540.03

สามารถแสดงค่าจากตารางได้ดังรูปที่ 4. 7



รูปที่ 4. 7 ค่าใช้จ่ายของเชื้อเพลิงที่ลดลงของประสิทธิภาพเตาที่กำลังการผลิต 12 ตันต่อชั่วโมง

จากรูปที่ 4. 7ประสิทธิภาพของเตาเผาเหล็กมากขึ้นทำให้ค่าใช้จ่ายที่ลดลงจากการเปลี่ยนแปลงเชื้อเพลิงลดลงที่ขนาดกำลังการผลิตของเตาอุ่นเหล็ก 12 ตันต่อชั่วโมง

จากรูปที่ 4. 2ถึงรูปที่ 4. 4 ได้มีการแสดงถึงปริมาณของเชื้อเพลิงถ่านหินและน้ำมันเตาที่ใช้ในแต่ละกำลังการผลิตและประสิทธิภาพที่แตกต่างกันจะพบว่ามีการใช้เชื้อเพลิงถ่านหินในปริมาณกิโลกรัมมากกว่าปริมาณเชื้อเพลิงน้ำมันเตา อีกทั้งเมื่อมีประสิทธิภาพในการทำงานของเตาที่มากขึ้นจะทำให้อัตราการใช้เชื้อเพลิงต่อชั่วโมงลดลงทำให้เป็นการอ้างอิงให้กับโรงงานที่มีกำลังการผลิตเดียวกันแต่มีประสิทธิภาพของเตาที่เปลี่ยนแปลง แต่เมื่อมีการนำปริมาณถ่านหินและน้ำมันเตาที่ใช้แสดงเป็นค่าใช้จ่ายทางด้านเชื้อเพลิงในตารางที่ 4. 5ถึงตารางที่ 4. 7 พบว่า ถึงแม้ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงถ่านหินจะมีการใช้ในปริมาณที่มากกว่าการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเตา โดยเมื่อคำนวณเป็นราคาเชื้อเพลิงที่ใช้ต่อการผลิต จะเห็นได้มีค่าใช้จ่ายทางด้านเชื้อเพลิงที่ต่ำกว่า จึงทำให้สามารถประหยัดราคาเชื้อเพลิงของถ่านหินที่ใช้ทดแทนน้ำมันเตาได้ ซึ่งขนาดของเตาอุ่นเหล็กที่ขนาด 30 ตันต่อชั่วโมง พบว่าที่ประสิทธิภาพ 100 % มีค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้จากการเปลี่ยนเชื้อเพลิงมากกว่าขนาดเตาอุ่นเหล็ก 50 ตันต่อชั่วโมงและ 12 ตันต่อชั่วโมง เนื่องจากที่กำลังการผลิต 30 ตันต่อชั่วโมงมีประสิทธิภาพของเตาอุ่นเหล็กโรงงานตัวอย่าง มากที่สุด พลังงานทดแทนจากถ่านหินจึงมีความน่าสนใจในการลงทุนแต่ด้วยขนาดของกำลังการผลิตของเตาอุ่นเหล็กที่แตกต่างกันทำให้การเลือกใช้ เครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินจึงต้องมีความแตกต่างกันด้วย โดยสามารถทำการวิเคราะห์การเลือกขนาดของเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินที่เหมาะสมได้ตามหัวข้อต่อไป

4.2 การเลือกขนาดเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินให้เหมาะสมในแต่ละขนาดกำลังการผลิต

ดังสามารถแสดงจำนวนเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินในแต่ละขนาดเพื่อให้สามารถทดแทนการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเตาของโรงงานตัวอย่างได้ดังต่อไปนี้
ที่กำลังการผลิตเหล็กของเตาเผาเหล็กขนาด 50 ตันต่อชั่วโมงซึ่งมีปริมาณถ่านหินที่ต้องใช้เป็น 3209.394 กิโลกรัมต่อชั่วโมง จะพิจารณาเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4. 8 จำนวนเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาที่ขนาดเตาอุ่นเหล็ก 50 ตันต่อชั่วโมง

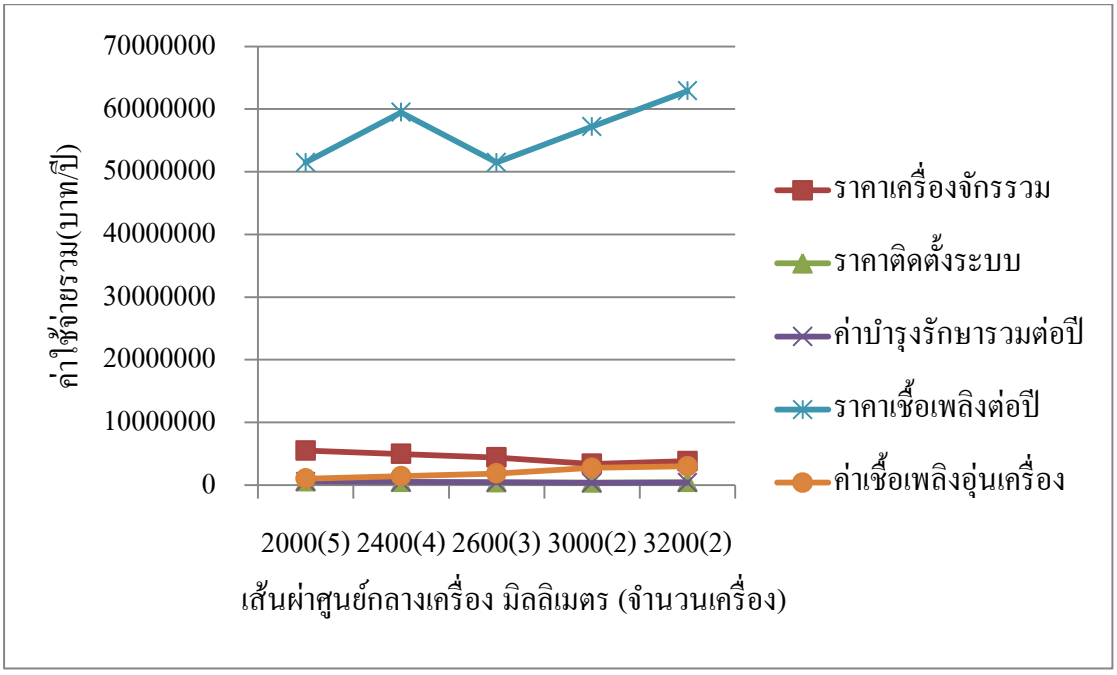
Model	Q.M 2.0	Q.M 2.4	Q.M 2.6	Q.M 3.0	Q.M 3.2
เส้นผ่าศูนย์กลางเครื่อง(มิลลิเมตร)	2000	2400	2600	3000	3200
ปริมาณเชื้อเพลิง (กิโลกรัม)	720	1040	1200	2000	2200
จำนวนเครื่อง(ตัว)	5	4	3	2	2
ปริมาณเชื้อเพลิงรวม (กิโลกรัม)	3600	4160	3600	4000	4400

จากตารางที่ 4. 8 จะเห็นได้ว่า เมื่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินมีขนาดใหญ่ขึ้นจะทำให้สามารถใส่ปริมาณถ่านหินด้มากขึ้น จึงทำให้เมื่อเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินเมื่อมีขนาดเล็กเพื่อให้ได้ค่าความร้อนตามที่ต้องการจึงต้องมีการใช้จำนวนหลายเครื่อง โดยสามารถแสดงค่าใช้จ่ายเบื้องต้นที่แตกต่างกันของขนาดเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินที่แตกต่างกันได้ดังตารางที่ 4. 9

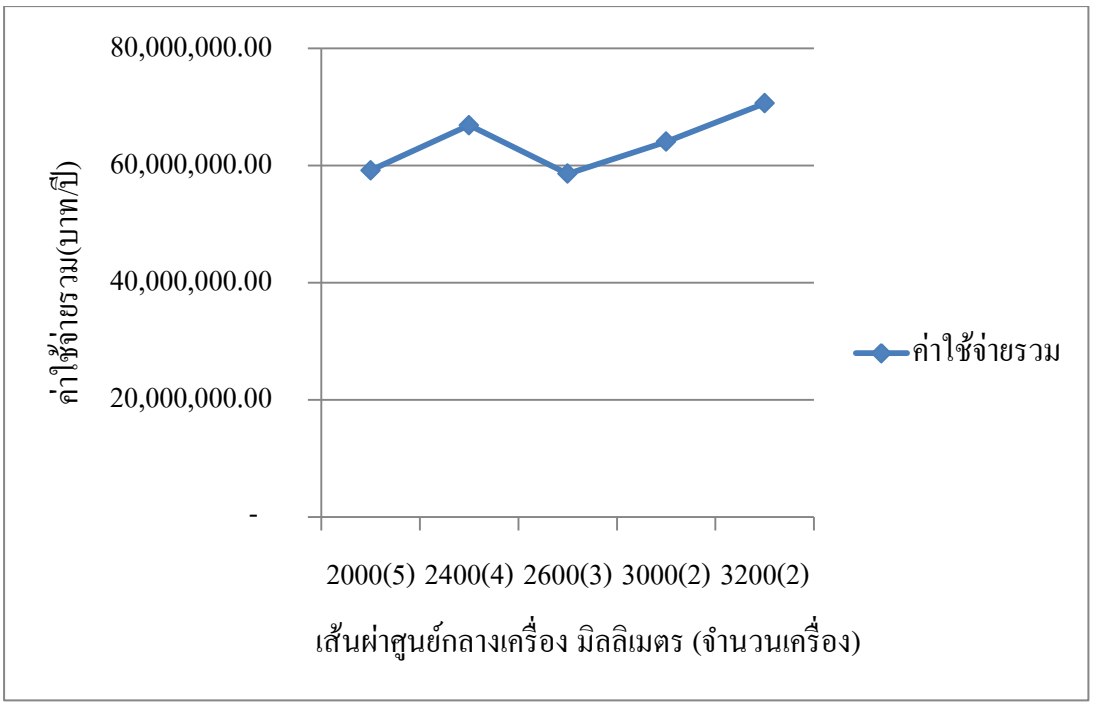
ตารางที่ 4. 9 ค่าใช้จ่ายเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาที่ขนาดเตาอุ่นเหล็ก 50 ตันต่อชั่วโมง

	ค่าใช้จ่าย (บาท)				
ขนาดเครื่อง (จำนวนเครื่อง)	ราคาเครื่องรวม(บาท)	ราคาติดตั้งและวางระบบ (บาท)	ค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิง (บาทต่อปี)	ค่าบำรุงรักษา (บาทต่อปี)	ค่าใช้จ่ายรวม (บาท)
2000(5)	5,506,571	585,000	84,071,656	550,657	90,713,885
2400(4)	4,972,800	495,000	97,528,501	497,280	103,493,581
2600(3)	4,399,001	430,000	85,383,689	439,900	90,652,590
3000(2)	3,378,935	400,000	95,964,126	337,893	100,080,954
3200(2)	3,825,202	480,000	105,560,539	382,520	110,248,261

สามารถแสดงเป็นกราฟค่าใช้จ่ายเบื้องต้นที่เกิดขึ้นในแต่ละรายการค่าใช้จ่ายและแสดงเป็นค่าใช้จ่ายรวมได้ดังรูปที่ 4. 8 และ รูปที่ 4. 9 ตามลำดับ



รูปที่ 4. 8 ค่าใช้จ่ายเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาที่ขนาดเตาอุ่นเหล็ก 50 ตันต่อชั่วโมง



รูปที่ 4. 9 ค่าใช้จ่ายรวมในแต่ละขนาดเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินที่ขนาดเตาอุ่นเหล็ก 50 ตันต่อชั่วโมง

จากตารางที่ 4. 9 พบว่า ขนาดเครื่องที่ใช้ในการพิจารณาและจำนวนของเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินภายใต้สมมติฐานที่กำหนด คือ ขนาดเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเตาเผา 2000 มิลลิเมตรในจำนวน 5 เครื่อง 2400 มิลลิเมตรจำนวน 4 เครื่อง 2600 มิลลิเมตร จำนวน 3 เครื่อง 3000 มิลลิเมตรจำนวน 2 เครื่อง และ 3200 มิลลิเมตรจำนวน 2 เครื่อง โดยค่าใช้จ่ายที่พิจารณาประกอบไปด้วย ราคาเครื่องจักร ราคาติดตั้งระบบ ค่าบำรุงรักษาต่อปี และค่าเชื้อเพลิงทีใช้ในการผลิตแก๊สจากถ่านหิน จากการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งจะเห็นได้ว่าที่ขนาดเครื่อง 3000 มิลลิเมตรต่อชั่วโมงมีค่าใช้จ่ายในการติดตั้งน้อยที่สุด ค่าเชื้อเพลิงต่อปีมีค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดที่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2000 และ 2600 มิลลิเมตร ค่าเชื้อเพลิงในการอุ่นอากาศมีค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดที่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2000 มิลลิเมตร โดยแสดงเป็นกราฟได้ดังรูปที่ 4. 8 จะเห็นได้ว่า ราคาเครื่องจักร ราคาติดตั้งระบบ ราคาค่าบำรุงรักษา และค่าเชื้อเพลิงในการอุ่นอากาศ มีค่าใกล้เคียงกันในแต่ละขนาดเส้นผ่าศูนย์เนื่องจากมีขนาดที่ใกล้เคียงกัน จึงมีความแตกต่างกันของค่าใช้จ่ายไม่มาก แต่จะเห็นได้ว่าราคาเชื้อเพลิงมีค่าใช้จ่ายมากกว่าค่าใช้จ่ายทางด้านอื่นๆ และเมื่อมีการนำค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นรวมเป็นค่าใช้จ่ายรวมจะพบว่าขนาดเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินที่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2600 มิลลิเมตรจำนวน 3 เครื่อง มีค่าใช้จ่ายต่ำรวมเบื้องต้นในการใช้เครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินน้อยที่สุดดังแสดงในรูปที่ 4. 9

ที่กำลังการผลิตเหล็กของเตาเผาเหล็กขนาด 30 ตันต่อชั่วโมงซึ่งมีปริมาณถ่านหินที่ต้องใช้เป็น 2032.8 กิโลกรัมต่อชั่วโมง จะพิจารณาเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินดังต่อไปนี้

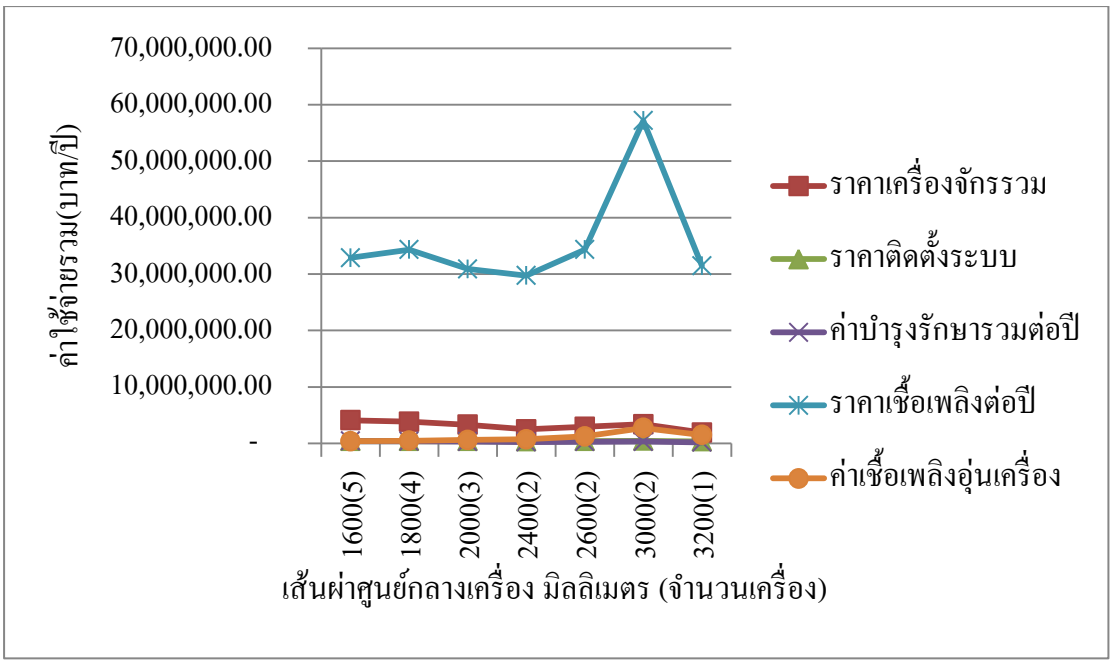
ตารางที่ 4. 10 จำนวนเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาที่ขนาดเตาอุ่นเหล็ก 30 ตันต่อชั่วโมง

Model	QM 1.6	QM 1.8	QM 2.0	QM 2.4	QM 2.6	QM 3.0	Q.M 3.2
เส้นผ่าศูนย์กลางเครื่อง(มิลลิเมตร)	1600	1800	2000	2400	3200	3000	3200
ปริมาณเชื้อเพลิง (กิโลกรัม)	460	600	720	1040	1200	2000	2032
จำนวนเครื่อง(ตัว)	5	4	3	2	2	2	1
ปริมาณเชื้อเพลิงรวม(กิโลกรัม)	2300	2400	2160	2080	2400	4000	2032

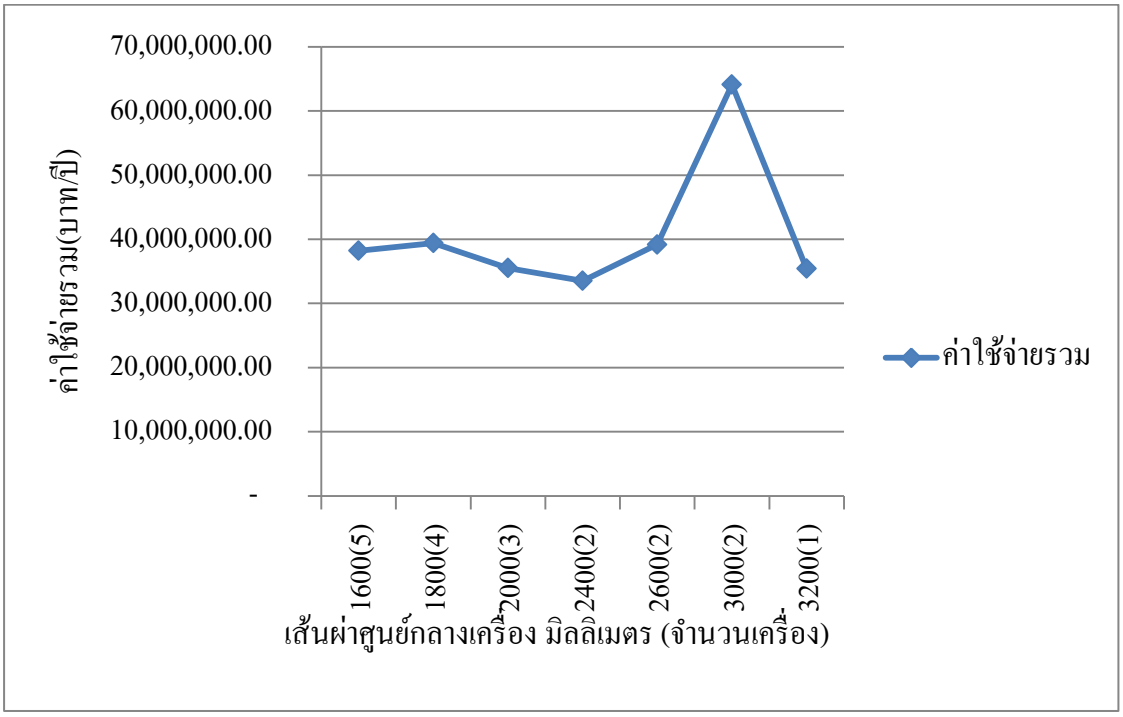
ตารางที่ 4. 11 ค่าใช้จ่ายเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาที่ขนาดเตาอุ่นเหล็ก 30 ตันต่อชั่วโมง

ขนาดเครื่อง (จำนวนเครื่อง)	ราคาเครื่องรวม(บาท)	ราคาติดตั้งและวางระบบ (บาท)	ค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิง(บาทต่อปี)	ค่าบำรุงรักษา (บาทต่อปี)	ค่าใช้จ่ายรวม (บาท)
1600(5)	4,087,714.29	450,000.00	53,293,325.28	408,771.43	58,239,811.00
1800(4)	3,837,714.29	402,000.00	55,697,895.24	383,771.43	60,321,380.96
2000(3)	3,303,942.86	400,000.00	50,442,993.63	330,394.29	54,477,330.77
2400(2)	2,486,400.00	340,000.00	48,764,250.47	248,640.00	51,839,290.47
2600(2)	2,932,667.33	420,000.00	56,922,459.32	293,266.73	60,568,393.39
3000(2)	3,378,934.67	470,000.00	95,964,126.32	337,893.47	100,150,954.46
3200(1)	1,912,601.00	360,000.00	52,780,269.48	191,260.10	55,244,130.58

สามารถแสดงเป็นกราฟค่าใช้จ่ายเบื้องต้นที่เกิดขึ้นในแต่ละรายการค่าใช้จ่ายและแสดงเป็นค่าใช้จ่ายรวมได้ดังรูปที่ 4. 10 และ รูปที่ 4. 11 ตามลำดับ



รูปที่ 4. 10 ค่าใช้จ่ายเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาที่ขนาดเตาอุ่นเหล็ก 30 ตันต่อชั่วโมง



รูปที่ 4. 11 ค่าใช้จ่ายรวมในแต่ละขนาดเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินที่ขนาดเตาอุ่นเหล็ก 30 ตันต่อชั่วโมง

จากตารางที่ 4. 11 พบว่า ขนาดเครื่องที่ใช้ในการพิจารณาและจำนวนของเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินภายใต้สมมติฐานที่กำหนด คือ ขนาดเครื่องผลิตที่แก๊สจากถ่านหินที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเตาเผา 1600 มิลลิเมตรจำนวน 5 เครื่อง 1800 มิลลิเมตรจำนวน 4 เครื่อง 2000 มิลลิเมตรจำนวน 3 เครื่อง 2400 มิลลิเมตรจำนวน 2 เครื่อง 2600 มิลลิเมตรจำนวน 2 เครื่อง 3000 มิลลิเมตรจำนวน 2 เครื่องและ 3200 มิลลิเมตรจำนวน 1 เครื่อง โดยค่าใช้จ่ายที่พิจารณาประกอบไปด้วย ราคาเครื่องจักร ราคาติดตั้งระบบ ค่าบำรุงรักษาต่อปี และค่าเชื้อเพลิงทีใช้ในการผลิตแก๊สจากถ่านหิน จากการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งจะเห็นได้ที่ขนาดเครื่อง 3200 มิลลิเมตรต่อชั่วโมงมีค่าใช้จ่ายในการติดตั้งน้อยที่สุด เนื่องจากจำนวนเครื่องที่ใช้น้อยที่สุด ค่าเชื้อเพลิงต่อปีมีค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดที่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2000 มิลลิเมตร ค่าเชื้อเพลิงในการอุ่นอากาศมีค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดที่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1600 มิลลิเมตร โดยแสดงเป็นกราฟได้ดังรูปที่ 4. 10 ค่าใช้จ่ายเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาที่ขนาดเตาอุ่นเหล็ก 30 ตันต่อชั่วโมง จะเห็นได้ว่า ราคาเครื่องจักร ราคาติดตั้งระบบ ราคาค่าบำรุงรักษา และค่าเชื้อเพลิงในการอุ่นอากาศ มีค่าใกล้เคียงกันในแต่ละขนาดเส้นผ่าศูนย์เนื่องจากมีขนาดที่ใกล้เคียงกัน จึงมีความแตกต่างกันของค่าใช้จ่ายไม่มาก แต่จะเห็นได้ว่าราคาเชื้อเพลิงมีค่าใช้จ่ายมากกว่าค่าใช้จ่ายทางด้านอื่นๆ และเมื่อมีการนำค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นรวมเป็นค่าใช้จ่ายรวมจะได้ว่าขนาดเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินที่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2400 มิลลิเมตรจำนวน 2 เครื่อง มีค่าใช้จ่ายต่ำรวมเบื้องต้นในการใช้เครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินน้อยที่สุดดังแสดงใน รูปที่ 4. 11

ที่กำลังการผลิตเหล็กของเตาเผาเหล็กขนาด 12 ตันต่อชั่วโมงซึ่งมีปริมาณถ่านหินที่ต้องใช้เป็น กิโลกรัมต่อชั่วโมง จะพิจารณาเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินดังต่อไปนี้

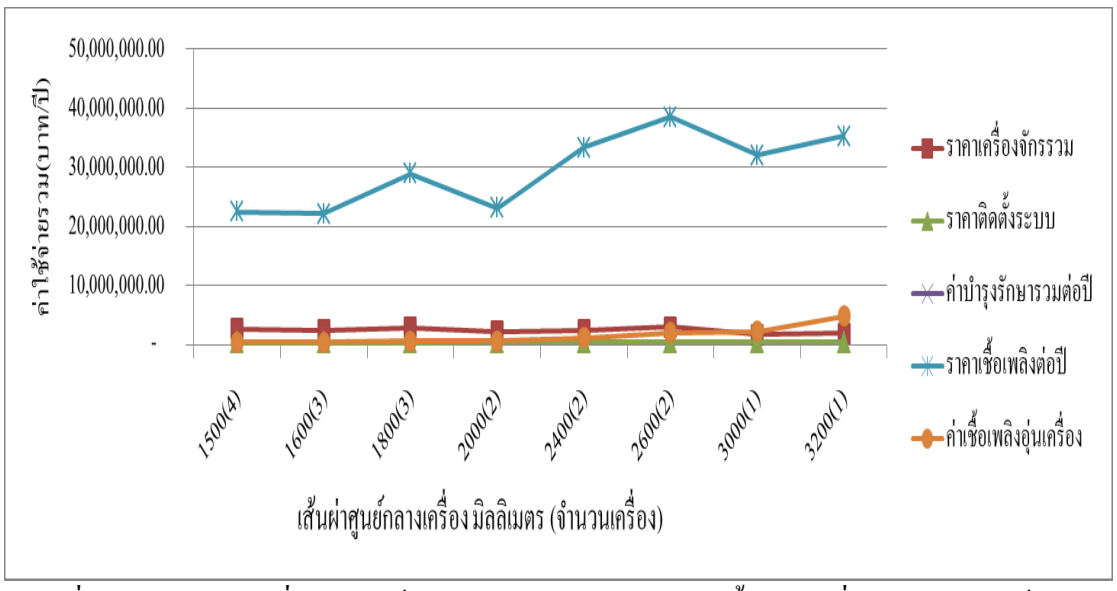
ตารางที่ 4. 12 จำนวนเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาที่ขนาดเตาอุ่นเหล็ก 12 ตันต่อชั่วโมง

Model	QM 1.5	QM 1.6	QM 1.8	QM 2.0	QM 2.4	QM 2.6	QM 3.0	Q.M 3.2
เส้นผ่าศูนย์กลางเครื่อง(มิลลิเมตร)	1500	1600	1800	2000	2400	2600	3000	3200
ปริมาณเชื้อเพลิง (กิโลกรัม)	350	460	600	720	1040	1200	2000	2200
จำนวนเครื่อง (เครื่อง)	4	3	3	2	2	2	1	1
ปริมาณเชื้อเพลิงรวม(กิโลกรัม)	1400	1380	1800	1440	2080	2400	2000	2200

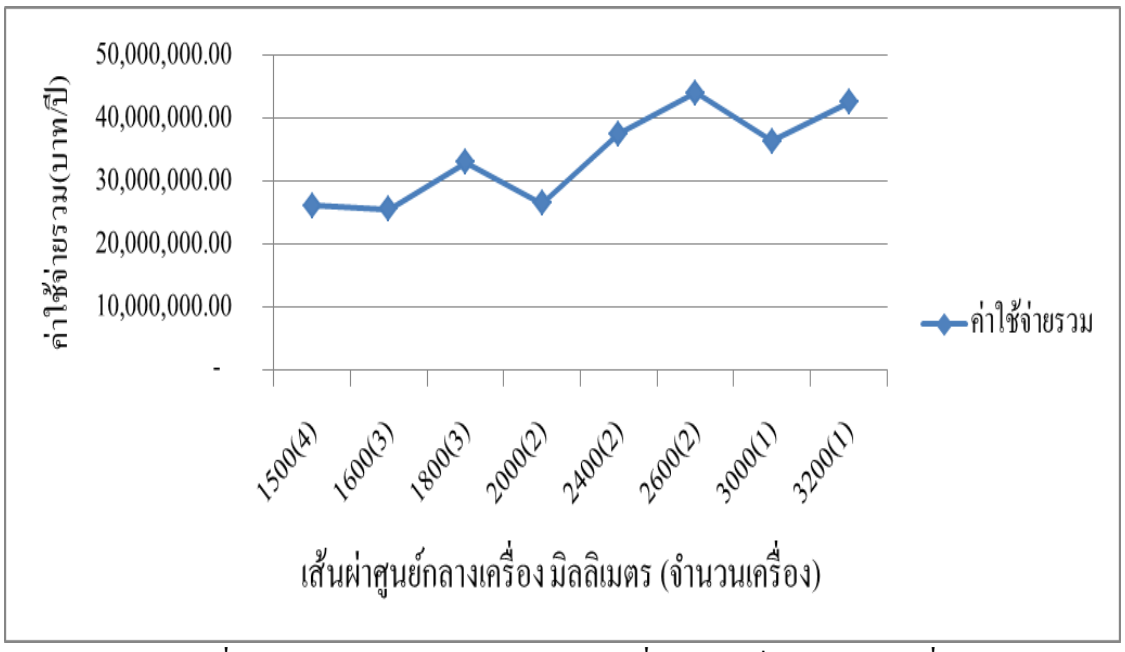
ตารางที่ 4. 13 ค่าใช้จ่ายเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาที่ขนาดเตาอุ่นเหล็ก 12 ตันต่อชั่วโมง

ขนาดเครื่อง (จำนวนเครื่อง)	ราคาเครื่องรวม(บาท)	ราคาติดตั้งและวางระบบ (บาท)	ค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิง (บาทต่อปี)	ค่าบำรุงรักษา (บาทต่อปี)	ค่าใช้จ่ายรวม (บาท)
1500(4)	2,702,628.57	330,000.00	22,844,200.96	270,262.86	26,147,092.39
1600(3)	2,452,628.57	315,000.00	22,568,149.83	245,262.86	25,581,041.26
1800(3)	2,878,285.71	330,000.00	29,535,119.64	287,828.57	33,031,233.92
2000(2)	2,202,628.57	350,000.00	23,759,299.00	220,262.86	26,532,190.43
2400(2)	2,486,400.00	390,000.00	34,508,503.32	248,640.00	37,633,543.32
2600(2)	2,932,667.33	440,000.00	40,473,520.30	293,266.73	44,139,454.37
3000(1)	1,689,467.33	350,000.00	34,274,613.98	168,946.73	36,483,028.04
3200(1)	1,912,601.00	360,000.00	40,107,469.10	191,260.10	42,571,330.20

แสดงเป็นกราฟค่าใช้จ่ายเบื้องต้นที่เกิดขึ้นในแต่ละรายการค่าใช้จ่ายและแสดงเป็นค่าใช้จ่ายรวมได้ดังรูปที่ 4. 12



รูปที่ 4. 12 ค่าใช้จ่ายเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาที่ขนาดเตาอุ่นเหล็ก 12 ตันต่อชั่วโมง



รูปที่ 4. 13 ค่าใช้จ่ายรวมในแต่ละขนาดเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินที่
ขนาดเตาอุ่นเหล็ก 12 ตันต่อชั่วโมง

จากตารางที่ 4. 13 พบว่า ขนาดเครื่องที่ใช้ในการพิจารณาและจำนวนของเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินภายใต้สมมติฐานที่กำหนด คือ ขนาดเครื่องผลิตที่แก๊สจากถ่านหินที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเตาเผา 1500 มิลลิเมตรจำนวน 4 เครื่อง 1600 มิลลิเมตร 1800 มิลลิเมตรจำนวน 3 เครื่อง 2000 มิลลิเมตรจำนวน 3 เครื่อง 2400 มิลลิเมตรจำนวน 2 เครื่อง 2600 มิลลิเมตรจำนวน 2 เครื่อง 3000 มิลลิเมตร จำนวน 1 เครื่องและ 3200 มิลลิเมตรจำนวน 1 เครื่อง โดยค่าใช้จ่ายที่พิจารณาประกอบไปด้วย ราคาเครื่องจักร ราคาติดตั้งระบบ ค่าบำรุงรักษาต่อปี และค่าเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตแก๊สจากถ่านหิน จะเห็นได้ว่า ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบและค่าเชื้อเพลิงน้อยที่สุดที่ขนาดเครื่อง 1600 มิลลิเมตร โดยแสดงเป็นกราฟได้ดังรูปที่ 4. 12 จะเห็นได้ว่า ราคาเครื่องจักร ราคาติดตั้งระบบ ราคาค่าบำรุงรักษา และค่าเชื้อเพลิงในการอุ่นอากาศ มีค่าใกล้เคียงกันในแต่ละขนาดเส้นผ่าศูนย์เนื่องจากมีขนาดที่ใกล้เคียงกัน จึงมีความแตกต่างกันของค่าใช้จ่ายไม่มาก แต่จะเห็นได้ว่าราคาเชื้อเพลิงมีค่าใช้จ่ายมากกว่าค่าใช้จ่ายทางด้านอื่นๆ และเมื่อมีการนำค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นรวมเป็นค่าใช้จ่ายรวมจะได้ว่าขนาดเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินที่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1600 มิลลิเมตร จำนวน 3 เครื่อง มีค่าใช้จ่ายต่ำที่สุดดังแสดงในรูปที่ 4. 13

4.3 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

4.3.1 การเปรียบเทียบการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเตาและเชื้อเพลิงแก๊สจากถ่านหินด้วยการใช้ Incremental NPV โดยข้อมูลที่ใช้ในการพิจารณาเป็นการเปรียบเทียบในสองส่วนคือ ในส่วนของเชื้อเพลิงน้ำมันเตาคือเป็นสภาพปัจจุบันของโรงงานและส่วนที่สองคือส่วนที่เป็นค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นของเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินเพื่อทดแทนการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเตา ทำการพิจารณาค่าใช้จ่ายของเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินจากขั้นตอนที่ผ่านมา ค่าใช้จ่ายที่พิจารณามีดังต่อไปนี้โดยได้กล่าวเกี่ยวกับรายละเอียดของค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในบทที่ 3

ตารางที่ 4. 14 ค่าใช้จ่ายรวมที่พิจารณา

ค่าใช้จ่าย	น้ำมันเตา	ถ่านหิน
ค่าใช้จ่ายในการลงทุน	-	- ค่าเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหิน
		- ค่าหัวเผาและติดตั้ง
		- ค่าระบบสนับสนุน
		- ค่าติดตั้งและออกแบบ
ค่าดำเนินการ	- ค่าบำรุงรักษา	- ค่าบำรุงรักษา
	- ค่าแรงงาน	- ค่าแรงงาน
	- ค่าสาธารณูปโภค	- ค่าสาธารณูปโภค
	- ค่าเชื้อเพลิง	- ค่าเชื้อเพลิงและขนส่ง

จะเห็นได้ว่าค่าใช้จ่ายในการลงทุนจะไม่เกิดขึ้นในส่วนของ น้ำมันเตาเนื่องจากเป็นเตาอุ่นเหล็กเดิมจึงไม่มีค่าลงทุนเกิดขึ้น ในส่วนของถ่านหินจะมีการลงทุนเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหิน ค่าหัวเผาและติดตั้ง, ค่าระบบสนับสนุน, ค่าติดตั้งและออกแบบ ส่วนค่าใช้จ่ายในการดำเนินการมีทั้งสองส่วนที่สนใจพิจารณา ประกอบไปด้วยดังตารางที่ 4. 14

ค่าใช้จ่ายการลงทุนที่ขนาดเตาอุ่นเหล็ก 50 ตันต่อชั่วโมง เป็นดัง ตารางที่ 4. 15 ด้วยขนาดเตาผลิตแก็สจากถ่านหินเส้นผ่าศูนย์กลาง 2600 มิลลิเมตร จำนวน 3 เครื่อง

ตารางที่ 4. 15 ค่าลงทุนที่ขนาดเตาอุ่นเหล็ก 50 ตันต่อชั่วโมง

ค่าใช้จ่าย	เตาขนาด 50 ตันต่อชั่วโมง (บาท)
ค่าใช้จ่ายในการซื้อเครื่องผลิตแก็สจากถ่านหินรวมค่าภาษีนำเข้า	5,982,641
ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและออกแบบระบบ	430,000.00
ค่าระบบสนับสนุน	8,850,000
ค่าหัวเผา	27,000,000
ค่าลงทุนรวม	42,262,641.36

ค่าใช้จ่ายการลงทุนที่ขนาดเตาอุ่นเหล็ก 30 ตันต่อชั่วโมง เป็นตารางที่ 4. 16 ด้วยขนาดเตาผลิตแก็สจากถ่านหินเส้นผ่าศูนย์กลาง 2400 มิลลิเมตรจำนวน 2 เครื่อง

ตารางที่ 4. 16 ค่าลงทุนที่ขนาดเตาอุ่นเหล็ก 30 ตันต่อชั่วโมง

ค่าใช้จ่าย	เตาขนาด 30 ตันต่อชั่วโมง (บาท)
ค่าใช้จ่ายในการซื้อเครื่องผลิตแก็สจากถ่านหินรวมค่าภาษีนำเข้า	3,381,504
ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและออกแบบระบบ	340,000.00
ค่าระบบสนับสนุน	5,000,000
ค่าหัวเผา	10,579,366
ค่าลงทุนรวม	19,300,870

ค่าใช้จ่ายการลงทุนที่ขนาดเตาอุ่นเหล็ก 12 ตันต่อชั่วโมง เป็นดังตารางที่ 4. 17 ด้วยขนาดเตาผลิตแก็สจากถ่านหินเส้นผ่าศูนย์กลาง 1600 มิลลิเมตรจำนวน 3 เครื่อง

ตารางที่ 4. 17 ค่าลงทุนที่ขนาดเตาอุ่นเหล็ก 12 ตันต่อชั่วโมง

ค่าใช้จ่าย	เตาขนาด 12 ตันต่อชั่วโมง (บาท)
ค่าใช้จ่ายในการซื้อเครื่องผลิตแก็สจากถ่านหินรวมค่าภาษีนำเข้า	3,335,575
ค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและออกแบบระบบ	315,000.00
ค่าระบบสนับสนุน	3,000,000
ค่าหัวเผา	3,601,000
ค่าลงทุนรวม	10,251,574

ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการซึ่งแสดงรายละเอียดที่มีไว้ในบทที่ 3 โดยค่าใช้จ่ายในการดำเนินการแบ่งเป็นสองส่วนคือ น้ำมันเตา(การใช้แบบเดิม) และ ถ่านหิน (เครื่องผลิตแก็สจากถ่านหิน)โดยค่าใช้จ่ายของค่าดำเนินการของเชื้อเพลิงน้ำมันเตาและถ่านหินสามารถแสดงได้ดัง ตารางที่ 4. 18 ถึง ตารางที่ 4. 20

ตารางที่ 4. 18 ค่าใช้จ่ายการดำเนินการของโรงงานที่ขนาดเตาอุ่นเหล็กขนาด 50 ตันต่อชั่วโมง

รายการ	เตาขนาด 50 ตันต่อชั่วโมง	
ชนิดของเชื้อเพลิง	น้ำมันเตา	ถ่านหิน
ปริมาณความต้องการเชื้อเพลิง	11,412,492.00 ลิตรต่อปี	27,518,400 กิโลกรัมต่อปี
ค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิง(บาท/ปี)	272,149,598.86	* 98,520,403.99
ค่าใช้จ่ายแรงงาน(บาท/ปี)	1,453,644	1,746,072
ค่าสาธารณูปโภค(บาท/ปี)	2,767,938	13,333,598
ค่าบำรุงรักษา(บาท/ปี)	150,000	4,333,264

*ในส่วนของค่าเชื้อเพลิงเป็นการรวมกันของ ค่าเชื้อเพลิงและค่าขนส่งถ่านหินในที่นี้มีค่าใช้จ่ายในการขนส่งเป็น 13,136,715.00 บาทต่อปี

ตารางที่ 4. 19 ค่าใช้จ่ายการดำเนินการของโรงงานที่ขนาดเตาอุ่นเหล็กขนาด 30 ตันต่อชั่วโมง

รายการ	เตาขนาด 30 ตันต่อชั่วโมง	
ชนิดของเชื้อเพลิง	น้ำมันเตา	ถ่านหิน
ปริมาณความต้องการเชื้อเพลิง	6,650,280 ลิตรต่อปี	15,899,520กิโลกรัมต่อปี
ค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิง(บาท/ปี)	158,643,949.77	* 57,062,890.47
ค่าใช้จ่ายแรงงาน(บาท/ปี)	1,453,644	1,746,072
ค่าสาธารณูปโภค(บาท/ปี)	1,952,430	6,777,648
ค่าบำรุงรักษา(บาท/ปี)	100,000	1,996,087

*ในส่วนของค่าเชื้อเพลิงเป็นการรวมกันของ ค่าเชื้อเพลิงและค่าขนส่งถ่านหินในที่นี้มีค่าใช้จ่ายในการขนส่งเป็น 8,298,640 บาทต่อปี

ตารางที่ 4. 20 ค่าใช้จ่ายการดำเนินการของโรงงานที่ขนาดเตาอุ่นเหล็กขนาด 12 ตันต่อชั่วโมง

รายการ	เตาขนาด 12 ตันต่อชั่วโมง	
ชนิดของเชื้อเพลิง	น้ำมันเตา	ถ่านหิน
ปริมาณความต้องการเชื้อเพลิง	2,957,406.13 ลิตรต่อปี	7,391,280 กิโลกรัมต่อปี
ค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิง(บาท/ปี)	70,549,557.22	*28,792,129.83
ค่าใช้จ่ายแรงงาน(บาท/ปี)	1,453,644	1,746,072
ค่าสาธารณูปโภค(บาท/ปี)	562,637	3,125,531
ค่าบำรุงรักษา(บาท/ปี)	50,000	1,043,657

*ในส่วนของค่าเชื้อเพลิงเป็นการรวมกันของ ค่าเชื้อเพลิงและค่าขนส่งถ่านหินในที่นี้มีค่าใช้จ่ายในการขนส่งเป็น 6,223,980 บาทต่อปี

สมมติฐานที่ใช้ในการศึกษาหาค่า Incremental NPV

- โดยกำหนดให้อายุการใช้งานเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินที่ 10 ปี จึงนำมาเป็นอายุของโครงการที่ใช้ในการพิจารณา
- อัตราดอกเบี้ยที่ใช้ในการคำนวณเป็น 8% ต่อปี

จากค่าจ่ายที่เกิดขึ้นสามารถหาค่า Incremental NPV ได้ตามตารางที่ 4. 21

ตารางที่ 4. 21 Incremental cost Analysis กำลังการผลิต 50 ตันต่อชั่วโมง

ปีที่	ค่าใช้จ่าย				ค่าใช้จ่ายส่วนเพิ่ม
	ค่าลงทุนเริ่มต้น		ค่าดำเนินการรายปี		
	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	
0	-	- 42,262,641.36			- 42,262,641.36
1	-	-	- 276,521,180.86	- 117,933,338.46	158,587,842.40
2	-	-	- 276,521,180.86	- 117,933,338.46	158,587,842.40
3	-	-	- 276,521,180.86	- 117,933,338.46	158,587,842.40
4	-	-	- 276,521,180.86	- 117,933,338.46	158,587,842.40
5	-	-	- 276,521,180.86	- 117,933,338.46	158,587,842.40
6	-	-	- 276,521,180.86	- 117,933,338.46	158,587,842.40
7	-	-	- 276,521,180.86	- 117,933,338.46	158,587,842.40
8	-	-	- 276,521,180.86	- 117,933,338.46	158,587,842.40
9	-	-	- 276,521,180.86	- 117,933,338.46	158,587,842.40
10	-	-	- 276,521,180.86	- 117,933,338.46	158,587,842.40

Incremental NPV 1,021,874,468.15

จากการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ Incremental cost Analysis ที่ขนาดของเตาอุ่นเหล็กขนาด 50 ตันต่อชั่วโมง พบว่าเมื่อมีการนำเชื้อเพลิงถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาให้ค่า NPV มีค่าเป็นบวก จึงมีความค่าทางเศรษฐศาสตร์มากกว่า เหตุที่เป็นอย่างนี้เนื่องจากผลของค่าใช้จ่ายที่

สามารถประหยัดได้จากการเปลี่ยนเชื้อเพลิงเมื่อเทียบกับการลงทุนที่เกิดขึ้น มีค่ามากกว่าจึงทำให้ผลประโยชน์ที่ได้สุทธิมีค่าที่เป็นบวก และมีความน่าสนใจในการลงทุน

ตารางที่ 4. 22 Incremental cost Analysis กำลังการผลิต 30 ตันต่อชั่วโมง

ปีที่	ค่าใช้จ่าย				ค่าใช้จ่ายส่วนเพิ่ม
	ค่าลงทุนเริ่มต้น		ค่าดำเนินการรายปี		
	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	
0	-	- 19,300,870.00			- 19,300,870.00
1	-	-	- 162,150,023.77	- 67,582,696.97	94,567,326.80
2	-	-	- 162,150,023.77	- 67,582,696.97	94,567,326.80
3	-	-	- 162,150,023.77	- 67,582,696.97	94,567,326.80
4	-	-	- 162,150,023.77	- 67,582,696.97	94,567,326.80
5	-	-	- 162,150,023.77	- 67,582,696.97	94,567,326.80
6	-	-	- 162,150,023.77	- 67,582,696.97	94,567,326.80
7	-	-	- 162,150,023.77	- 67,582,696.97	94,567,326.80
8	-	-	- 162,150,023.77	- 67,582,696.97	94,567,326.80
9	-	-	- 162,150,023.77	- 67,582,696.97	94,567,326.80
10	-	-	- 162,150,023.77	- 67,582,696.97	94,567,326.80

Incremental NPV เป็น 738,066,134.97

จากการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ Incremental cost Analysis ที่ขนาดของเตาอุ่นเหล็กขนาด 30 ตันต่อชั่วโมง พบว่าเมื่อมีการนำเชื้อเพลิงถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาให้ค่า NPV มีค่าเป็นบวก จึงมีความค่าทางเศรษฐศาสตร์มากกว่า เหตุที่เป็นอย่างนี้เนื่องจากผลของค่าใช้จ่ายที่สามารถประหยัดได้จากการเปลี่ยนเชื้อเพลิงเมื่อเทียบกับการลงทุนที่เกิดขึ้น มีค่ามากกว่าจึงทำให้ผลประโยชน์ที่ได้สุทธิมีค่าที่เป็นบวก และมีความน่าสนใจในการลงทุน

ตารางที่ 4. 23 Incremental cost Analysis กำลังการผลิต 12 ตันต่อชั่วโมง

ปีที่	ค่าใช้จ่าย				ค่าใช้จ่ายส่วนเพิ่ม
	ค่าลงทุนเริ่มต้น		ค่าดำเนินการรายปี		
	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	
0	-	- 10,251,574.86			- 10,251,574.86
1	-	-	- 72,615,838.22	- 34,707,390.03	37,908,448.20
2	-	-	- 72,615,838.22	- 34,707,390.03	37,908,448.20
3	-	-	- 72,615,838.22	- 34,707,390.03	37,908,448.20
4	-	-	- 72,615,838.22	- 34,707,390.03	37,908,448.20
5	-	-	- 72,615,838.22	- 34,707,390.03	37,908,448.20
6	-	-	- 72,615,838.22	- 34,707,390.03	37,908,448.20
7	-	-	- 72,615,838.22	- 34,707,390.03	37,908,448.20
8	-	-	- 72,615,838.22	- 34,707,390.03	37,908,448.20
9	-	-	- 72,615,838.22	- 34,707,390.03	37,908,448.20
10	-	-	- 72,615,838.22	- 34,707,390.03	37,908,448.20

Incremental NPV เป็น 503,013,683.63

จากการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ Incremental cost Analysis ที่ขนาดของเตาอุ่นเหล็กขนาด 12 ตันต่อชั่วโมง พบว่าเมื่อมีการนำเชื้อเพลิงถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาให้ค่า NPV มีค่าเป็นบวก จึงมีความค่าทางเศรษฐศาสตร์มากกว่า เหตุที่เป็นอย่างนี้เนื่องจากผลของค่าใช้จ่ายที่สามารถประหยัดได้จากการเปลี่ยนเชื้อเพลิงเมื่อเทียบกับการลงทุนที่เกิดขึ้น มีค่ามากกว่าจึงทำให้ผลประโยชน์ที่ได้สุทธิมีค่าที่เป็นบวก และมีความน่าสนใจในการลงทุน

สรุป

จากการคำนวณค่าใช้จ่ายในการลงทุนของแต่ละขนาดกำลังการผลิตของเตาอุ่นเหล็ก โดยมีขนาดการใช้เครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินที่แตกต่างกันจะเห็นได้ว่า มีความคุ้มค่าของส่วนเพิ่มในการลงทุนถึงขนาดของเตาอุ่นเหล็ก เนื่องจากให้ค่า Incremental NPV เป็นบวกในทุกขนาดของเตาอุ่นเหล็ก โดย มูลค่าปัจจุบันสุทธิของส่วนต่างในการลงทุนจะมีค่ามากที่สุดที่ขนาดของเตาอุ่นเหล็ก 50

ตันต่อชั่วโมงและลดลงตามลำดับของขนาดเตาอุ่นเหล็กคือขนาด 30 ตันต่อชั่วโมงและ 12 ตันต่อชั่วโมง

6.3.2 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวเมื่อมีปัจจัยเปลี่ยนแปลงไป

จากการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ Incremental cost Analysis เมื่อมีสภาวการณ์ที่สถานการณ์ปกติจากผลการวิเคราะห์ที่ผ่านมา ต่อมาจะเป็นการพิจารณาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของสถานการณ์ที่เกิดขึ้น โดยปัจจัยแรกที่พิจารณา คือ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของราคาเชื้อเพลิงถ่านหินที่ -10% ถึง 50% โดยสามารถแสดงค่าของ NPV ที่เปลี่ยนแปลงไปได้ดังตารางต่อไปนี้ โดยสามารถศึกษารายละเอียดของค่าใช้จ่ายได้ดังภาคผนวก ง

ที่กำลังการผลิต 50 ตันต่อชั่วโมง

ตารางที่ 4. 24 ค่า NPV เมื่อราคาถ่านหินเปลี่ยนแปลงไป (50 ตันต่อชั่วโมง)

Variation	ราคาถ่านหิน (บาท)	Incremental NPV
-50%	0.453	1,508,178,626.70
-40%	0.906	1,421,551,401.47
-30%	1.510	1,306,048,434.50
-20%	2.157	1,182,295,255.61
-10%	2.696	1,079,167,606.52
0%	2.996	1,021,874,468.15
10%	3.295	964,581,329.77
20%	3.595	907,288,191.39
30%	3.894	849,995,053.01
40%	4.194	792,701,914.63
50%	4.493	735,408,776.25

จากตารางที่ 4. 24 จะเห็นได้ว่าเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าเชื้อเพลิงถ่านหินที่ –10%ถึง 50% ทำให้ค่า NPV ที่ได้มีค่าเป็นบวก ดังนั้นจึงแสดงว่า ค่าราคาถ่านหินไม่มีผลต่อการดำเนินโครงการที่ทำให้โครงการเกิดความไม่คุ้มค่าในการลงทุน เนื่องจากราคาถ่านหินที่เปลี่ยนแปลงไป

ที่กำลังการผลิต 30 ตันต่อชั่วโมง

ตารางที่ 4. 25 ค่า NPV เมื่อราคาถ่านหินเปลี่ยนแปลงไป (30 ตันต่อชั่วโมง)

Variation	ราคาถ่านหิน (บาท)	NPV
-50%	0.453	892,991,022.31
-40%	0.906	843,516,564.61
-30%	1.510	777,550,621.01
-20%	2.157	706,872,824.30
-10%	2.696	647,974,660.38
0%	2.996	615,253,458.20
10%	3.295	582,532,256.02
20%	3.595	549,811,053.84
30%	3.894	517,089,851.65
40%	4.194	484,368,649.47
50%	4.493	451,647,447.29

จากตารางที่ 4. 25 จะเห็นได้ว่าเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าเชื้อเพลิงถ่านหินที่ –10%ถึง 50% ทำให้ค่า NPV ที่ได้มีค่าเป็นบวก ดังนั้นจึงแสดงว่า ค่าราคาถ่านหินไม่มีผลต่อการดำเนินโครงการที่ทำให้โครงการเกิดความไม่คุ้มค่าในการลงทุน เนื่องจากราคาถ่านหินที่เปลี่ยนแปลงไป

ที่กำลังการผลิต 12 ตันต่อชั่วโมง

ตารางที่ 4. 26 ค่า NPV เมื่อราคาถ่านหินเปลี่ยนแปลงไป (12 ตันต่อชั่วโมง)

Variation	ราคาถ่านหิน(บาท)	NPV
-50%	0.453	372,654,401.49
-40%	0.906	349,757,566.96
-30%	1.510	319,228,454.25
-20%	2.157	286,518,690.64
-10%	2.696	259,260,554.29
0%	2.996	244,117,145.21
10%	3.295	228,973,736.13
20%	3.595	213,830,327.05
30%	3.894	198,686,917.97
40%	4.194	183,543,508.89
50%	4.493	168,400,099.81

จากตารางที่ 4. 26 จะเห็นได้ว่าเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าเชื้อเพลิงถ่านหินที่ –10%ถึง 50% ทำให้ค่า NPV ที่ได้มีค่าเป็นบวก ดังนั้นจึงแสดงว่า ค่าราคาถ่านหินไม่มีผลต่อการดำเนินโครงการที่ทำให้โครงการเกิดความไม่คุ้มค่าในการลงทุน เนื่องจากราคาถ่านหินที่เปลี่ยนแปลงไป

ปัจจัยต่อมา ที่พิจารณา คือ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มต้นมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ที่ -10% ถึง 50% โดยสามารถแสดงค่าของ NPV ที่เปลี่ยนแปลงไปได้ดังตารางต่อไปนี้

ที่กำลังการผลิต 50 ตันต่อชั่วโมง

ตารางที่ 4. 27 ค่า NPV เมื่อค่าลงทุนเปลี่ยนแปลงไป (50 ตันต่อชั่วโมง)

Variation	ค่าลงทุน(บาท)	Incremental NPV
-50%	21,131,320.68	1,043,005,788.83
-40%	25,357,584.82	1,038,779,524.69
-30%	29,583,848.95	1,034,553,260.55
-20%	33,810,113.09	1,030,326,996.42
-10%	38,036,377.22	1,026,100,732.28
0%	42,262,641.36	1,021,874,468.15
10%	46,488,905.50	1,017,648,204.01
20%	50,715,169.63	1,013,421,939.87
30%	54,941,433.77	1,009,195,675.74
40%	59,167,697.90	1,004,969,411.60
50%	63,393,962.04	1,000,743,147.47

จากตารางที่ 4. 27 จะเห็นได้ว่าเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าใช้จ่ายในการลงทุนที่ –10%ถึง 50% ทำให้ค่า NPV ที่ได้มีค่าเป็นบวก ดังนั้นจึงแสดงว่า ค่าใช้จ่ายในการลงทุนไม่มีผลต่อการดำเนินโครงการที่ทำให้โครงการเกิดความไม่คุ้มค่าในการลงทุน เนื่องจากราคาถ่านหินที่เปลี่ยนแปลงไป

ที่กำลังการผลิต 30 ตันต่อชั่วโมง

ตารางที่ 4. 28 ค่า NPV เมื่อค่าลงทุนเปลี่ยนแปลงไป (30 ตันต่อชั่วโมง)

Variation	ค่าลงทุน(บาท)	NPV
-50%	9650435.00	624,903,893.20
-40%	11580522.00	622,973,806.20
-30%	13510609.00	621,043,719.20
-20%	15440696.00	619,113,632.20
-10%	17370783.00	617,183,545.20
0%	19300870.00	615,253,458.20
10%	21230957.00	613,323,371.20
20%	23161044.00	611,393,284.20
30%	25091131.00	609,463,197.20
40%	27021218.00	607,533,110.20
50%	28951305.00	605,603,023.20

จาก ตารางที่ 4. 28จะเห็นได้ว่าเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าใช้จ่ายในการลงทุนที่ –10% ถึง 50% ทำให้ค่า NPV ที่ได้มีค่าเป็นบวก ดังนั้นจึงแสดงว่า ค่าใช้จ่ายในการลงทุนไม่มีผลต่อการดำเนินโครงการที่ทำให้โครงการเกิดความไม่คุ้มค่าในการลงทุน เนื่องจากราคาถ่านหินที่เปลี่ยนแปลงไป

ที่กำลังการผลิต 12 ตันต่อชั่วโมง

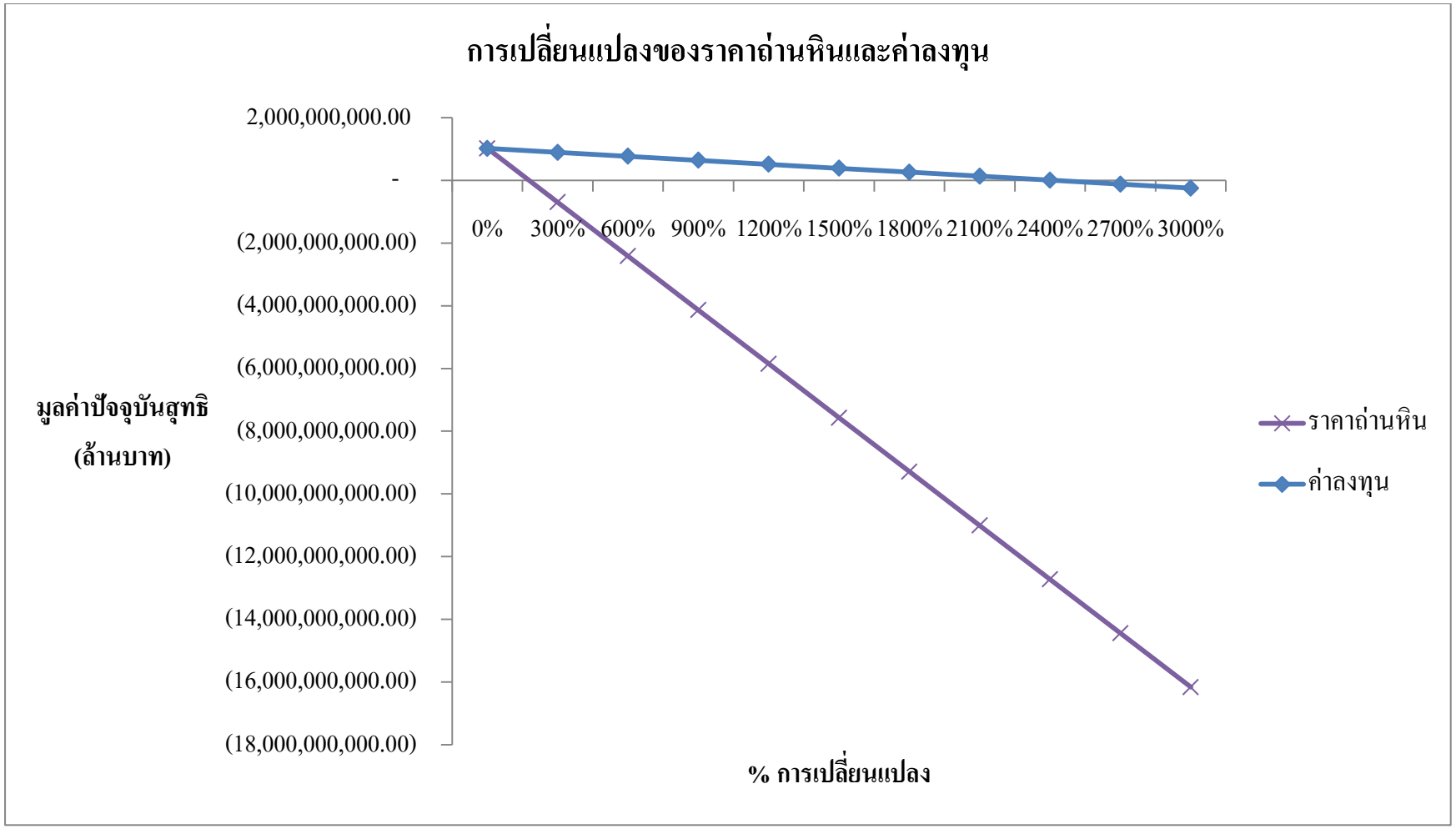
ตารางที่ 4. 29 ค่า NPV เมื่อค่าลงทุนเปลี่ยนแปลงไป (12 ตันต่อชั่วโมง)

Variation	ค่าลงทุน(บาท)	NPV
-50%	5,125,787.43	249,242,932.64
-40%	6,150,944.91	248,217,775.16
-30%	7,176,102.40	247,192,617.67
-20%	8,201,259.89	246,167,460.19
-10%	9,226,417.37	245,142,302.70
0%	10,251,574.86	244,117,145.21
10%	11,276,732.34	243,091,987.73
20%	12,301,889.83	242,066,830.24
30%	13,327,047.31	241,041,672.76
40%	14,352,204.80	240,016,515.27
50%	15,377,362.29	238,991,357.79

จาก ตารางที่ 4. 29 จะเห็นได้ว่าเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าใช้จ่ายในการลงทุนที่ –10% ถึง 50% ทำให้ค่า NPV ที่ได้มีค่าเป็นบวก ดังนั้นจึงแสดงว่า ค่าใช้จ่ายในการลงทุนไม่มีผลต่อการดำเนินโครงการที่ทำให้โครงการเกิดความไม่คุ้มค่าในการลงทุน เนื่องจากราคาถ่านหินที่เปลี่ยนแปลงไป

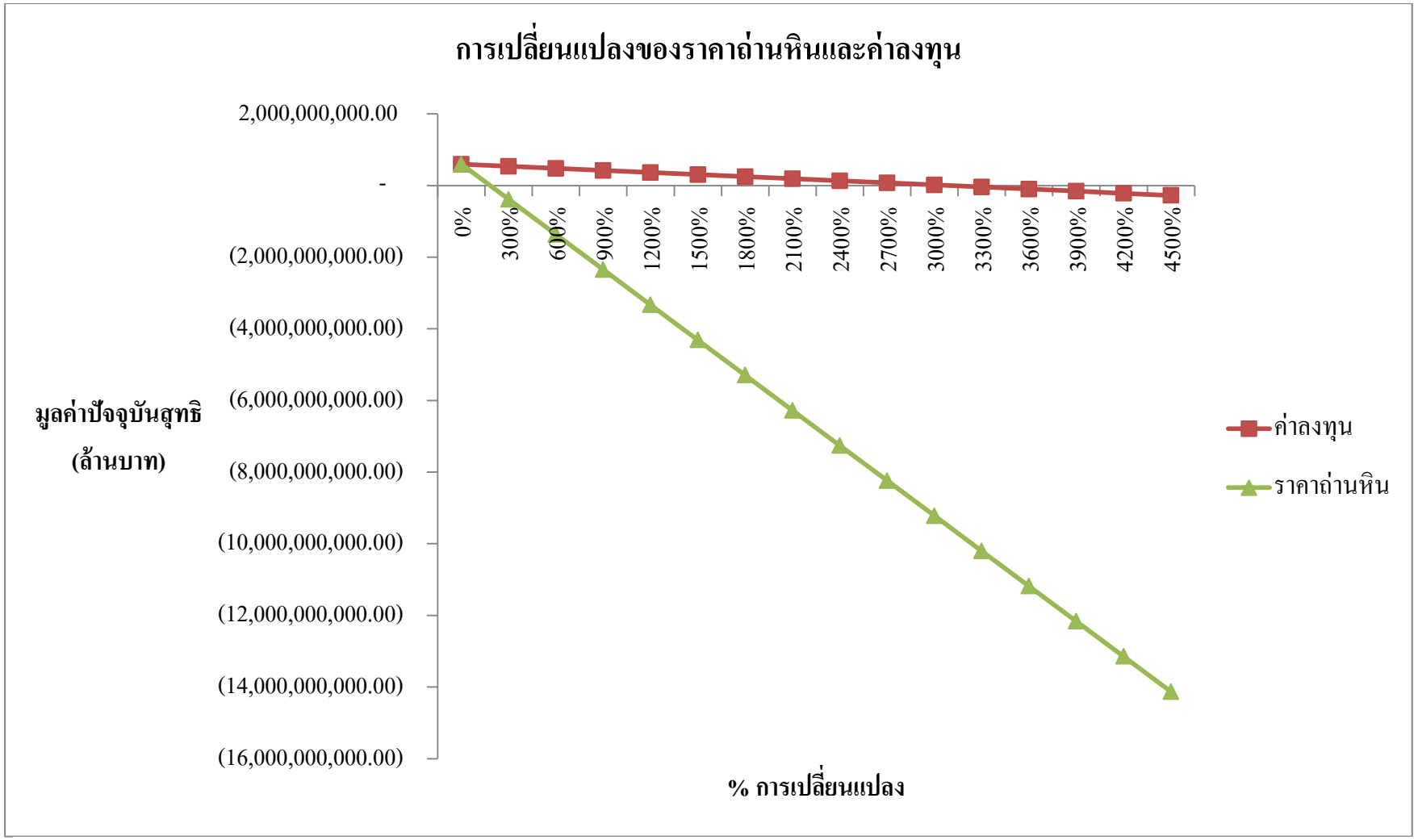
สรุปจากการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการที่ปัจจัยราคาถ่านหินและค่าใช้จ่ายในการลงทุนที่เปลี่ยนแปลงไปของค่าใช้จ่ายที่ -10% ถึง 50% ไม่มีผลต่อการดำเนินโครงการคือ ค่า NPV ที่ได้มีค่าเป็นบวก จึงยังมีความคุ้มค่าในการลงทุนเมื่อมีค่าปัจจัยดังที่กล่าวมาเปลี่ยนแปลงไป

จากการวิเคราะห์ของขนาดเตาอุ่นเหล็ก 50 ตันต่อชั่วโมง ปัจจัยราคาถ่านหินและคาใช้จ่ายในการลงทุนที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า NPV ให้เป็น 0 สามารถทำการวิเคราะห์ต่อละแสดงได้ดังรูปที่ 4. 14 ที่การเปลี่ยนแปลงของราคาถ่านหิน 178% และการเปลี่ยนแปลงค่าใช้จ่ายการลงทุน 2,418% จะส่งให้ มูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเป็น 0 และเมื่อเพิ่มค่าใช้จ่ายในปัจจัยที่พิจารณาจะทำให้ไม่เกิดความคุ้มค่าในการลงทุน



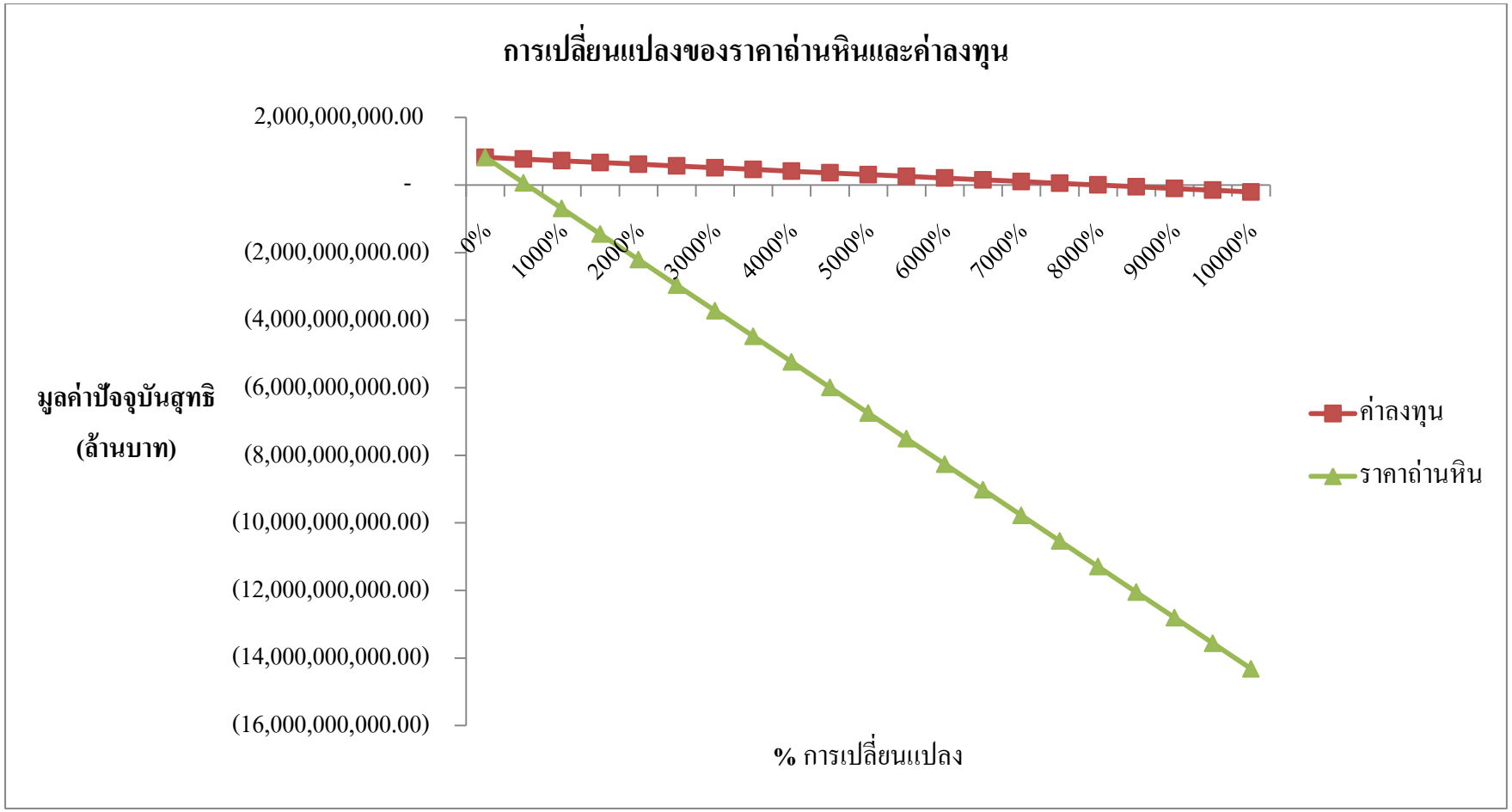
รูปที่ 4. 14 มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการที่ขนาดเตาอุ่นเหล็ก 50 ตันต่อชั่วโมงมีค่าเป็นศูนย์

จากการวิเคราะห์ของขนาดเตาอุ่นเหล็ก 30 ตันต่อชั่วโมง ปัจจัยราคาถ่านหินและคาใช้จ่ายในการลงทุนที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า NPV ให้เป็น 0 สามารถทำการวิเคราะห์ต่อละแสดงได้ดังรูปที่ 4. 15ที่การเปลี่ยนแปลงของราคาถ่านหิน 182% และการเปลี่ยนแปลงค่าใช้จ่ายการลงทุน 3,085 % จะส่งให้ มูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเป็น 0 และเมื่อเพิ่มค่าใช้จ่ายในปัจจัยที่พิจารณาจะทำให้ไม่เกิดความคุ้มค่าในการลงทุน



รูปที่ 4. 15 มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการที่ขนาดเตาอุ่นเหล็ก 30 ตันต่อชั่วโมงมีค่าเป็นศูนย์

จากการวิเคราะห์ของขนาดเตาอุ่นเหล็ก 12 ตันต่อชั่วโมง ปัจจัยราคาถ่านหินและคาใช้จ่ายในการลงทุนที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า NPV ให้เป็น 0 สามารถทำการวิเคราะห์ต่อละแสดงได้ดังรูปที่ 4. 16 ที่การเปลี่ยนแปลงของราคาถ่านหิน 542 % และการเปลี่ยนแปลงค่าใช้จ่ายการลงทุน 8,012 % จะส่งให้ มูลค่าปัจจุบันสุทธิมีค่าเป็น 0 และเมื่อเพิ่มค่าใช้จ่ายในปัจจัยที่พิจารณาจะทำให้ไม่เกิดความคุ้มค่าในการลงทุน



รูปที่ 4. 16 มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการที่ขนาดเตาอุ่นเหล็ก 12 ตันต่อชั่วโมงมีค่าเป็นศูนย์

สรุป

จากการวิเคราะห์ความอ่อนไหวที่เกิดขึ้นจะเห็นได้ว่า ปัจจัยที่มีความไวที่ส่งผลกระทบต่อโครงการคือ ราคาถ่านหินซึ่งจะเห็นได้จากลักษณะความชันของเส้นกราฟ ในทุกขนาดของเตาอุ่นเหล็ก และค่าเปอร์เซ็นต์ความเปลี่ยนแปลงที่ส่งผลให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการมีมูลค่าเป็นศูนย์ มีค่าต่ำกว่าค่าใช้จ่ายในการลงทุนระบบเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหิน

บทที่ 5

สรุปผลการวิเคราะห์และข้อเสนอแนะ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ สามารถเลือกขนาดของเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินให้เหมาะสมสำหรับเตาเผาเหล็กที่กำลังการผลิตแตกต่างกันและเพื่อเปรียบเทียบการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเตาและการใช้เชื้อเพลิงแก๊สจากถ่านหินในเตาเผาเหล็ก

5.1 สรุปผลการวิจัย

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตเหล็กและเหล็กกล้า จัดเป็นอุตสาหกรรมหนัก มีการใช้พลังงานมาก โดยมีสัดส่วนต้นทุนพลังงาน 20 % ของต้นทุนการผลิต โดย ปัจจุบันเชื้อเพลิงที่มีการใช้กับเตาเผาเหล็กของโรงงานรีดเหล็กในประเทศไทย ประกอบด้วยเชื้อเพลิงแก๊สโดยมากจะเป็นแก๊สธรรมชาติและเชื้อเพลิงเหลว ซึ่งส่วนมากจะมีการใช้น้ำมันเตา หรือ น้ำมันเตาผสมน้ำมันบางประเภทเป็นเชื้อเพลิง โดยราคาขายต่ำกว่าราคาน้ำมันเตาปกติ โดยประเทศมีการใช้แก๊สธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงหลักในหลากหลายอุตสาหกรรมส่งผลกระทบต่อความมั่นคงในแง่พลังงานของประเทศอีกด้วย เพื่อเป็นทางเลือกให้กับโรงงานรีดเหล็กและสร้างความมั่นคงทางด้านพลังงาน ปัจจุบันแหล่งพลังงานที่กำลังได้รับความสนใจ คือ พลังงานที่เกิดจากชีวมวลเนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศที่มีผลผลิตส่วนใหญ่มาจากการทำเกษตรกรรมแต่ด้วยข้อจำกัดของปริมาณชีวมวลที่มีอยู่ในแต่ละพื้นที่ ส่งผลกระทบให้ผู้ประกอบกิจการอุตสาหกรรมมีความไม่มั่นใจในการนำชีวมวลมาใช้แทนเชื้อเพลิง ส่งผลให้พลังงานถ่านหินซึ่งมีศักยภาพในการสร้างความมั่นคงด้านพลังงานให้แก่ประเทศได้ด้วยเหตุผล ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงที่มีอยู่มาก มีปริมาณใช้อย่างเพียงพอ และมีเสถียรภาพไม่ขึ้นกับฤดูกาลการใช้ถ่านหินจึงเป็นการเพิ่มทางเลือกแก่โรงงานรีดเหล็กที่มีการใช้เชื้อเพลิงเหลว นอกจากจะช่วยลดต้นทุนในการผลิตและสร้างความมั่นคงในแง่พลังงานแล้วยังสามารถลดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมเนื่องจากสามารถเลือกเชื้อเพลิงที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมต่ำ เช่น ใช้เชื้อเพลิงแข็งที่มีค่าซัลเฟอร์ในเชื้อเพลิงต่ำในการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงโดยให้ความสนใจที่ถ่านหินประเภทบิทูมินัสหรือซับบิทูมินัส เนื่องจากเป็นถ่านหินที่มีคุณภาพดี มีค่าความร้อนในระดับปานกลาง ค่าความชื้นและปริมาณเถ้าที่ไม่สูงมากนัก รวมถึงมีปริมาณกำมะถันต่ำ(0.1 – 1.5) ใกล้เคียงกับน้ำมันเตา (น้ำมันเตามีปริมาณกำมะถันประมาณ 0.1-3.0 เปอร์เซนต์) ทำให้มีมลภาวะกับสิ่งแวดล้อมน้อยมาก

โดยการนำถ่านหินมาใช้เป็นเชื้อเพลิงมักเกิดปัญหาในเรื่องของสิ่งแวดล้อมตามมา เนื่องจากเชื้อเพลิงถ่านหินยังไม่เป็นที่ยอมรับจากประชาชน ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องหาเทคโนโลยีที่มีช่วยทำให้มลพิษการใช้ถ่านหินลดลงในที่นี้ในความสนใจในส่วนของ ปัจจุบันมีเทคโนโลยีใหม่ที่เรียกว่า เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด (Clean Coal Technology :CCT)ในที่นี้ในความสนใจในส่วนของ Coal gasification Technology กระบวนการก๊าซซิฟิเคชั่น (Gasification) เป็นกระบวนการเปลี่ยนเชื้อเพลิงแข็งที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ เช่น ไม้ ถ่านไม้ ถ่านหิน แกลบ หรือ ชีวมวลอื่นๆ เมื่อเชื้อเพลิงแข็งที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบถูกเปลี่ยนไปเป็นก๊าซนั้น สารที่ไม่พึงประสงค์ต่างๆ เช่น กำมะถัน(Sulphur)และเถ้า(Ash) จะถูกกำจัดออกจากก๊าซผลิตภัณฑ์ได้ง่ายกว่าเมื่อเทียบกับกระบวนการเผาไหม้เชื้อเพลิงแข็งโดยตรง ซึ่งก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้จะมีสามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงของกระบวนการผลิตไฟฟ้า ความร้อนหรือสารตั้งต้นในการผลิตสารเคมี

แต่จากสถานการณ์การเกิดฝนกรดที่บริเวณใกล้เคียงของเหมืองแม่เมาะเมื่อในอดีตที่ผ่านมาเป็นผลให้การนำถ่านหินไปใช้ทั้งในโรงไฟฟ้าและบางครั้งในอุตสาหกรรม จึงถูกต่อต้านโดยประชาชนที่อยู่ข้างเคียง เหตุการณ์ดังกล่าวทำให้ภาพลักษณ์ของถ่านหินเสียหายอย่างร้ายแรงในสายตาของประชาชนชาวไทย ดังนั้นทางเลือกในการใช้เทคโนโลยี แก๊สซิฟิเคชั่น เป็นเทคโนโลยีของถ่านหินสะอาด และมีการใช้เทคโนโลยีดังกล่าวกับถ่านหินที่มีคุณภาพสูง มีสารปนเปื้อนที่ต่ำ จึงสามารถสรุปได้ว่ามีการเลือก ถ่านหินบิทูมินัสซึ่งเป็นถ่านหินนำเข้ามาใช้ในการเป็นเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันเตา

การวิเคราะห์โครงการด้านเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายของเมื่อมีการใช้ถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาที่ประสิทธิภาพของเตาอุ่นเหล็กที่แตกต่างกันและมีขนาดของเตาอุ่นเหล็กที่แตกต่างกัน พบว่า มีค่าใช้จ่ายทางด้านเชื้อเพลิงที่ต่ำกว่าจึงมีความน่าสนใจในการนำมาลงทุนให้กับโรงานผลิตเหล็กและเหล็กกล้า ซึ่งเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินมีขนาดที่แตกต่างกัน การเลือกใช้ที่ให้เหมาะสมกับขนาดของเตาอุ่นเหล็กได้ทำการเลือกจากระบบของเตาผลิตแก๊สจากถ่านหินที่มีค่าใช้จ่ายเบื้องต้นรวมน้อยที่สุดดังต่อไปนี้ ที่ขนาดเตาอุ่นเหล็ก 50 ตันต่อชั่วโมง มีการเลือกใช้เครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหิน ขนาด 2600 มิลลิเมตร จำนวน 3 เครื่อง มีค่าใช้จ่ายรวมเบื้องต้นเป็น 58,584,065.04 บาท ที่ขนาดเตาอุ่นเหล็ก 30 ตันต่อชั่วโมงมีการเลือกใช้เครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหิน ขนาด 2400มิลลิเมตร จำนวน 2 เครื่อง มีค่าใช้จ่ายรวมเบื้องต้นเป็น 33,524,345.24 บาท ที่ขนาดเตาอุ่นเหล็ก 12 ตันต่อชั่วโมงมีการเลือกใช้เครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหิน ขนาด 1600 มิลลิเมตร จำนวน 3 เครื่อง มีค่าใช้จ่ายรวมเบื้องต้นเป็น 17,104,864.05 บาท

การวิเคราะห์โครงการนี้ใช้อัตราดอกเบี้ยร้อยละ 8 จากผลการคำนวณสามารถนำไปคำนวณตัวชี้วัดซึ่งเป็นการบอกได้ถึงความคุ้มค่าในการลงทุนเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินให้กับเตาเผาเหล็กที่ขนาดแตกต่างกัน คือ การวิเคราะห์ส่วนเพิ่มของมูลค่าปัจจุบันสุทธิ
(Incremental NPV) โดยสามารถแบ่งเป็น 3 ขนาดของเตาอุ่นเหล็ก และมีการวิเคราะห์ความไวของปัจจัยทีเกี่ยวข้องการเปลี่ยนแปลงของมูลค่าปัจจุบันสุทธิ ประกอบด้วย ราคาเชื้อเพลิงของถ่านหิน อัตราคิดลด และ ค่าใช้จ่ายในการลงทุน โดยมีเปอร์เซ้นต์ความเปลี่ยนแปลงอยู่ที่ -50 % ถึง 50 %

1. ผลการวิเคราะห์กรณีที่ใช้เครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินที่ขนาดของเตาอุ่นเหล็ก 50 ตันต่อชั่วโมง มีค่า Incremental NPV เป็น 1,021,874,468.15 บาท
2. ผลการวิเคราะห์กรณีที่ใช้เครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินที่ขนาดของเตาอุ่นเหล็ก 30 ตันต่อชั่วโมง มีค่า Incremental NPV เป็น 738,066,134.97 บาท
3. ผลการวิเคราะห์กรณีที่ใช้เครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินที่ขนาดของเตาอุ่นเหล็ก 12 ตันต่อชั่วโมง มีค่า Incremental NPV เป็น 503,013,683.63 บาท

ผลสรุปพบว่าการนำเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินมาใช้กับเตาอุ่นเหล็กที่ขนาดแตกต่างกันมีความคุ้มค่าในการลงทุนในทุกกรณีที่กล่าวมาข้างต้น และจากการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการพบว่าที่ปัจจัยของ ราคาเชื้อเพลิงของถ่านหิน และ ค่าใช้จ่ายในการลงทุน โดยมีเปอร์เซ็นต์ความเปลี่ยนแปลงอยู่ที่ -50 % ถึง 50 % การติดเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินยังเป็นเทคโนโลยีที่มีความคุ้มค่าในการลงทุน เนื่องจากมีผลประโยชน์ที่ได้ของโครงการยังมีค่ามากกว่าค่าใช้จ่ายในการลงทุนส่วนเพิ่ม ส่งผลให้ค่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวก โดยส่วนเพิ่มของมูลค่าปัจจุบันสุทธิจะมากที่สุดตามลำดับของเตาอุ่นเหล็ก คือขนาดเตาเหล็กที่ 50 ตันต่อชั่วโมง ต่อมาเป็น 30 ตันต่อชั่วโมง และ 12 ตันต่อชั่วโมง

การวิเคราะห์ทางด้านสิ่งแวดล้อม

เชื้อเพลิงที่ทางวิจัยนี้ศึกษาเป็นการเปรียบเทียบเชื้อเพลิงระหว่าง น้ำมันเตาและถ่านหิน (แก๊สจากถ่านหิน) ซึ่งเชื้อเพลิงถ่านหินในประเทศไทยยังไม่เป็นที่ยอมรับทางสังคมเนื่องจากปัญหาของสิ่งแวดล้อมซึ่งโรงงานที่นำเชื้อเพลิงดังกล่าวยังไม่มีการติดตั้งระบบบำบัดถ่านหินที่ดีและมีการใช้ถ่านหินที่คุณภาพต่ำเพื่อเป็นการลดต้นทุนการผลิต จึงทำให้ปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้นจากถ่านหินมีค่าในปริมาณที่มากเกินกว่ามาตรฐานที่มีการกำหนดไว้ของกระทรวงอุตสาหกรรม ซึ่งหากเราได้มีการนำเทคโนโลยีการผลิตแก๊สจากถ่านหินมาใช้ในการเป็นเชื้อเพลิงทดแทนการใช้น้ำมันเตาจะทำให้โรงงานสามารถกำจัดมลพิษที่เกิดขึ้นได้สะดวกว่าการเผาไหม้โดยตรง การใช้เทคโนโลยีดังกล่าวมีการใช้อย่างแพร่หลายในต่างประเทศ เช่น ประเทศจีน ประเทศอินเดีย เป็นต้น เนื่องจากเชื้อเพลิง

ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงที่มีราคาต่ำ อีกทั้งในประเทศดังกล่าวมีถ่านหินที่ต้องการในประเทศของตนเอง ดังนั้นโรงงานที่มีการใช้เชื้อเพลิงดังกล่าวจึงแพร่หลาย มลพิษที่เกิดขึ้นมีมาก แต่การใช้เทคโนโลยีดังกล่าวทางโรงงานที่มีการใช้จึงมีการติดตั้งการบำบัดมลพิษ ซึ่งสามารถลดมลพิษที่เกิดขึ้นให้อยู่ในค่ามาตรฐานของประเทศกำหนดได้ จากงานวิจัยที่ผ่านมาของประเทศสหรัฐอเมริกา[52]ได้กล่าวถึงเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงแก๊สจากถ่านหินว่าเชื้อเพลิงดังกล่าวเป็นเชื้อเพลิงของแนวทางใหม่ของเชื้อเพลิงซึ่งมีความสะอาดและน่าสนใจในการพัฒนาให้เป็นเชื้อเพลิงหลักของประเทศต่อไป

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์เลือกขนาดของเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินที่เหมาะสมกับกำลังการผลิตของเตาอุ่นเหล็กที่แตกต่างกันพบว่า เตาอุ่นเหล็กที่ขนาด 50 ตันต่อชั่วโมงมีความเหมาะสมกับเตาผลิตแก๊สจากถ่านหินที่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2600 มิลลิเมตร จำนวน 3 เครื่องแต่ถ้าเราใช้ขนาดเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินที่ขนาดเดียวกันนี้กับเตาอุ่นเหล็กขนาดเล็กลงคือ เตาอุ่นเหล็กขนาด 30 ตันต่อชั่วโมงจะมีการใช้จำนวนเตาผลิตแก๊สจากถ่านหินจำนวนน้อยลงคือจำนวนสองเครื่องแต่ค่าใช้จ่ายทีเกิดขึ้นจะมีค่าสูงกว่าและที่เตาขนาด 12 ตันต่อชั่วโมงจะมีการใช้ในจำนวนเดียวกันกับขนาดเตาอุ่นเหล็ก 30 ตันต่อชั่วโมง ทำให้ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นมากจึงไม่ทำการเลือกเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินที่ขนาดเดียวกันนี้ในขนาดกำลังการผลิตอื่น เมื่อพิจารณาที่ขนาดเตาอุ่นเหล็กขนาด 30 ตันต่อชั่วโมงพบว่า มีความเหมาะสมกับเตาผลิตแก๊สจากถ่านหินที่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2400 มิลลิเมตร จำนวน สองเครื่องหากพิจารณาที่ขนาดของเตาผลิตแก๊สจากถ่านหินที่ขนาดเดียวกันนี้กับเตาอุ่นเหล็กขนาด 50 ตันต่อชั่วโมง มีความจำเป็นต้องใช้เตาขนาดเดียวกันถึง สี่ เครื่องเพื่อให้ได้ค่าความร้อนที่ใช้ทดแทนน้ำมันเตาได้ จึงทำให้มีค่าใช้จ่ายที่สูง ในขณะที่เมื่อมีการพิจารณาที่ขนาดเตาอุ่นเหล็ก 12 ตันต่อชั่วโมงพบว่ามีการใช้เตาผลิตแก๊สจากถ่านหินที่ขนาดเดียวกันนี้ จำนวนสองเครื่องเท่ากับขนาดเตาอุ่นเหล็ก 30 ตันต่อชั่วโมง ทำให้ค่าเชื้อเพลิงมีค่าเท่ากันในขนาดของเตาอุ่นเหล็กที่เล็กลงส่งผลให้เกิดมีค่าใช้จ่ายที่มาก และสุดท้ายที่เตาอุ่นเหล็กขนาด 12 ตันต่อชั่วโมง มีการใช้เตาผลิตแก๊สจากถ่านหินขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1600 มิลลิเมตร จำนวน 3 เครื่อง หากพิจารณาที่ขนาดเตาเผาเหล็ก 50 ตันต่อชั่วโมง จำนวนเตาขนาดเดียวกันนี้ จะใช้ในปริมาณที่มากกว่า 5 เครื่องจึงไม่เลือกพิจารณา แต่ที่ขนาดเตาอุ่นเหล็ก 30 ตันต่อชั่วโมง ต้องมีการใช้เตาขนาดเดียวกันนี้จำนวน 5 เครื่อง จึงมีค่าใช้จ่ายของเชื้อเพลิงที่มากกว่า และราคาติดตั้งระบบที่สูงกว่าจึงทำให้ไม่เลือกที่จะใช้เตาขนาดนี้ที่ขนาดเตาอุ่นเหล็ก 30 และ 50 ตันต่อชั่วโมง

เมื่อมีการวิเคราะห์ Incremental NPV พบว่าระบบดังกล่าวมีความคุ้มค่าในการลงทุน จึงได้มีการวิเคราะห์ความอ่อนไหว ซึ่งประเมินปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบให้เกิดเหตุการณ์ไปในทางที่ไม่ดี การที่จะทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการมีค่าเป็น ศูนย์หรือ ค่าใช้จ่ายในการลงทุนกับผลกำไรมีค่าเท่ากัน ซึ่งถ้ามีค่าใช้จ่ายมากกว่านี้ระบบดังกล่าวจะไม่น่าลงทุน สามารถสรุปผลจากการวิเคราะห์ได้ว่า ที่ราคาถ่านหินเปลี่ยนแปลงไปที่ขนาดเตาอุ่นเหล็ก 50 ตันต่อชั่วโมง ต้องมีการเปลี่ยนแปลงราคาของถ่านหินอยู่ที่ 178% ,ที่เตาอุ่นเหล็กขนาด 30 ตันต่อชั่วโมง ต้องมีการเปลี่ยนแปลงของราคาถ่านหินอยู่ที่ 181% และที่ขนาดเตาอุ่นเหล็ก 12 ตันต่อชั่วโมงต้องมีการเปลี่ยนแปลงราคาถ่านหินถึง 542% จึงส่งผลให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการมีค่าเป็นศูนย์ ซึ่งจากอดีตที่ผ่านมาเป็นเวลา 5 ปี ราคาถ่านหินมีการเพิ่มขึ้นจากนีเริ่มต้นคือ พ.ศ 2551 – พ.ศ 2556 (ที่มา: คณะกรรมการกรมทรัพยากรธรรมชาติ แร่และถ่านหิน อินโดนีเซีย) ประมาณ 100% ดังนั้นจากการวิเคราะห์ความอ่อนไหวดังกล่าวความเป็นไปได้ของราคาถ่านหินที่จะเพิ่มมากกว่านี้จึงมีโอกาสเป็นไปได้ต่ำมาก และจากปัจจัย ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหิน ที่ขนาดเตาอุ่นเหล็ก 50 ตันต่อชั่วโมงต้องมีการเปลี่ยนแปลงค่าใช้จ่ายในการลงทุน 2,417% ,ที่ขนาดเตาอุ่นเหล็ก 30 ตันต่อชั่วโมงต้องมีการเปลี่ยนแปลงค่าใช้จ่ายในการลงทุน 3,084.67 % และที่ขนาดเตาอุนเหล็ก 12 ตันต่อชั่วโมงต้องมีการเปลี่ยนแปลงค่าใช้จ่ายในการลงทุน 8,012.16 % จึงส่งผลให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการมีค่าเป็นศูนย์ ซึ่งจากอดีตที่ผ่านมาเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินมีการใช้งานมาเป็นระยะเวลานาน ทำให้ปัจจุบันมีความแพร่หลายในต่างประเทศ อีกทั้งยังมีจำนวนผู้ประกอบการมากขึ้น ส่งผลให้ราคาเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหิน ลดลง จึงไม่โอกาสเลยที่ราคาเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินจะมากขึ้นถึงค่า%ของความเปลี่ยนแปลงเพื่อส่งผลให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการมีค่าเป็น 0

5.3 ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะจากการศึกษาวิจัย

1. ข้อจำกัดด้านข้อมูล

- ข้อมูลที่นำมาใช้ในการศึกษาเกี่ยวเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินเป็นข้อมูลที่ได้มาจากการประมาณของผู้ประกอบการ เนื่องด้วยข้อมูลบางอย่างเป็นความลับเนื่องจากไม่ได้มีการซื้อขายจริง ข้อมูลที่ได้จึงสามารถนำไปใช้ในการวิจัยที่มีความเกี่ยวข้องอื่นจะเป็นเพียงข้อมูลเบื้องต้นเท่านั้น
- ผลการศึกษาของข้อมูลจากการวิจัยจะแสดงให้เห็นถึงผลการวิเคราะห์ที่ขนาดของโรงงานผลิตเหล็กที่มีขนาดเตาอุ่นเหล็กของโรงงานตัวอย่าง หากมีขนาดของเตาอุ่นเหล็กที่แตกต่างกันและค่าใช้จ่ายที่แตกต่างกันจึงต้องนำไปทำการวิเคราะห์ใหม่
- ในการวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงผลประโยชน์ที่ได้รับจากการลงทุนโดยใช้เงินของทางโรงงานเองไม่มีการกู้ยืม หากมีการกู้ยืมจะมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนที่เปลี่ยนแปลงไปผลประโยชน์สุทธิที่ได้จากการวิจัยจะมีความแตกต่างกันไป
- การติดตั้งเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินในโรงงานตัวอย่างจะติดตั้งในพื้นที่ของโรงงานเองไม่มีการซื้อที่ดินเพื่อนำมาใช้ในการติดตั้ง หากมีการซื้อที่ดินเพื่อนำมาใช้ในการติดตั้งเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินจะมีการเพิ่มเติมในส่วนของการลงทุน จะทำให้ผลประโยชน์สุทธิแตกต่างไป

2. ข้อเสนอแนะ

- การนำถ่านหินมาใช้ในการผลิตพลังงานทดแทนพลังงานที่มีอยู่เดิม เมื่อมีการติดตั้งเครื่องบำบัดมลพิษกับเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินแล้ว ควรมีการตรวจวัดค่ามลพิษที่เกิดขึ้นอยู่เป็นประจำ เพื่อนำค่าที่ได้แสดงให้ชุมชนได้ทราบถึงค่ามลพิษที่ต่ำและทำให้ลดการต่อต้านที่เกิดขึ้นจากการนำถ่านหินมาใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนเชื้อเพลิงเดิม
- ถ่านหินทีนำมาใช้ในการผลิตแก๊สจากถ่านหินหรือนำมาเป็นเชื้อเพลิงทดแทน ควรเป็นถ่านหินที่มีคุณภาพดี เนื่องจากถ่านหินที่มีคุณภาพดีนี้จะให้ค่าความร้อนที่สูง อีกทั้งยังมีปริมาณมลพิษที่เกิดจากการเผาไหม้ซึ่งเป็นปัญหาของถ่านหินที่มีค่าต่ำ

- เชื้อเพลิงที่ได้จากกระบวนแกสิฟิเคชั่น นอกจากจะนำไปใช้ในการให้ความร้อนแล้ว ยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่นๆ เช่นการใช้เป็นสารตั้งต้นทางเคมี การนำไปใช้ในอุตสาหกรรมปิโตรเลียม และ การนำไปใช้ในการช่วยผลิตกระแสฟ้า เป็นต้น การทำให้แก๊สที่ได้มีความสะอาดและบริสุทธิ์ จะเป็นการทำให้เทคโนโลยีดังกล่าวมีการขยายกลุ่มเป้าหมายมากขึ้น
- งานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบกันของเชื้อเพลิงน้ำมันเตาและแก๊สจากถ่านหิน ซึ่งเชื้อเพลิงที่มาการใช้นอกเหนือจากน้ำมันเตาในโรงงานเหล็ก เช่น LPG หรือ NGV หากโรงงานที่มีการใช้เชื้อเพลิงดังกล่าว สามารถนำมาทำการเปรียบเทียบได้เช่นเดียวกับน้ำมันเตา
- ค่าใช้จ่ายของระบบบำบัดมลพิษที่เกิดขึ้นในเป็นราคาประมาณที่ได้จากผู้ผลิตเครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหินหากโรงงานที่ความสนใจในการติดตั้งระบบบำบัดหากต้องการราคาของระบบบำบัดที่ละเอียดขึ้น อาจมีการสอบถามจากโรงงานที่มีการใช้ระบบนี้แล้ว หรือโรงงานที่ผลิตระบบบำบัดมลพิษโดยตรง

รายการอ้างอิง

[1] อุตสาหกรรม, กระทรวง. สัดส่วนการใช้พลังงาน. [ออนไลน์]. 2554. แหล่งที่มา: http://www.industry.go.th/page/index.aspx [20 กรกฎาคม 2554]

[2] ห้างหุ้นส่วนจำกัดกิจรุ่งเรืองค้าเหล็ก. การบริโภคเหล็กในประเทศไทย. [ออนไลน์]. 2554. แหล่งที่มา: http://www.ksteelcenter.com [20 กรกฎาคม 2554]

[3] สถาบันเหล็กและเหล็กกล้า. ข้อมูลการผลิตและการบริโภคเหล็กของไทย. [ออนไลน์]. 2554. แหล่งที่มา: http://www.isit.or.th/modules.php?mod=Home&file=statistics&core_id=27 [2 กุมภาพันธ์ 2554]

[4] อุตสาหกรรม,กระทรวง. สรุปภาวะเศรษฐกิจอุตสาหกรรมปี 2553 และแนวโน้มปี 2554. .[ออนไลน์]. 2553. แหล่งที่มา: http://www.industry.go.th/ops/pio/kanchanaburi/155/2553-54.pdf [7 กุมภาพันธ์ 2554]

[5] ปิยะ ตันธนพิพัฒน์และพรเทพ สวยเพ็ชร. การแปลงถ่านหินให้เป็นแก๊สเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์. วารสารนโยบายพลังงาน 90 (ตุลาคม-ธันวาคม 2553) : 24-28.

[6] โครงการสิ่งแวดล้อมแห่งสหประชาชาติ. แนวทางปฏิบัติเพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพในภาคอุตสาหกรรมเอเชีย. [ออนไลน์]. 2553. แหล่งที่มา: http://www.energyefficiencyasia.org [17 สิงหาคม 2554]

[7] เชื้อเพลิงธรรมชาติ. เทคโนโลยีถ่านหินสะอาด. [ออนไลน์]. 2554. แหล่งที่มา: http://www.dmf.go.th/ [4 มกราคม 2554]

[8] Marrero, T. W., B. P. McAuley, et al. (2004). "Fate of heavy metals and radioactive metals in gasification of sewage sludge." Waste Management 24(2): 193-198.

[9] เฉลิม ศรีสวรรค์. คุณสมบัติทางกลของวัสดุ. [ออนไลน์]. 2553 แหล่งที่มา: http://www.elecnet.chandra.ac.th/learn/courses/5513101/chaptor_6/mechprop.html [21กรกฎาคม 2554]

[10]สถาบันเหล็กและเหล็กกล้า. ฐานข้อมูลวัฏจักรชีวิตของวัสดุพื้นฐานและพลังงานของประเทศกลุ่มอุตสาหกรรมเหล็กขั้นกลางและเหล็กขั้นปลาย“เหล็กเส้น”. [ออนไลน์]. 2550 แหล่งที่มา: http://www.google.co.th/url?sa=t&rct=j&q= ฐานข้อมูลวัฏจักรชีวิตของวัสดุพื้นฐานและพลังงานของประเทศ [31 มกราคม 2554]

[11]พลังงาน,กระทรวง. แผนพัฒนาพลังงานทดแทน 15 ปี พ.ศ . 2551 – 2565,:2554

[12]สถาบันเหล็กและเหล็กกล้าและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย. การรีดร้อน.กรุงเทพมหานคร,2545.

[13]คลังปัญญาไทย. น้ำมันเตา. [ออนไลน์]. 2548 แหล่งที่มา: http://www.panyathai.or.th /index. น้ำมันเตา [10 เมษายน 2555]

[14]บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน). เชื้อเพลิงน้ำมัน. [ออนไลน์]. 2555 แหล่งที่มา: http://www.pttplc.com/th/industrial-fuel.aspx [10 เมษายน 2555]

[15]อรรถพล ฉรงค์ฤทธิชัย. การผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากถ่านหินเวียงแหงในฟลูอิดไดซ์เบดแบบต่อเนื่อง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาเคมีเทคนิค ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2552.

[16]Anne-Gaëlle, C. (2006). "Matching gasification technologies to coal properties." International Journal of Coal Geology 65(3–4): 191-212.

[17]สุรพงษ์ คล้ายมุข. การศึกษาเปรียบเทียบการผลิตโปรดิวเซอร์แก๊สจากเตาเผาแบบไหลขึ้นและไหลลงโดยใช้ผักตบชวาอัดแท่งเป็นเชื้อเพลิง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2545.

[18]Energy TH. IGCC-Integrated Gasification Combined Cycle กับถ่านหินคุณภาพต่ำ. [ออนไลน์]. 2553. แหล่งที่มา: http://www.energythai.com/ [17 สิงหาคม 2554]

[19]ธนวัฒน์ พันธ์ตุ้ย. พลังงานชีวมวล. [ออนไลน์]. 2553. แหล่งที่มา: http://www.vcharkarn.com/vblog/33735/2 [17สิงหาคม 2554]

[20]พลังงาน,กระทรวง. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. พลังงานถ่านหิน . กรุงเทพฯ, 2550.

[21]บุริมภัทร ปกรณ์ศิริ. การลดการใช้น้ำมันเตาและการจัดการของเสียผ่านกระบวนการแก๊สซิฟิเคชันของกากตะกอนชีวภาพในอุตสาหกรรมกระดาษรีไซเคิล. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2552.

[22]วรวิทย์ ลีลาวรรณ. การศึกษาการใช้ประโยชน์จากแก๊สซิฟิเคชันในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ทางภาคเหนือของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2552.

[23]หฤทัย มีนะพันธ์. หลักการวิเคราะห์โครงการ : ทฤษฎีและวิธีปฏิบัติเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550.

[24]ชูชีพ พิพัฒน์ศิถี. เศรษฐศาสตร์การวิเคราะห์โครงการ, พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ.ภาควิชาเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2540.

[25]คมสันต์ นาคพันธ์. การประเมินเชิงเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ของการใช้ประโยชน์จากกากอ้อยเพื่อผลิตไฟฟ้าละความร้อนร่วม. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2548.

[26] โครงการส่งเสริมการผลิตและการใช้พลังงานความร้อนร่วมจากชีวมวลในภาคอุตสาหกรรม, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน พฤศจิกายน 2551.

[27]จิรรัตน์ ธีระวราพฤกษ์. เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม.กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2552.

[28]นนทชัย อึ้งชัยพาณิชย์. การศึกษาความเป็นไปได้ของการผลิตปูนขาวแบบต่อเนื่อง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.

[29]นภดล สิทธิวงศ์. การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ระบบทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อทดแทนหม้อไอน้ำ : กรณีศึกษาโรงพยาบาลเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2553.

[30]บริษัท มินเนอรัล รีซอร์สเซส ดีเวลลอปเมนท์จำกัด. การศึกษาความเหมาะสมในการใช้ถ่านหินลิกไนท์เป็นเชื้อเพลิงทดแทนในโรงงานอุตสาหกรรม . กรุงเทพฯ, 2528.

[31]เบญจมาศและมิ่งศักดิ์. การศึกษาเกณฑ์การใช้พลังงานในอุตสาหกรรมเหล็ก. ใน การประชุมเชิงวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย, หน้า ENETT2550-098. 23-25 พฤษภาคม 2550 ณ โรงแรมใบหยกสกาย กรุงเทพ, 2550.

[32]Leland Blank and Anthony Tarquin. เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม. แปลโดย กรกฎ ใยบัวเทศและอื่นๆ. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ท้อป, 2549.

[33]มนตรี มีเสน. การศึกษาความคุ้มค่าในการนำเครื่องจักรเก่าชนิดเครื่องหล่อกลวงผลิตเซรามิกส์มาใช้ทดแทนการหล่อด้วยมือ : กรณีศึกษาโรงงานผลิตชามเซรามิกส์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2551.

[34]มิ่งศักดิ์ ตั้งตระกูลและชัยวิทย์ เสมอภาคม. การศึกษาการผลิตเชื้อเพลิงก๊าซจากถ่านหินคุณภาพต่ำเพื่ออนุรักษ์พลังงาน.ใน การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย, หน้า 1-6. 18-20 ตุลาคม 2547 ณ โรงแรมโซฟิเทล ราชาออร์คิด จังหวัดขอนแก่น, 2547.

[35]เยาวธีร อัชวังกูล. การอบรมความรู้เรื่องการผลิตแก๊สชีวภาพและเทคโนโลยี Gasifier [สไลด์] . 17มิถุนายน 2553.

[36]วิชัย สีจันทร์. การศึกษาทางด้านเทคนิควิศวกรรม เศรษฐศาสตร์และสังคมสิ่งแวดล้อมในการนำแก๊สมาเป็นพลังงานทดแทนในอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา บ้านเหมืองกุง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาการจัดการอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2552.

[37]วีระศักดิ์ สนญาติสมุทร. การเปรียบเทียบต้นทุนการเปลี่ยนเชื้อเพลิงของหม้อไอน้ำจากน้ำมันดีเซลเป็นก๊าซแอลพีจี ของโรงงานแปรรูปและพัฒนาผลิตภัณฑ์ มูลนิธิโครงการหลวง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาการจัดกากอุตสาหกรรมเกษตร คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2552.

[38]สมเกียรติ และปารเมศ. การนำกากอ้อยเหลือใช้จากโรงงานน้ำตาลไปผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้า. ใน การประชุมเครือข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ,หน้า 20-26 ณ ภาควิชาวิศวกรรมอุต-สาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานครฯ, 2543.

[39]สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, นโยบายพลังงาน สถานการณ์พลังงานไทยในปี 2553 : 20-34.

[40]เอกสารเผยแพร่ หมวดที่ 1 การให้ความร้อนโดยเตาเชื้อเพลิง ภาคอุตสาหกรรม

[41]เอษณะ จริยาจิรวัฒนา. การศึกษาความเป็นไปได้ของกระบวนการแก๊สซิฟิเคชั่นน้ำยางดำภายใต้น้ำที่สภาวะเหนือวิกฤต. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2550.

[42]คณิค มานะธุระ. การศึกษาการใช้พลังงานเตาเผาเหล็กที่ใช้หัวเผารีเจนเนอร์เรทีฟร่วมกับรีคูเพอเรเตอร์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2552.

[43] โรงงานกรุงเทพผลิตเหล็ก. เหล็กทรงยาว. [ออนไลน์]. 2555. แหล่งที่มา: http://www.bangkoksteel.co.th/ [3 กุมภาพันธ์ 2555]

[44]Tangshan Leadhorse Energy Technology Equipment CFZZo., Ltd. Coal gasifier. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://en.leadhorse.cn/page/intro/http://en.leadhorse.cn/page/intro/ [3 กุมภาพันธ์ 2555]

[45]Christopher Higman and Maarten van der Burgt, Gasification1 Handbook, 2003

[46]Dasappa, S., H. V. Sridhar, et al. (2003). "Biomass gasification—a substitute to fossil fuel for heat application." Biomass and Bioenergy 25(6): 637-649.

[47]Dervisoglu, M. and Ö. Hortaçsu (1998). "An experimental study of coal gasification." Energy 23(12): 1073-1076.

[48]Feng Duan, Baosheng Jin,et al(2010). “Results of Bituminous Coal Gasification upon Exposure to a Pressurized Pilot-Plant Circulating Fluidized-Bed (CFB) Reactor” Energy Fuels: 3150 – 3158

[49]Fushimi, C., M. Goto, et al. (2003). "Steam gasification characteristics of coal with rapid heating." Journal of Analytical and Applied Pyrolysis 70(2): 185-197.

[50]Penniall, C. L. and C. J. Williamson (2009). "Feasibility study into the potential for gasification plant in the New Zealand wood processing industry." Energy Policy 37(9): 3377-3386.

[51]Stiegel, G. J. and R. C. Maxwell (2001). "Gasification technologies: the path to clean, affordable energy in the 21st century." Fuel Processing Technology 71(1–3): 79-97.

[52]W.Trinks, R.A. Shannon,et.al, Industrial Furnaces Handbook, 2004.

ภาคผนวก (Appendix)

ภาคผนวก ก

ข้อมูลการตรวจวัด

เตาเผาของบริษัท : ชนิดของเตาเป็นแบบ Pusher Type ขนาด 50 ตันต่อชั่วโมง

ลักษณะการทำงานของเตาเหล็ก

โรงงานใช้ไฟฟ้าแบบ TOD

วันทำงาน วันจันทร์-วันอาทิตย์ 21.30-18.30 น. ผลิต

18.30-21.30 น. ไม่ผลิต

การเข้าศึกษา ครั้งที่ 1 : วันที่ 29 เมษายน 2555 เวลา (10:00-17:00 น.)

สภาวการณ์การทำงาน: ช่วงรีดเหล็ก

ลักษณะการให้ความร้อน : ให้ความร้อนโดยใช้หัวเผาทั้งที่ pre-heating zone และ heating zone

1.ข้อมูลการผลิต

เวลาเริ่มต้น	เวลาสิ้นสุด	เวลา(นาที)	จำนวนเหล็กที่ป้อนเข้าเตา (แท่ง)			การผลิต(ตัน/ชั่วโมง)
			แท่ง	กก./แท่ง	กก.	
10:15	11:15	60	56	868	48608	48.608
11:15	12:15	60	55	868	47740	47.74
12:15	13:15	60	52	868	45136	45.136
13:15	14:15	60	56	868	48608	48.608
					เฉลี่ย	47.523

อุณหภูมิของเตาเผาเหล็กที่ออกจากเตาเผา

เวลา	Temp(C°)
10:15	1130
11:15	1030
12:15	1080
13:15	1050
14:15	1060
เฉลี่ย	1070

2. ข้อมูลของเชื้อเพลิง

อัตราการใช้เชื้อเพลิง

เวลา เริ่มต้น	เวลา สิ้นสุด	เวลา (นาที)	อัตราการใช้ เชื้อเพลิง
10:15	11:15	60	1423
11:15	12:15	60	1511
12:15	13:15	60	1440
13:15	14:15	60	1449
		เฉลี่ย	1455.75

อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมอยู่ที่ 35°c

เตาเผาของบริษัท : ชนิดของเตาเป็นแบบ Pusher Type ขนาด 50 ตันต่อชั่วโมง

การเข้าศึกษา ครั้งที่ 2 : วันที่ 30 เมษายน 2555 เวลา (10:00-17:00 น.)

สภาวการณ์การทำงาน: ช่วงรีดเหล็ก

ลักษณะการให้ความร้อน : ให้ความร้อนโดยใช้หัวเผาทั้งที่ pre-heating zone และ heating zone

1.ข้อมูลการผลิต

เวลา เริ่มต้น	เวลา สิ้นสุด	เวลา (นาที)	จำนวนเหล็กที่ป้อนเข้าเตา (แท่ง)			การผลิต (ตัน/ชั่วโมง)
			แท่ง	กก./แท่ง	กก.	
10:15	11:15	60	60	868	52080	52.08
11:15	12:15	60	65	868	56420	56.42
12:15	13:15	60	54	868	46872	46.872
13:15	14:15	60	55	868	47740	47.74
					เฉลี่ย	50.778

อุณหภูมิของเตาเผาเหล็กที่ออกจากเตาเผา

เวลา	Temp(C°)
10:15	1130
11:15	1030
12:15	1040
13:15	1120
14:15	1080
เฉลี่ย	1080

2. ข้อมูลของเชื้อเพลิง

อัตราการใช้เชื้อเพลิง

เวลา เริ่มต้น	เวลา สิ้นสุด	เวลา (นาที)	อัตราการ ใช้เชื้อเพลิง
10:15	11:15	60	1528
11:15	12:15	60	1517
12:15	13:15	60	1510
13:15	14:15	60	1529
		เฉลี่ย	1521

อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมอยู่ที่ 35°c

เตาเผาของบริษัท : ชนิดของเตาเป็นแบบ Pusher Type ขนาด 50 ตันต่อชั่วโมง

การเข้าศึกษา ครั้งที่ 3 : วันที่ 5 พฤษภาคม 2555 เวลา (10:00-17:00 น.)

สภาวการณ์การทำงาน: ช่วงรีดเหล็ก

ลักษณะการให้ความร้อน : ให้ความร้อนโดยใช้หัวเผาทั้งที่ pre-heating zone และ heating zone

1.ข้อมูลการผลิต

เวลา เริ่มต้น	เวลา สิ้นสุด	เวลา (นาที)	จำนวนเหล็กที่ป้อนเข้าเตา (แท่ง)			การผลิต (ตัน/ชั่วโมง)
			แท่ง	กก./แท่ง	กก.	
10:15	11:15	60	70	868	60760	60.76
11:15	12:15	60	56	868	48608	48.608
12:15	13:15	60	55	868	47740	47.74
13:15	14:15	60	54	868	46872	46.872
					เฉลี่ย	50.995

อุณหภูมิของเตาเผาเหล็กที่ออกจากเตาเผา

เวลา	Temp(C°)
10:15	1030
11:15	1040
12:15	1080
13:15	1140
14:15	1070
เฉลี่ย	1072

2. ข้อมูลของเชื้อเพลิง

อัตราการใช้เชื้อเพลิง

เวลา เริ่มต้น	เวลา สิ้นสุด	เวลา (นาที)	อัตราการ ใช้เชื้อเพลิง
10:15	11:15	60	1537
11:15	12:15	60	1450
12:15	13:15	60	1477
13:15	14:15	60	1410
		เฉลี่ย	1468.5

อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมอยู่ที่ 35°c

เตาเผาของบริษัท : ชนิดของเตาเป็นแบบ Pusher Type ขนาด 50 ตันต่อชั่วโมง

การเข้าศึกษา ครั้งที่ 4 : วันที่ 6 พฤษภาคม 2555 เวลา (10:00-17:00 น.)

สภาวการณ์การทำงาน: ช่วงรีดเหล็ก

ลักษณะการให้ความร้อน : ให้ความร้อนโดยใช้หัวเผาทั้งที่ pre-heating zone และ heating zone

1.ข้อมูลการผลิต

เวลา เริ่มต้น	เวลา สิ้นสุด	เวลา (นาที)	จำนวนเหล็กที่ป้อนเข้าเตา (แท่ง)			การผลิต (ตัน/ชั่วโมง)
			แท่ง	กก./แท่ง	กก.	
10:15	11:15	60	60	868	52080	52.08
11:15	12:15	60	61	868	52948	52.948
12:15	13:15	60	63	868	54684	54.684
13:15	14:15	60	60	868	52080	52.08
					เฉลี่ย	52.948

อุณหภูมิของเตาเผาเหล็กที่ออกจากเตาเผา

เวลา	Temp(C°)
10:15	1040
11:15	1050
12:15	1080
13:15	1120
14:15	1070
เฉลี่ย	1072

2. ข้อมูลของเชื้อเพลิง

อัตราการใช้เชื้อเพลิง

เวลา เริ่มต้น	เวลา สิ้นสุด	เวลา (นาที)	อัตราการ ใช้เชื้อเพลิง
10:15	11:15	60	1535
11:15	12:15	60	1516
12:15	13:15	60	1490
13:15	14:15	60	1493
		เฉลี่ย	1508.5

อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมอยู่ที่ 35°c

เตาเผาของบริษัท : ชนิดของเตาเป็นแบบ Pusher Type ขนาด 50 ตันต่อชั่วโมง

การเข้าศึกษา ครั้งที่ 5 : วันที่ 12 พฤษภาคม 2555 เวลา (10:00-17:00 น.)

สภาวการณ์การทำงาน: ช่วงรีดเหล็ก

ลักษณะการให้ความร้อน : ให้ความร้อนโดยใช้หัวเผาทั้งที่ pre-heating zone และ heating zone

1.ข้อมูลการผลิต

เวลา เริ่มต้น	เวลา สิ้นสุด	เวลา (นาที)	จำนวนเหล็กที่ป้อนเข้าเตา (แท่ง)			การผลิต (ตัน/ชั่วโมง)
			แท่ง	กก./แท่ง	กก.	
10:15	11:15	60	58	868	50344	50.344
11:15	12:15	60	59	868	51212	51.212
12:15	13:15	60	61	868	52948	52.948
13:15	14:15	60	55	868	47740	47.74
					เฉลี่ย	50.561

อุณหภูมิของเตาเผาเหล็กที่ออกจากเตาเผา

เวลา	Temp(C°)
10:15	1,010
11:15	1,080
12:15	1050
13:15	1060
14:15	1,080
เฉลี่ย	1,056

2. ข้อมูลของเชื้อเพลิง

อัตราการใช้เชื้อเพลิง

เวลา เริ่มต้น	เวลา สิ้นสุด	เวลา (นาที)	อัตราการ ใช้เชื้อเพลิง
10:15	11:15	60	1410
11:15	12:15	60	1519
12:15	13:15	60	1549
13:15	14:15	60	1567
		เฉลี่ย	1511.25

อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมอยู่ที่ 35°c

เตาเผาของบริษัท : ชนิดของเตาเป็นแบบ Pusher Type ขนาด 30 ตันต่อชั่วโมง

โรงงานใช้ไฟฟ้าแบบ TOU

วันทำงาน วันจันทร์-วันศุกร์ 22.00-10.00 น. ผลิต

วันเสาร์และอาทิตย์ทำงาน 24 ชั่วโมง

การเข้าศึกษา ครั้งที่ 1 : วันที่ 13 พฤษภาคม 2555 เวลา (7:30-12:00 น.)

สภาวการณ์การทำงาน: ช่วงรีดเหล็ก

ลักษณะการให้ความร้อน : ให้ความร้อนโดยใช้หัวเผาทั้งที่ pre-heating zone และ heating zone

1.ข้อมูลการผลิต

เวลา เริ่มต้น	เวลา สิ้นสุด	เวลา (นาที)	จำนวนเหล็กที่ป้อนเข้าเตา (แท่ง)			การผลิต (ตัน/ชั่วโมง)
			แท่ง	กก./แท่ง	กก.	
8:00	9:00	60	91	333	30303	30.303
9:00	10:00	60	91	333	30303	30.303
10:00	11:00	60	91	333	30303	30.303
11:00	12:00	60	91	333	30303	30.303
					เฉลี่ย	30.303

อุณหภูมิของเตาเผาเหล็กที่ออกจากเตาเผา

เวลา	Temp(C°)
8:00	1120
9:00	1115
10:00	1121
11:00	1124
12:00	1120
เฉลี่ย	1120

2. ข้อมูลของเชื้อเพลิง

อัตราการใช้เชื้อเพลิง

เวลา เริ่มต้น	เวลา สิ้นสุด	เวลา (นาที)	อัตราการ ใช้เชื้อเพลิง
8:00	9:00	60	890
9:00	10:00	60	850
10:00	11:00	60	780
11:00	12:00	60	750
		เฉลี่ย	817.5

อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมอยู่ที่ 35°c

เตาเผาของบริษัท : ชนิดของเตาเป็นแบบ Pusher Type ขนาด 30 ตันต่อชั่วโมง

การเข้าศึกษา ครั้งที่ 2 : วันที่ 19 พฤษภาคม 2555 เวลา (7:30-12:00 น.)

สภาวการณ์การทำงาน: ช่วงรีดเหล็ก

ลักษณะการให้ความร้อน : ให้ความร้อนโดยใช้หัวเผาทั้งที่ pre-heating zone และ heating zone

1.ข้อมูลการผลิต

เวลา เริ่มต้น	เวลา สิ้นสุด	เวลา (นาที)	จำนวนเหล็กที่ป้อนเข้าเตา (แท่ง)			การผลิต (ตัน/ชั่วโมง)
			แท่ง	กก./แท่ง	กก.	
8:00	9:00	60	90	333	29970	29.97
9:00	10:00	60	85	333	28305	28.305
10:00	11:00	60	88	333	29304	29.304
11:00	12:00	60	88	333	29304	29.304
					เฉลี่ย	29.22075

อุณหภูมิของเตาเผาเหล็กที่ออกจากเตาเผา

เวลา	Temp(C°)
8:00	1100
9:00	1118
10:00	1116
11:00	1120
12:00	1110
เฉลี่ย	1112.8

2. ข้อมูลของเชื้อเพลิง

อัตราการใช้เชื้อเพลิง

เวลา เริ่มต้น	เวลา สิ้นสุด	เวลา (นาที)	อัตราการ ใช้เชื้อเพลิง
8:00	9:00	60	900
9:00	10:00	60	850
10:00	11:00	60	870
11:00	12:00	60	850
		เฉลี่ย	867.5

อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมอยู่ที่ 35°c

เตาเผาของบริษัท : ชนิดของเตาเป็นแบบ Pusher Type ขนาด 30 ตันต่อชั่วโมง

การเข้าศึกษา ครั้งที่ 3 : วันที่ 20 พฤษภาคม เวลา (7:30-12:00 น.)

สภาวการณ์การทำงาน: ช่วงรีดเหล็ก

ลักษณะการให้ความร้อน : ให้ความร้อนโดยใช้หัวเผาทั้งที่ pre-heating zone และ heating zone

1.ข้อมูลการผลิต

เวลา เริ่มต้น	เวลา สิ้นสุด	เวลา (นาที)	จำนวนเหล็กที่ป้อนเข้าเตา (แท่ง)			การผลิต (ตัน/ชั่วโมง)
			แท่ง	กก./แท่ง	กก.	
8:00	9:00	60	90	333	29970	29.97
9:00	10:00	60	92	333	30636	30.636
10:00	11:00	60	89	333	29637	29.637
11:00	12:00	60	91	333	30303	30.303
					เฉลี่ย	30.1365

อุณหภูมิของเตาเผาเหล็กที่ออกจากเตาเผา

เวลา	Temp(C°)
8:00	1100
9:00	1100
10:00	1119
11:00	1020
12:00	1112
เฉลี่ย	1090.2

2. ข้อมูลของเชื้อเพลิง

อัตราการใช้เชื้อเพลิง

เวลา เริ่มต้น	เวลา สิ้นสุด	เวลา (นาที)	อัตราการ ใช้เชื้อเพลิง
8:00	9:00	60	890
9:00	10:00	60	870
10:00	11:00	60	860
11:00	12:00	60	950
		เฉลี่ย	892.5

อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมอยู่ที่ 35°c

เตาเผาของบริษัท : ชนิดของเตาเป็นแบบ Pusher Type ขนาด 30 ตันต่อชั่วโมง

การเข้าศึกษา ครั้งที่ 4 : วันที่ 26 พฤษภาคม 2555 เวลา (7:30-12:00 น.)

สภาวการณ์การทำงาน: ช่วงรีดเหล็ก

ลักษณะการให้ความร้อน : ให้ความร้อนโดยใช้หัวเผาทั้งที่ pre-heating zone และ heating zone

1.ข้อมูลการผลิต

เวลา เริ่มต้น	เวลา สิ้นสุด	เวลา (นาที)	จำนวนเหล็กที่ป้อนเข้าเตา (แท่ง)			การผลิต (ตัน/ชั่วโมง)
			แท่ง	กก./แท่ง	กก.	
8:00	9:00	60	88	333	29304	29.30
9:00	10:00	60	88	333	29304	29.30
10:00	11:00	60	95	333	31635	31.64
11:00	12:00	60	90	333	29970	29.97
					เฉลี่ย	30.05

อุณหภูมิของเตาเผาเหล็กที่ออกจากเตาเผา

เวลา	Temp(C°)
8:00	1110
9:00	1116
10:00	1110
11:00	1120
12:00	1110
เฉลี่ย	1113.2

2. ข้อมูลของเชื้อเพลิง

อัตราการใช้เชื้อเพลิง

เวลา เริ่มต้น	เวลา สิ้นสุด	เวลา (นาที)	อัตราการ ใช้เชื้อเพลิง
8:00	9:00	60	890
9:00	10:00	60	870
10:00	11:00	60	850
11:00	12:00	60	900
		เฉลี่ย	877.5

อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมอยู่ที่ 35°c

เตาเผาของบริษัท : ชนิดของเตาเป็นแบบ Pusher Type ขนาด 30 ตันต่อชั่วโมง

การเข้าศึกษา ครั้งที่ 5 : วันที่ 27 พฤษภาคม 2555 เวลา (7:30-12:00 น.)

สภาวการณ์การทำงาน: ช่วงรีดเหล็ก

ลักษณะการให้ความร้อน : ให้ความร้อนโดยใช้หัวเผาทั้งที่ pre-heating zone และ heating zone

1.ข้อมูลการผลิต

เวลา เริ่มต้น	เวลา สิ้นสุด	เวลา (นาที)	จำนวนเหล็กที่ป้อนเข้าเตา (แท่ง)			การผลิต (ตัน/ชั่วโมง)
			แท่ง	กก./แท่ง	กก.	
8:00	9:00	60	92	333	30636	30.636
9:00	10:00	60	91	333	30303	30.303
10:00	11:00	60	91	333	30303	30.303
11:00	12:00	60	90	333	29970	29.97
					เฉลี่ย	30.303

อุณหภูมิของเตาเผาเหล็กที่ออกจากเตาเผา

เวลา	Temp(C°)
8:00	1120
9:00	1115
10:00	1100
11:00	1120
12:00	1115
เฉลี่ย	1114

2. ข้อมูลของเชื้อเพลิง

อัตราการใช้เชื้อเพลิง

เวลา เริ่มต้น	เวลา สิ้นสุด	เวลา (นาที)	อัตราการ ใช้เชื้อเพลิง
8:00	9:00	60	870
9:00	10:00	60	890
10:00	11:00	60	990
11:00	12:00	60	830
		เฉลี่ย	895

อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมอยู่ที่ 35°c

เตาเผาของบริษัท : ชนิดของเตาเป็นแบบ Pusher Type ขนาด 12 ตันต่อชั่วโมง

โรงงานใช้ไฟฟ้าแบบ TOU

วันทำงาน วันจันทร์-วันศุกร์ 22.00-10.00 น. ผลิต

วันเสาร์และอาทิตย์ทำงาน 24 ชั่วโมง

การเข้าศึกษา ครั้งที่ 1 : วันที่ 2 มิถุนายน 2555 เวลา (10:00-17:00 น.)

สภาวการณ์การทำงาน: ช่วงรีดเหล็ก

ลักษณะการให้ความร้อน : ให้ความร้อนโดยใช้หัวเผาทั้งที่ pre-heating zone และ heating zone

1.ข้อมูลการผลิต

เวลาเริ่มต้น	เวลาสิ้นสุด	เวลา (นาที)	จำนวนเหล็กที่ป้อนเข้าเตา (แท่ง)			การผลิต (ตัน/ชั่วโมง)
			แท่ง	กก./แท่ง	กก.	
10:15	11:15	60	30	431.2	12936	12.936
11:15	12:15	60	27	431.2	11642.4	11.6424
12:15	13:15	60	25	431.2	10780	10.78
13:15	14:15	60	28	431.2	12073.6	12.0736
					เฉลี่ย	11.858

อุณหภูมิของเตาเผาเหล็กที่ออกจากเตาเผา

เวลา	Temp(C°)
10:15	1145
11:15	1140
12:15	1150
13:15	1153
14:15	1160
เฉลี่ย	1149.6

2. ข้อมูลของเชื้อเพลิง

อัตราการใช้เชื้อเพลิง

เวลา เริ่มต้น	เวลา สิ้นสุด	เวลา (นาที)	อัตราการ ใช้เชื้อเพลิง
10:15	11:15	60	610
11:15	12:15	60	553
12:15	13:15	60	614
13:15	14:15	60	623
		เฉลี่ย	600

อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมอยู่ที่ 35°c

เตาเผาของบริษัท : ชนิดของเตาเป็นแบบ Pusher Type ขนาด 12 ตันต่อชั่วโมง

การเข้าศึกษา ครั้งที่ 1 : วันที่ 2 มิถุนายน 2555 เวลา (10:00-17:00 น.)

สภาวการณ์การทำงาน: ช่วงรีดเหล็ก

ลักษณะการให้ความร้อน : ให้ความร้อนโดยใช้หัวเผาทั้งที่ pre-heating zone และ heating zone

1.ข้อมูลการผลิต

เวลา เริ่มต้น	เวลา สิ้นสุด	เวลา (นาที)	จำนวนเหล็กที่ป้อนเข้าเตา (แท่ง)			การผลิต (ตัน/ชั่วโมง)
			แท่ง	กก./แท่ง	กก.	
10:15	11:15	60	30	431.2	12936	12.936
11:15	12:15	60	27	431.2	11642.4	11.6424
12:15	13:15	60	25	431.2	10780	10.78
13:15	14:15	60	28	431.2	12073.6	12.0736
					เฉลี่ย	11.858

อุณหภูมิของเตาเผาเหล็กที่ออกจากเตาเผา

เวลา	Temp(C°)
10:15	1145
11:15	1140
12:15	1150
13:15	1153
14:15	1160
เฉลี่ย	1149.6

2. ข้อมูลของเชื้อเพลิง

อัตราการใช้เชื้อเพลิง

เวลา เริ่มต้น	เวลา สิ้นสุด	เวลา (นาที)	อัตราการ ใช้เชื้อเพลิง
10:15	11:15	60	610
11:15	12:15	60	553
12:15	13:15	60	614
13:15	14:15	60	623
		เฉลี่ย	600

อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมอยู่ที่ 35°c

เตาเผาของบริษัท : ชนิดของเตาเป็นแบบ Pusher Type ขนาด 12 ตันต่อชั่วโมง

การเข้าศึกษา ครั้งที่ 2 : วันที่ 3 มิถุนายน 2555 เวลา (10:00-17:00 น.)

สภาวการณ์การทำงาน: ช่วงรีดเหล็ก

ลักษณะการให้ความร้อน : ให้ความร้อนโดยใช้หัวเผาทั้งที่ pre-heating zone และ heating zone

1.ข้อมูลการผลิต

เวลา เริ่มต้น	เวลา สิ้นสุด	เวลา (นาที)	จำนวนเหล็กที่ป้อนเข้าเตา (แท่ง)			การผลิต (ตัน/ชั่วโมง)
			แท่ง	กก./แท่ง	กก.	
10:15	11:15	60	30	431.2	12936	12.936
11:15	12:15	60	32	431.2	13798.4	13.7984
12:15	13:15	60	31	431.2	13367.2	13.3672
13:15	14:15	60	28	431.2	12073.6	12.0736
					เฉลี่ย	13.0438

อุณหภูมิของเตาเผาเหล็กที่ออกจากเตาเผา

เวลา	Temp(C°)
10:15	1145
11:15	1140
12:15	1130
13:15	1135
14:15	1150
เฉลี่ย	1140

2. ข้อมูลของเชื้อเพลิง

อัตราการใช้เชื้อเพลิง

เวลา เริ่มต้น	เวลา สิ้นสุด	เวลา (นาที)	อัตราการใช้ เชื้อเพลิง
10:15	11:15	60	550
11:15	12:15	60	543
12:15	13:15	60	586
13:15	14:15	60	590
		เฉลี่ย	567.25

อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมอยู่ที่ 35°c

เตาเผาของบริษัท : ชนิดของเตาเป็นแบบ Pusher Type ขนาด 12 ตันต่อชั่วโมง

การเข้าศึกษา ครั้งที่ 3 : วันที่ 9 มิถุนายน 2555 เวลา (10:00-17:00 น.)

สภาวการณ์การทำงาน: ช่วงรีดเหล็ก

ลักษณะการให้ความร้อน : ให้ความร้อนโดยใช้หัวเผาทั้งที่ pre-heating zone และ heating zone

1.ข้อมูลการผลิต

เวลา เริ่มต้น	เวลา สิ้นสุด	เวลา (นาที)	จำนวนเหล็กที่ป้อนเข้าเตา (แท่ง)			การผลิต (ตัน/ชั่วโมง)
			แท่ง	กก./แท่ง	กก.	
10:15	11:15	60	30	431.2	12936	12.936
11:15	12:15	60	28	431.2	12073.6	12.0736
12:15	13:15	60	27	431.2	11642.4	11.6424
13:15	14:15	60	31	431.2	13367.2	13.3672
					เฉลี่ย	12.5048

อุณหภูมิของเตาเผาเหล็กที่ออกจากเตาเผา

เวลา	Temp(C°)
10:15	1150
11:15	1153
12:15	1160
13:15	1130
14:15	1145
เฉลี่ย	1147.6

2. ข้อมูลของเชื้อเพลิง

อัตราการใช้เชื้อเพลิง

เวลา เริ่มต้น	เวลา สิ้นสุด	เวลา (นาที)	อัตราการ ใช้เชื้อเพลิง
10:15	11:15	60	513
11:15	12:15	60	509
12:15	13:15	60	520
13:15	14:15	60	545
		เฉลี่ย	521.75

อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมอยู่ที่ 35°c

เตาเผาของบริษัท : ชนิดของเตาเป็นแบบ Pusher Type ขนาด 12 ตันต่อชั่วโมง

การเข้าศึกษา ครั้งที่ 4 : วันที่ 10 มิถุนายน 2555 เวลา (10:00-17:00 น.)

สภาวการณ์การทำงาน: ช่วงรีดเหล็ก

ลักษณะการให้ความร้อน : ให้ความร้อนโดยใช้หัวเผาทั้งที่ pre-heating zone และ heating zone

1.ข้อมูลการผลิต

เวลา เริ่มต้น	เวลา สิ้นสุด	เวลา (นาที)	จำนวนเหล็กที่ป้อนเข้าเตา (แท่ง)			การผลิต (ตัน/ชั่วโมง)
			แท่ง	กก./แท่ง	กก.	
10:15	11:15	60	28	431.2	12073.6	12.0736
11:15	12:15	60	25	431.2	10780	10.78
12:15	13:15	60	24	431.2	10348.8	10.3488
13:15	14:15	60	21	431.2	9055.2	9.0552
					เฉลี่ย	10.5644

อุณหภูมิของเตาเผาเหล็กที่ออกจากเตาเผา

เวลา	Temp(C°)
10:15	1165
11:15	1150
12:15	1170
13:15	1140
14:15	1155
เฉลี่ย	1156

2. ข้อมูลของเชื้อเพลิง

อัตราการใช้เชื้อเพลิง

เวลา เริ่มต้น	เวลา สิ้นสุด	เวลา (นาที)	อัตราการ ใช้เชื้อเพลิง
10:15	11:15	60	555
11:15	12:15	60	561
12:15	13:15	60	520
13:15	14:15	60	513
		เฉลี่ย	537.25

อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมอยู่ที่ 35°c

เตาเผาของบริษัท : ชนิดของเตาเป็นแบบ Pusher Type ขนาด 12 ตันต่อชั่วโมง

การเข้าศึกษา ครั้งที่ 5 : วันที่ 16 มิถุนายน 2555 เวลา (10:00-17:00 น.)

สภาวการณ์การทำงาน: ช่วงรีดเหล็ก

ลักษณะการให้ความร้อน : ให้ความร้อนโดยใช้หัวเผาทั้งที่ pre-heating zone และ heating zone

1.ข้อมูลการผลิต

เวลา เริ่มต้น	เวลา สิ้นสุด	เวลา (นาที)	จำนวนเหล็กที่ป้อนเข้าเตา (แท่ง)			การผลิต (ตัน/ชั่วโมง)
			แท่ง	กก./แท่ง	กก.	
10:15	11:15	60	30	431.2	12936	12.936
11:15	12:15	60	28	431.2	12073.6	12.0736
12:15	13:15	60	25	431.2	10780	10.78
13:15	14:15	60	29	431.2	12504.8	12.5048
					เฉลี่ย	12.0736

อุณหภูมิของเตาเผาเหล็กที่ออกจากเตาเผา

เวลา	Temp(C°)
10:15	1160
11:15	1155
12:15	1140
13:15	1160
14:15	1170
เฉลี่ย	1157

2. ข้อมูลของเชื้อเพลิง

อัตราการใช้เชื้อเพลิง

เวลา เริ่มต้น	เวลา สิ้นสุด	เวลา (นาที)	อัตราการ ใช้เชื้อเพลิง
10:15	11:15	60	520
11:15	12:15	60	508
12:15	13:15	60	548
13:15	14:15	60	562
		เฉลี่ย	534.5

อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมอยู่ที่ 35°c

ภาคผนวก ข ค่าจำเพาะของโลหะ

Metal	Specific Heat Capacity (Cp)		
	(kJ/kg K)	*(kcal/kg°C)*	*(Btu/lb$_m$°F)*
Aluminum	0.91	0.22	0.22
Antimony	0.21	0.05	0.05
Beryllium	1.83	0.436	0.436
Bismuth	0.13	0.03	0.03
Cadmium	0.23	0.055	0.055
Carbon Steel	0.49	0.12	0.12
Cast Iron	0.46	0.11	0.11
Chromium	0.46	0.11	0.11
Iron	0.46	0.108	0.11
Lead	0.13	0.031	0.03
Iron	0.46	0.108	0.11
Lead	0.13	0.031	0.03

ภาคผนวก ค

เครื่องผลิตแก๊สจากถ่านหิน

Coal gasification ของโรงงานตัวอย่าง

coal gasifier detailed information

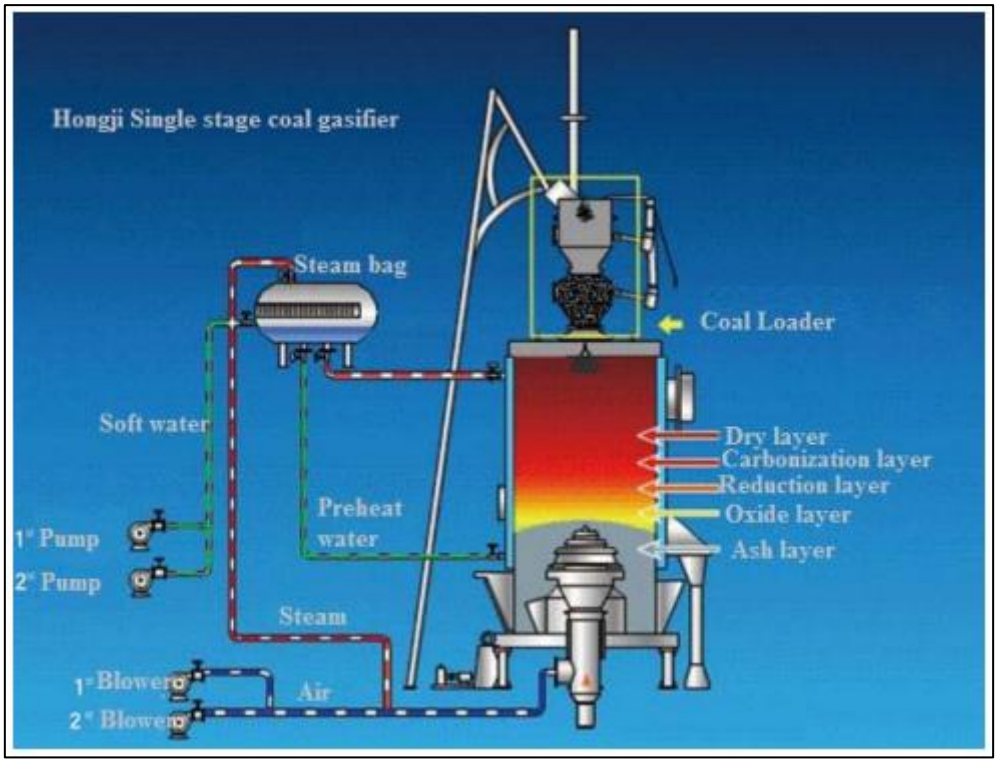
Single Stage Coal Gasifier

coal gasifier uses air and vapor as the gasifying agents to produce mixed gas. It is suitable for gasifying coking coal, hard coke, etc. and is widely used in machinery, metallurgy, chemistry, glass, building materials, food, textile and light industries.

Features:

Our single stage coal gasifier features low investment, good applicability, convenient use, easy operation, etc. Compared withdirect coal burning, coal gasifier can save 20% of the fuel. Compared with oil furnace, coal gasifiercan save more than 60% of the energy. Our coal gasifier is environment-friendly with its heat efficiency and good dust and smoke removal effect

Structure of single stage coal gasifier



Outside structure

A Main body

B Coal load system

C Blower system (the steam mixed with water, blow in to the coal gasifier with blower)

D Ash discharge (rotation wet type auto discharge, no pollution to the enviroment)

E Dust collect system (water seal dust collect)

F Control panel (motor control, humidity instruction, power source together controlled)

G Computer control system (optional)

H Steam system (hot steam recycle, water & steam separator, self relief device, control valves, pump etc.)

I Operation platform (steal structure, for the worker inspection the coal gasifier.)

Inner structure:

A Ash layer: the coal come down from the top, the gas agent go up from the bottom.

B Oxide layer: also called burning layer, thermal chemical reaction, the O with heat in the air reaction to become CO2, release heat.

C Reduction layer: the coal after heat and together with steam complex reaction become to CO, H2,CH4, O2,CO2,N2 etc, and release heat.($CO_2+C \longrightarrow CO\uparrow$, $H_2O+C \longrightarrow H_2\uparrow$ +CO).

D Carbonization layer: under 400-500℃, the volatile and other materials come out, the coal become to coke, the coke come to the reduction layer for chemical action.

E Dryer layer, to dry the coal gas.

2- Customer site

3- Coal Gasifier Specifications:

Model(mm)	QM0.8	QM1.0	QM1.2	QM1.5	QM1.6	QM1.8	QM2.0	QM2.4	QM2.6	QM3.0	QM3.2
Chamber diameter(m)	800	1000	1200	1500	1600	1800	2000	2400	2600	3000	3200
Hearth active surface	0.5	0.785	1.13	1.77	2.01	2.54	3.14	4.52	5.31	7.07	8.03
Suitable fuel	weak coherent gas carbon,anothracite,burnt carbon										
Fuel granularity(mm)	25-80										
Fuel consumption quantity(kg/h	40-100	70-140	120-190	160-350	350-480	500-680	500-720	700-1040	850-1200	1700-2000	1800-2200
Gasifying agent	Air ,steam										
Gas yield(Nm³/h)	140-350	245-490	420-670	560-1200	1200-1600	1500-2100	1750-2500	2500-3600	3000-4300	6000-7000	6500-7500
Gas calorific valu(Kj/Nm³	5020-5870				5020-6000						
Water jacket heating area()	4.02	5.02	6.78	10.37	11.06	12.44	17.58	21.87	23.69	30.16	38.4
Steam output (kg/h)	60	80	130	200	220	260	350	420	600	840	880
Gas outlet temperature()	(400-500)Plants related with the coal				(400-500)Plants related with the coal						
Gas outlet pressure(Pa)	1000				980-1470			1470-1960			
Gas exportation diameter(mm)	219	325	325	426	426	529	630	720	820	1020	1050
Air pressure(Pa)	3000				4000						4000
Saturated air temperature()	50-60				50-65						
Ashpan rotational speed(r/h)	0.177-1.77										
Equipment gross weight(t)	3.5	4.5	5	7.5	10	20	23.4	29.8	32	37.8	43.6
Motor power (kw)	6	6	6	7	8	10	14	20	20	27	32

ภาคผนวก ง

ต้นทุนค่าใช้จ่ายผลประโยชน์โครงการแต่ละประเภท

ตารางที่ ง-1 การวิเคราะห์ส่วนเพิ่ม (Incremental analysis) จากมูลค่าสุทธิของโครงการที่ใช้แก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็กที่เตาขนาด 50 ตันต่อชั่วโมง อายุของโครงการ 10 ปี

ปีที่	ค่าใช้จ่าย				ค่าใช้จ่ายส่วนเพิ่ม
	ค่าลงทุนเริ่มต้น		ค่าดำเนินการรายปี		
	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	
0	-	-42,262,641.36	-	-	-42,262,641.36
1	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
2	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
3	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
4	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
5	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
6	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
7	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
8	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
9	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
10	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40

NPV 1,021,874,468.15

ตารางที่ ง-2 การวิเคราะห์ส่วนเพิ่ม (Incremental analysis) จากมูลค่าสุทธิของโครงการที่ใช้แก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก เมื่อมีการเพิ่มค่าลงทุน 10 % ที่เตาขนาด 50 ตันต่อชั่วโมง อายุของโครงการ 10 ปี

ปีที่	ค่าใช้จ่าย				ค่าใช้จ่ายส่วนเพิ่ม
	ค่าลงทุนเริ่มต้น		ค่าดำเนินการรายปี		
	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	
0	-	-46,488,905.50	-	-	-46,488,905.50
1	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
2	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
3	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
4	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
5	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
6	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
7	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
8	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
9	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
10	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40

NPV 1,017,648,204.01

ตารางที่ ง-3 การวิเคราะห์ส่วนเพิ่ม (Incremental analysis) จากมูลค่าสุทธิของโครงการที่ใช้แก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก เมื่อมีการเพิ่มค่าลงทุน 20 % ที่เตาขนาด 50 ตันต่อชั่วโมง อายุของโครงการ 10 ปี

ปีที่	ค่าใช้จ่าย				ค่าใช้จ่ายส่วนเพิ่ม
	ค่าลงทุนเริ่มต้น		ค่าดำเนินการรายปี		
	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	
0	-	-50,715,169.63	-	-	-50,715,169.63
1	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
2	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
3	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
4	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
5	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
6	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
7	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
8	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
9	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
10	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40

NPV 1,013,421,939.87

ตารางที่ ง-4 การวิเคราะห์ส่วนเพิ่ม (Incremental analysis) จากมูลค่าสุทธิของโครงการที่ใช้แก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก เมื่อมีการเพิ่มค่าลงทุน 30 % ที่เตาขนาด 50 ตันต่อชั่วโมง อายุของโครงการ 10 ปี

ปีที่	ค่าใช้จ่าย				ค่าใช้จ่ายส่วนเพิ่ม
	ค่าลงทุนเริ่มต้น		ค่าดำเนินการรายปี		
	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	
0	-	-54,941,433.77	-	-	-54,941,433.77
1	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
2	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
3	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
4	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
5	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
6	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
7	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
8	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
9	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
10	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40

NPV 1,009,195,675.74

ตารางที่ ง-5 การวิเคราะห์ส่วนเพิ่ม (Incremental analysis) จากมูลค่าสุทธิของโครงการที่ใช้แก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก เมื่อมีการเพิ่มค่าลงทุน 40 % ที่เตาขนาด 50 ตันต่อชั่วโมง อายุของโครงการ 10 ปี

ปีที่	ค่าใช้จ่าย				ค่าใช้จ่ายส่วนเพิ่ม
	ค่าลงทุนเริ่มต้น		ค่าดำเนินการรายปี		
	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	
0	-	-59,167,697.90	-	-	-59,167,697.90
1	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
2	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
3	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
4	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
5	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
6	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
7	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
8	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
9	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
10	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40

NPV 1,004,969,411.60

ตารางที่ ง-6 การวิเคราะห์ส่วนเพิ่ม (Incremental analysis) จากมูลค่าสุทธิของโครงการที่ใช้แก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก เมื่อมีการเพิ่มค่าลงทุน 50 % ที่เตาขนาด 50 ตันต่อชั่วโมง อายุของโครงการ 10 ปี

ปีที่	ค่าใช้จ่าย				ค่าใช้จ่ายส่วนเพิ่ม
	ค่าลงทุนเริ่มต้น		ค่าดำเนินการรายปี		
	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	
0	-	-63,393,962.04	-	-	-63,393,962.04
1	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
2	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
3	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
4	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
5	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
6	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
7	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
8	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
9	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
10	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40

NPV 1,000,743,147.47

ตารางที่ ง-7 การวิเคราะห์ส่วนเพิ่ม (Incremental analysis) จากมูลค่าสุทธิของโครงการที่ใช้แก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก เมื่อมีการลดลงของค่าลงทุน 10 % ที่เตาขนาด 50 ตันต่อชั่วโมง อายุของโครงการ 10 ปี

ปีที่	ค่าใช้จ่าย				ค่าใช้จ่ายส่วนเพิ่ม
	ค่าลงทุนเริ่มต้น		ค่าดำเนินการรายปี		
	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	
0	-	-38,036,377.22	-	-	-38,036,377.22
1	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
2	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
3	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
4	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
5	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
6	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
7	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
8	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
9	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
10	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40

NPV 1,026,100,732.28

ตารางที่ ง-8 การวิเคราะห์ส่วนเพิ่ม (Incremental analysis) จากมูลค่าสุทธิของโครงการที่ใช้แก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก เมื่อมีการลดลงของค่าลงทุน 20 % ที่เตาขนาด 50 ตันต่อชั่วโมง อายุของโครงการ 10 ปี

ปีที่	ค่าใช้จ่าย				ค่าใช้จ่ายส่วนเพิ่ม
	ค่าลงทุนเริ่มต้น		ค่าดำเนินการรายปี		
	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	
0	-	-33,810,113.09	-	-	-33,810,113.09
1	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
2	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
3	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
4	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
5	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
6	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
7	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
8	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
9	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
10	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40

NPV 1,030,326,996.42

ตารางที่ ง-9 การวิเคราะห์ส่วนเพิ่ม (Incremental analysis) จากมูลค่าสุทธิของโครงการที่ใช้แก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก เมื่อมีการลดลงของค่าลงทุน 30 % ที่เตาขนาด 50 ตันต่อชั่วโมง อายุของโครงการ 10 ปี

ปีที่	ค่าใช้จ่าย				ค่าใช้จ่ายส่วนเพิ่ม
	ค่าลงทุนเริ่มต้น		ค่าดำเนินการรายปี		
	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	
0	-	-29,583,848.95	-	-	-29,583,848.95
1	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
2	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
3	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
4	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
5	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
6	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
7	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
8	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
9	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
10	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40

NPV 1,034,553,260.55

ตารางที่ ง-10 การวิเคราะห์ส่วนเพิ่ม (Incremental analysis) จากมูลค่าสุทธิของโครงการที่ใช้แก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก เมื่อมีการลดลงของค่าลงทุน 40 % ที่เตาขนาด 50 ตันต่อชั่วโมง อายุของโครงการ 10 ปี

ปีที่	ค่าใช้จ่าย				ค่าใช้จ่ายส่วนเพิ่ม
	ค่าลงทุนเริ่มต้น		ค่าดำเนินการรายปี		
	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	
0	-	-25,357,584.82	-	-	-25,357,584.82
1	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
2	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
3	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
4	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
5	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
6	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
7	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
8	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
9	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
10	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40

NPV 1,038,779,524.69

ตารางที่ ง-11 การวิเคราะห์ส่วนเพิ่ม (Incremental analysis) จากมูลค่าสุทธิของโครงการที่ใช้แก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก เมื่อมีการลดลงของค่าลงทุน 50 % ที่เตาขนาด 50 ตันต่อชั่วโมง อายุของโครงการ 10 ปี

ปีที่	ค่าใช้จ่าย				ค่าใช้จ่ายส่วนเพิ่ม
	ค่าลงทุนเริ่มต้น		ค่าดำเนินการรายปี		
	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	
0	-	-21,131,320.68	-	-	-21,131,320.68
1	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
2	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
3	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
4	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
5	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
6	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
7	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
8	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
9	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40
10	-	-	-276,521,180.86	-117,933,338.46	158,587,842.40

NPV 1,043,005,788.83

ตารางที่ ง-12 การวิเคราะห์ส่วนเพิ่ม (Incremental analysis) จากมูลค่าสุทธิของโครงการที่ใช้แก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก เมื่อมีการเพิ่มราคาถ่านหิน 10 % ที่เตาขนาด 50 ตันต่อชั่วโมง อายุของโครงการ 10 ปี

ปีที่	ค่าใช้จ่าย				ค่าใช้จ่ายส่วนเพิ่ม
	ค่าลงทุนเริ่มต้น		ค่าดำเนินการรายปี		
	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	
0	-	-42,262,641.36	-	-	-42,262,641.36
1	-	-	-276,521,180.86	-126,471,707.36	150,049,473.50
2	-	-	-276,521,180.86	-126,471,707.36	150,049,473.50
3	-	-	-276,521,180.86	-126,471,707.36	150,049,473.50
4	-	-	-276,521,180.86	-126,471,707.36	150,049,473.50
5	-	-	-276,521,180.86	-126,471,707.36	150,049,473.50
6	-	-	-276,521,180.86	-126,471,707.36	150,049,473.50
7	-	-	-276,521,180.86	-126,471,707.36	150,049,473.50
8	-	-	-276,521,180.86	-126,471,707.36	150,049,473.50
9	-	-	-276,521,180.86	-126,471,707.36	150,049,473.50
10	-	-	-276,521,180.86	-126,471,707.36	150,049,473.50

NPV 964,581,329.77

ตารางที่ ง-13 การวิเคราะห์ส่วนเพิ่ม (Incremental analysis) จากมูลค่าสุทธิของโครงการที่ใช้แก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก เมื่อมีการเพิ่มราคาถ่านหิน 20 % ที่เตาขนาด 50 ตันต่อชั่วโมง อายุของโครงการ 10 ปี

ปีที่	ค่าใช้จ่าย				ค่าใช้จ่ายส่วนเพิ่ม
	ค่าลงทุนเริ่มต้น		ค่าดำเนินการรายปี		
	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	
0	-	-42,262,641.36	-	-	-42,262,641.36
1	-	-	-276,521,180.86	-135,010,076.26	141,511,104.60
2	-	-	-276,521,180.86	-135,010,076.26	141,511,104.60
3	-	-	-276,521,180.86	-135,010,076.26	141,511,104.60
4	-	-	-276,521,180.86	-135,010,076.26	141,511,104.60
5	-	-	-276,521,180.86	-135,010,076.26	141,511,104.60
6	-	-	-276,521,180.86	-135,010,076.26	141,511,104.60
7	-	-	-276,521,180.86	-135,010,076.26	141,511,104.60
8	-	-	-276,521,180.86	-135,010,076.26	141,511,104.60
9	-	-	-276,521,180.86	-135,010,076.26	141,511,104.60
10	-	-	-276,521,180.86	-135,010,076.26	141,511,104.60

NPV 907,288,191.39

ตารางที่ ง-14 การวิเคราะห์ส่วนเพิ่ม (Incremental analysis) จากมูลค่าสุทธิของโครงการที่ใช้แก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก เมื่อมีการเพิ่มราคาถ่านหิน 30 % ที่เตาขนาด 50 ตันต่อชั่วโมง อายุของโครงการ 10 ปี

ปีที่	ค่าใช้จ่าย				ค่าใช้จ่ายส่วนเพิ่ม
	ค่าลงทุนเริ่มต้น		ค่าดำเนินการรายปี		
	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	
0	-	-42,262,641.36	-	-	-42,262,641.36
1	-	-	-276,521,180.86	-143,548,445.16	132,972,735.70
2	-	-	-276,521,180.86	-143,548,445.16	132,972,735.70
3	-	-	-276,521,180.86	-143,548,445.16	132,972,735.70
4	-	-	-276,521,180.86	-143,548,445.16	132,972,735.70
5	-	-	-276,521,180.86	-143,548,445.16	132,972,735.70
6	-	-	-276,521,180.86	-143,548,445.16	132,972,735.70
7	-	-	-276,521,180.86	-143,548,445.16	132,972,735.70
8	-	-	-276,521,180.86	-143,548,445.16	132,972,735.70
9	-	-	-276,521,180.86	-143,548,445.16	132,972,735.70
10	-	-	-276,521,180.86	-143,548,445.16	132,972,735.70

NPV 849,995,053.01

ตารางที่ ง-15 การวิเคราะห์ส่วนเพิ่ม (Incremental analysis) จากมูลค่าสุทธิของโครงการที่ใช้แก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก เมื่อมีการเพิ่มราคาถ่านหิน 40 % ที่เตาขนาด 50 ตันต่อชั่วโมง อายุของโครงการ 10 ปี

ปีที่	ค่าใช้จ่าย				ค่าใช้จ่ายส่วนเพิ่ม
	ค่าลงทุนเริ่มต้น		ค่าดำเนินการรายปี		
	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	
0	-	-42,262,641.36	-	-	-42,262,641.36
1	-	-	-276,521,180.86	-152,086,814.06	124,434,366.80
2	-	-	-276,521,180.86	-152,086,814.06	124,434,366.80
3	-	-	-276,521,180.86	-152,086,814.06	124,434,366.80
4	-	-	-276,521,180.86	-152,086,814.06	124,434,366.80
5	-	-	-276,521,180.86	-152,086,814.06	124,434,366.80
6	-	-	-276,521,180.86	-152,086,814.06	124,434,366.80
7	-	-	-276,521,180.86	-152,086,814.06	124,434,366.80
8	-	-	-276,521,180.86	-152,086,814.06	124,434,366.80
9	-	-	-276,521,180.86	-152,086,814.06	124,434,366.80
10	-	-	-276,521,180.86	-152,086,814.06	124,434,366.80

NPV 792,701,914.63

ตารางที่ ง-16 การวิเคราะห์ส่วนเพิ่ม (Incremental analysis) จากมูลค่าสุทธิของโครงการที่ใช้แก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก เมื่อมีการเพิ่มราคาถ่านหิน 50 % ที่เตาขนาด 50 ตันต่อชั่วโมง อายุของโครงการ 10 ปี

ปีที่	ค่าใช้จ่าย				ค่าใช้จ่ายส่วนเพิ่ม
	ค่าลงทุนเริ่มต้น		ค่าดำเนินการรายปี		
	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	
0	-	-42,262,641.36	-	-	-42,262,641.36
1	-	-	-276,521,180.86	-160,625,182.95	115,895,997.90
2	-	-	-276,521,180.86	-160,625,182.95	115,895,997.90
3	-	-	-276,521,180.86	-160,625,182.95	115,895,997.90
4	-	-	-276,521,180.86	-160,625,182.95	115,895,997.90
5	-	-	-276,521,180.86	-160,625,182.95	115,895,997.90
6	-	-	-276,521,180.86	-160,625,182.95	115,895,997.90
7	-	-	-276,521,180.86	-160,625,182.95	115,895,997.90
8	-	-	-276,521,180.86	-160,625,182.95	115,895,997.90
9	-	-	-276,521,180.86	-160,625,182.95	115,895,997.90
10	-	-	-276,521,180.86	-160,625,182.95	115,895,997.90

NPV 735,408,776.25

ตารางที่ ง-17 การวิเคราะห์ส่วนเพิ่ม (Incremental analysis) จากมูลค่าสุทธิของโครงการที่ใช้แก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก เมื่อมีการลดลงของราคาถ่านหิน 10% ที่เตาขนาด 50 ตันต่อชั่วโมง อายุของโครงการ 10 ปี

ปีที่	ค่าใช้จ่าย				ค่าใช้จ่ายส่วนเพิ่ม
	ค่าลงทุนเริ่มต้น		ค่าดำเนินการรายปี		
	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	
0	-	-42,262,641.36	-	-	-42,262,641.36
1	-	-	-276,521,180.86	-109,394,969.56	167,126,211.29
2	-	-	-276,521,180.86	-109,394,969.56	167,126,211.29
3	-	-	-276,521,180.86	-109,394,969.56	167,126,211.29
4	-	-	-276,521,180.86	-109,394,969.56	167,126,211.29
5	-	-	-276,521,180.86	-109,394,969.56	167,126,211.29
6	-	-	-276,521,180.86	-109,394,969.56	167,126,211.29
7	-	-	-276,521,180.86	-109,394,969.56	167,126,211.29
8	-	-	-276,521,180.86	-109,394,969.56	167,126,211.29
9	-	-	-276,521,180.86	-109,394,969.56	167,126,211.29
10	-	-	-276,521,180.86	-109,394,969.56	167,126,211.29

NPV 1,079,167,606.52

ตารางที่ ง-18 การวิเคราะห์ส่วนเพิ่ม (Incremental analysis) จากมูลค่าสุทธิของโครงการที่ใช้แก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก เมื่อมีการลดลงของราคาถ่านหิน 20% ที่เตาขนาด 50 ตันต่อชั่วโมง อายุของโครงการ 10 ปี

ปีที่	ค่าใช้จ่าย				ค่าใช้จ่ายส่วนเพิ่ม
	ค่าลงทุนเริ่มต้น		ค่าดำเนินการรายปี		
	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	
0	-	-42,262,641.36	-	-	-42,262,641.36
1	-	-	-276,521,180.86	-94,025,905.55	182,495,275.31
2	-	-	-276,521,180.86	-94,025,905.55	182,495,275.31
3	-	-	-276,521,180.86	-94,025,905.55	182,495,275.31
4	-	-	-276,521,180.86	-94,025,905.55	182,495,275.31
5	-	-	-276,521,180.86	-94,025,905.55	182,495,275.31
6	-	-	-276,521,180.86	-94,025,905.55	182,495,275.31
7	-	-	-276,521,180.86	-94,025,905.55	182,495,275.31
8	-	-	-276,521,180.86	-94,025,905.55	182,495,275.31
9	-	-	-276,521,180.86	-94,025,905.55	182,495,275.31
10	-	-	-276,521,180.86	-94,025,905.55	182,495,275.31

NPV 1,182,295,255.61

ตารางที่ ง-19 การวิเคราะห์ส่วนเพิ่ม (Incremental analysis) จากมูลค่าสุทธิของโครงการที่ใช้แก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก เมื่อมีการลดลงของราคาถ่านหิน 30% ที่เตาขนาด 50 ตันต่อชั่วโมง อายุของโครงการ 10 ปี

ปีที่	ค่าใช้จ่าย				ค่าใช้จ่ายส่วนเพิ่ม
	ค่าลงทุนเริ่มต้น		ค่าดำเนินการรายปี		
	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	
0	-	-42,262,641.36	-	-	-42,262,641.36
1	-	-	-276,521,180.86	-75,583,028.72	200,938,152.13
2	-	-	-276,521,180.86	-75,583,028.72	200,938,152.13
3	-	-	-276,521,180.86	-75,583,028.72	200,938,152.13
4	-	-	-276,521,180.86	-75,583,028.72	200,938,152.13
5	-	-	-276,521,180.86	-75,583,028.72	200,938,152.13
6	-	-	-276,521,180.86	-75,583,028.72	200,938,152.13
7	-	-	-276,521,180.86	-75,583,028.72	200,938,152.13
8	-	-	-276,521,180.86	-75,583,028.72	200,938,152.13
9	-	-	-276,521,180.86	-75,583,028.72	200,938,152.13
10	-	-	-276,521,180.86	-75,583,028.72	200,938,152.13

NPV 1,306,048,434.50

ตารางที่ ง-20 การวิเคราะห์ส่วนเพิ่ม (Incremental analysis) จากมูลค่าสุทธิของโครงการที่ใช้แก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก เมื่อมีการลดลงของราคาถ่านหิน 40% ที่เตาขนาด 50 ตันต่อชั่วโมง อายุของโครงการ 10 ปี

ปีที่	ค่าใช้จ่าย				ค่าใช้จ่ายส่วนเพิ่ม
	ค่าลงทุนเริ่มต้น		ค่าดำเนินการรายปี		
	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	
0	-	-42,262,641.36	-	-	-42,262,641.36
1	-	-	-276,521,180.86	-58,369,677.03	218,151,503.83
2	-	-	-276,521,180.86	-58,369,677.03	218,151,503.83
3	-	-	-276,521,180.86	-58,369,677.03	218,151,503.83
4	-	-	-276,521,180.86	-58,369,677.03	218,151,503.83
5	-	-	-276,521,180.86	-58,369,677.03	218,151,503.83
6	-	-	-276,521,180.86	-58,369,677.03	218,151,503.83
7	-	-	-276,521,180.86	-58,369,677.03	218,151,503.83
8	-	-	-276,521,180.86	-58,369,677.03	218,151,503.83
9	-	-	-276,521,180.86	-58,369,677.03	218,151,503.83
10	-	-	-276,521,180.86	-58,369,677.03	218,151,503.83

NPV 1,421,551,401.47

ตารางที่ ง-21 การวิเคราะห์ส่วนเพิ่ม (Incremental analysis) จากมูลค่าสุทธิของโครงการที่ใช้แก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก เมื่อมีการลดลงของราคาถ่านหิน 50% ที่เตาขนาด 50 ตันต่อชั่วโมง อายุของโครงการ 10 ปี

ปีที่	ค่าใช้จ่าย				ค่าใช้จ่ายส่วนเพิ่ม
	ค่าลงทุนเริ่มต้น		ค่าดำเนินการรายปี		
	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	
0	-	-42,262,641.36	-	-	-42,262,641.36
1	-	-	-276,521,180.86	-45,459,663.25	231,061,517.61
2	-	-	-276,521,180.86	-45,459,663.25	231,061,517.61
3	-	-	-276,521,180.86	-45,459,663.25	231,061,517.61
4	-	-	-276,521,180.86	-45,459,663.25	231,061,517.61
5	-	-	-276,521,180.86	-45,459,663.25	231,061,517.61
6	-	-	-276,521,180.86	-45,459,663.25	231,061,517.61
7	-	-	-276,521,180.86	-45,459,663.25	231,061,517.61
8	-	-	-276,521,180.86	-45,459,663.25	231,061,517.61
9	-	-	-276,521,180.86	-45,459,663.25	231,061,517.61
10	-	-	-276,521,180.86	-45,459,663.25	231,061,517.61

NPV 1,508,178,626.70

ตารางที่ ง-22 การวิเคราะห์ส่วนเพิ่ม (Incremental analysis) จากมูลค่าสุทธิของโครงการที่ใช้แก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็กที่เตาขนาด 30 ตันต่อชั่วโมง อายุของโครงการ 10 ปี

ปีที่	ค่าใช้จ่าย				ค่าใช้จ่ายส่วนเพิ่ม
	ค่าลงทุนเริ่มต้น		ค่าดำเนินการรายปี		
	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	
0	-	-19,300,870.00			-19,300,870.00
1	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
2	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
3	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
4	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
5	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
6	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
7	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
8	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
9	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
10	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80

NPV 615,253,458.20

ตารางที่ ง-23 การวิเคราะห์ส่วนเพิ่ม (Incremental analysis) จากมูลค่าสุทธิของโครงการที่ใช้แก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก เมื่อมีการค่าลงทุนเพิ่มขึ้น 10 % ที่เตาขนาด 30 ตันต่อชั่วโมง อายุของโครงการ 10 ปี

ปีที่	ค่าใช้จ่าย				ค่าใช้จ่ายส่วนเพิ่ม
	ค่าลงทุนเริ่มต้น		ค่าดำเนินการรายปี		
	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	
0	-	-21,230,957.00			-21,230,957.00
1	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
2	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
3	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
4	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
5	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
6	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
7	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
8	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
9	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
10	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80

NPV 613,323,371.20

ตารางที่ ง-24 การวิเคราะห์ส่วนเพิ่ม (Incremental analysis) จากมูลค่าสุทธิของโครงการที่ใช้แก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก เมื่อมีการค่าลงทุน เพิ่มขึ้น 20 % ที่เตาขนาด 30 ตันต่อชั่วโมง อายุของโครงการ 10 ปี

ปีที่	ค่าใช้จ่าย				ค่าใช้จ่ายส่วนเพิ่ม
	ค่าลงทุนเริ่มต้น		ค่าดำเนินการรายปี		
	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	
0	-	-23,161,044.00			-23,161,044.00
1	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
2	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
3	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
4	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
5	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
6	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
7	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
8	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
9	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
10	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80

NPV 611,393,284.20

ตารางที่ ง-25 การวิเคราะห์ส่วนเพิ่ม (Incremental analysis) จากมูลค่าสุทธิของโครงการที่ใช้แก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก เมื่อมีการค่าลงทุนเพิ่มขึ้น 30 % ที่เตาขนาด 30 ตันต่อชั่วโมง อายุของโครงการ 10 ปี

ปีที่	ค่าใช้จ่าย				ค่าใช้จ่ายส่วนเพิ่ม
	ค่าลงทุนเริ่มต้น		ค่าดำเนินการรายปี		
	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	
0	-	-25,091,131.00			-25,091,131.00
1	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
2	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
3	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
4	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
5	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
6	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
7	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
8	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
9	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
10	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80

NPV 609,463,197.20

ตารางที่ ง-26 การวิเคราะห์ส่วนเพิ่ม (Incremental analysis) จากมูลค่าสุทธิของโครงการที่ใช้แก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก เมื่อมีการค่าลงทุนเพิ่มขึ้น 40 % ที่เตาขนาด 30 ตันต่อชั่วโมง อายุของโครงการ 10 ปี

ปีที่	ค่าใช้จ่าย				ค่าใช้จ่ายส่วนเพิ่ม
	ค่าลงทุนเริ่มต้น		ค่าดำเนินการรายปี		
	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	
0	-	-27,021,218.00			-27,021,218.00
1	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
2	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
3	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
4	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
5	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
6	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
7	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
8	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
9	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
10	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80

NPV 607,533,110.20

ตารางที่ ง-27 การวิเคราะห์ส่วนเพิ่ม (Incremental analysis) จากมูลค่าสุทธิของโครงการที่ใช้แก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก เมื่อมีการค่าลงทุน เพิ่มขึ้น 50 % ที่เตาขนาด 30 ตันต่อชั่วโมง อายุของโครงการ 10 ปี

ปีที่	ค่าใช้จ่าย				ค่าใช้จ่ายส่วนเพิ่ม
	ค่าลงทุนเริ่มต้น		ค่าดำเนินการรายปี		
	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	
0	-	-28,951,305.00			-28,951,305.00
1	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
2	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
3	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
4	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
5	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
6	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
7	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
8	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
9	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
10	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80

NPV 605,603,023.20

ตารางที่ ง-28 การวิเคราะห์ส่วนเพิ่ม (Incremental analysis) จากมูลค่าสุทธิของโครงการที่ใช้แก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก เมื่อมีการลดลงของค่าลงทุน 10 % ที่เตาขนาด 30 ตันต่อชั่วโมง อายุของโครงการ 10 ปี

ปีที่	ค่าใช้จ่าย				ค่าใช้จ่ายส่วนเพิ่ม
	ค่าลงทุนเริ่มต้น		ค่าดำเนินการรายปี		
	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	
0	-	-17,370,783.00			-17,370,783.00
1	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
2	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
3	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
4	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
5	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
6	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
7	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
8	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
9	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
10	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80

NPV 617,183,545.20

ตารางที่ ง-29 การวิเคราะห์ส่วนเพิ่ม (Incremental analysis) จากมูลค่าสุทธิของโครงการที่ใช้แก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก เมื่อมีการลดลงของค่าลงทุน 20 % ที่เตาขนาด 30 ตันต่อชั่วโมง อายุของโครงการ 10 ปี

ปีที่	ค่าใช้จ่าย				ค่าใช้จ่ายส่วนเพิ่ม
	ค่าลงทุนเริ่มต้น		ค่าดำเนินการรายปี		
	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	
0	-	-15,440,696.00			-15,440,696.00
1	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
2	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
3	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
4	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
5	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
6	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
7	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
8	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
9	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
10	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80

NPV 619,113,632.20

ตารางที่ ง-30 การวิเคราะห์ส่วนเพิ่ม (Incremental analysis) จากมูลค่าสุทธิของโครงการที่ใช้แก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก เมื่อมีการลดลงของค่าลงทุน 30 % ที่เตาขนาด 30 ตันต่อชั่วโมง อายุของโครงการ 10 ปี

ปีที่	ค่าใช้จ่าย				ค่าใช้จ่ายส่วนเพิ่ม
	ค่าลงทุนเริ่มต้น		ค่าดำเนินการรายปี		
	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	
0	-	-13,510,609.00			-13,510,609.00
1	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
2	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
3	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
4	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
5	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
6	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
7	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
8	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
9	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
10	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80

NPV 621,043,719.20

ตารางที่ ง-31 การวิเคราะห์ส่วนเพิ่ม (Incremental analysis) จากมูลค่าสุทธิของโครงการที่ใช้แก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก เมื่อมีการลดลงของค่าลงทุน 40 % ที่เตาขนาด 30 ตันต่อชั่วโมง อายุของโครงการ 10 ปี

ปีที่	ค่าใช้จ่าย				ค่าใช้จ่ายส่วนเพิ่ม
	ค่าลงทุนเริ่มต้น		ค่าดำเนินการรายปี		
	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	
0	-	-11,580,522.00			-11,580,522.00
1	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
2	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
3	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
4	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
5	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
6	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
7	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
8	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
9	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
10	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80

NPV 622,973,806.20

ตารางที่ ง-32 การวิเคราะห์ส่วนเพิ่ม (Incremental analysis) จากมูลค่าสุทธิของโครงการที่ใช้แก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก เมื่อมีการลดลงของค่าลงทุน 50 % ที่เตาขนาด 30 ตันต่อชั่วโมง อายุของโครงการ 10 ปี

ปีที่	ค่าใช้จ่าย				ค่าใช้จ่ายส่วนเพิ่ม
	ค่าลงทุนเริ่มต้น		ค่าดำเนินการรายปี		
	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	
0	-	-9,650,435.00			-9,650,435.00
1	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
2	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
3	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
4	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
5	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
6	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
7	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
8	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
9	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80
10	-	-	-162,150,023.77	-67,582,696.97	94,567,326.80

NPV 624,903,893.20

ตารางที่ ง-33 การวิเคราะห์ส่วนเพิ่ม (Incremental analysis) จากมูลค่าสุทธิของโครงการที่ใช้แก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก เมื่อมีการเพิ่มราคาถ่านหิน 10 % ที่เตาขนาด 30 ตันต่อชั่วโมง อายุของโครงการ 10 ปี

ปีที่	ค่าใช้จ่าย				ค่าใช้จ่ายส่วนเพิ่ม
	ค่าลงทุนเริ่มต้น		ค่าดำเนินการรายปี		
	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	
0	-	-19,300,870.00			-19,300,870.00
1	-	-	-162,150,023.77	-72,459,122.02	89,690,901.75
2	-	-	-162,150,023.77	-72,459,122.02	89,690,901.75
3	-	-	-162,150,023.77	-72,459,122.02	89,690,901.75
4	-	-	-162,150,023.77	-72,459,122.02	89,690,901.75
5	-	-	-162,150,023.77	-72,459,122.02	89,690,901.75
6	-	-	-162,150,023.77	-72,459,122.02	89,690,901.75
7	-	-	-162,150,023.77	-72,459,122.02	89,690,901.75
8	-	-	-162,150,023.77	-72,459,122.02	89,690,901.75
9	-	-	-162,150,023.77	-72,459,122.02	89,690,901.75
10	-	-	-162,150,023.77	-72,459,122.02	89,690,901.75

NPV 582,532,256.02

ตารางที่ ง-34 การวิเคราะห์ส่วนเพิ่ม (Incremental analysis) จากมูลค่าสุทธิของโครงการที่ใช้แก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก เมื่อมีการเพิ่มราคาถ่านหิน 20 % ที่เตาขนาด 30 ตันต่อชั่วโมง อายุของโครงการ 10 ปี

ปีที่	ค่าใช้จ่าย				ค่าใช้จ่ายส่วนเพิ่ม
	ค่าลงทุนเริ่มต้น		ค่าดำเนินการรายปี		
	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	
0	-	-19,300,870.00			-19,300,870.00
1	-	-	-162,150,023.77	-77,335,547.07	84,814,476.70
2	-	-	-162,150,023.77	-77,335,547.07	84,814,476.70
3	-	-	-162,150,023.77	-77,335,547.07	84,814,476.70
4	-	-	-162,150,023.77	-77,335,547.07	84,814,476.70
5	-	-	-162,150,023.77	-77,335,547.07	84,814,476.70
6	-	-	-162,150,023.77	-77,335,547.07	84,814,476.70
7	-	-	-162,150,023.77	-77,335,547.07	84,814,476.70
8	-	-	-162,150,023.77	-77,335,547.07	84,814,476.70
9	-	-	-162,150,023.77	-77,335,547.07	84,814,476.70
10	-	-	-162,150,023.77	-77,335,547.07	84,814,476.70

NPV 549,811,053.84

ตารางที่ ง-35 การวิเคราะห์ส่วนเพิ่ม (Incremental analysis) จากมูลค่าสุทธิของโครงการที่ใช้แก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก เมื่อมีการเพิ่มราคาถ่านหิน 30 % ที่เตาขนาด 30 ตันต่อชั่วโมง อายุของโครงการ 10 ปี

ปีที่	ค่าใช้จ่าย				ค่าใช้จ่ายส่วนเพิ่ม
	ค่าลงทุนเริ่มต้น		ค่าดำเนินการรายปี		
	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	
0	-	-19,300,870.00			-19,300,870.00
1	-	-	-162,150,023.77	-82,211,972.11	79,938,051.66
2	-	-	-162,150,023.77	-82,211,972.11	79,938,051.66
3	-	-	-162,150,023.77	-82,211,972.11	79,938,051.66
4	-	-	-162,150,023.77	-82,211,972.11	79,938,051.66
5	-	-	-162,150,023.77	-82,211,972.11	79,938,051.66
6	-	-	-162,150,023.77	-82,211,972.11	79,938,051.66
7	-	-	-162,150,023.77	-82,211,972.11	79,938,051.66
8	-	-	-162,150,023.77	-82,211,972.11	79,938,051.66
9	-	-	-162,150,023.77	-82,211,972.11	79,938,051.66
10	-	-	-162,150,023.77	-82,211,972.11	79,938,051.66

NPV 517,089,851.65

ตารางที่ ง-36 การวิเคราะห์ส่วนเพิ่ม (Incremental analysis) จากมูลค่าสุทธิของโครงการที่ใช้แก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก เมื่อมีการเพิ่มราคาถ่านหิน 40 % ที่เตาขนาด 30 ตันต่อชั่วโมง อายุของโครงการ 10 ปี

ปีที่	ค่าใช้จ่าย				ค่าใช้จ่ายส่วนเพิ่ม
	ค่าลงทุนเริ่มต้น		ค่าดำเนินการรายปี		
	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	
0	-	-19,300,870.00			-19,300,870.00
1	-	-	-162,150,023.77	-87,088,397.16	75,061,626.61
2	-	-	-162,150,023.77	-87,088,397.16	75,061,626.61
3	-	-	-162,150,023.77	-87,088,397.16	75,061,626.61
4	-	-	-162,150,023.77	-87,088,397.16	75,061,626.61
5	-	-	-162,150,023.77	-87,088,397.16	75,061,626.61
6	-	-	-162,150,023.77	-87,088,397.16	75,061,626.61
7	-	-	-162,150,023.77	-87,088,397.16	75,061,626.61
8	-	-	-162,150,023.77	-87,088,397.16	75,061,626.61
9	-	-	-162,150,023.77	-87,088,397.16	75,061,626.61
10	-	-	-162,150,023.77	-87,088,397.16	75,061,626.61

NPV 484,368,649.47

ตารางที่ ง-37 การวิเคราะห์ส่วนเพิ่ม (Incremental analysis) จากมูลค่าสุทธิของโครงการที่ใช้แก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก เมื่อมีการเพิ่มราคาถ่านหิน 50 % ที่เตาขนาด 30 ตันต่อชั่วโมง อายุของโครงการ 10 ปี

ปีที่	ค่าใช้จ่าย				ค่าใช้จ่ายส่วนเพิ่ม
	ค่าลงทุนเริ่มต้น		ค่าดำเนินการรายปี		
	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	
0	-	-19,300,870.00			-19,300,870.00
1	-	-	-162,150,023.77	-91,964,822.21	70,185,201.56
2	-	-	-162,150,023.77	-91,964,822.21	70,185,201.56
3	-	-	-162,150,023.77	-91,964,822.21	70,185,201.56
4	-	-	-162,150,023.77	-91,964,822.21	70,185,201.56
5	-	-	-162,150,023.77	-91,964,822.21	70,185,201.56
6	-	-	-162,150,023.77	-91,964,822.21	70,185,201.56
7	-	-	-162,150,023.77	-91,964,822.21	70,185,201.56
8	-	-	-162,150,023.77	-91,964,822.21	70,185,201.56
9	-	-	-162,150,023.77	-91,964,822.21	70,185,201.56
10	-	-	-162,150,023.77	-91,964,822.21	70,185,201.56

NPV 451,647,447.29

ตารางที่ ง-38 การวิเคราะห์ส่วนเพิ่ม (Incremental analysis) จากมูลค่าสุทธิของโครงการที่ใช้แก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก เมื่อมีการลดลงของราคาถ่านหิน 10 % ที่เตาขนาด 30 ตันต่อชั่วโมง อายุของโครงการ 10 ปี

ปีที่	ค่าใช้จ่าย				ค่าใช้จ่ายส่วนเพิ่ม
	ค่าลงทุนเริ่มต้น		ค่าดำเนินการรายปี		
	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	
0	-	-19,300,870.00			-19,300,870.00
1	-	-	-162,150,023.77	-62,706,271.92	99,443,751.84
2	-	-	-162,150,023.77	-62,706,271.92	99,443,751.84
3	-	-	-162,150,023.77	-62,706,271.92	99,443,751.84
4	-	-	-162,150,023.77	-62,706,271.92	99,443,751.84
5	-	-	-162,150,023.77	-62,706,271.92	99,443,751.84
6	-	-	-162,150,023.77	-62,706,271.92	99,443,751.84
7	-	-	-162,150,023.77	-62,706,271.92	99,443,751.84
8	-	-	-162,150,023.77	-62,706,271.92	99,443,751.84
9	-	-	-162,150,023.77	-62,706,271.92	99,443,751.84
10	-	-	-162,150,023.77	-62,706,271.92	99,443,751.84

NPV 647,974,660.38

ตารางที่ ง-39 การวิเคราะห์ส่วนเพิ่ม (Incremental analysis) จากมูลค่าสุทธิของโครงการที่ใช้แก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก เมื่อมีการลดลงของราคาถ่านหิน 20 % ที่เตาขนาด 30 ตันต่อชั่วโมง อายุของโครงการ 10 ปี

ปีที่	ค่าใช้จ่าย				ค่าใช้จ่ายส่วนเพิ่ม
	ค่าลงทุนเริ่มต้น		ค่าดำเนินการรายปี		
	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	
0	-	-19,300,870.00			-19,300,870.00
1	-	-	-162,150,023.77	-53,928,706.84	108,221,316.93
2	-	-	-162,150,023.77	-53,928,706.84	108,221,316.93
3	-	-	-162,150,023.77	-53,928,706.84	108,221,316.93
4	-	-	-162,150,023.77	-53,928,706.84	108,221,316.93
5	-	-	-162,150,023.77	-53,928,706.84	108,221,316.93
6	-	-	-162,150,023.77	-53,928,706.84	108,221,316.93
7	-	-	-162,150,023.77	-53,928,706.84	108,221,316.93
8	-	-	-162,150,023.77	-53,928,706.84	108,221,316.93
9	-	-	-162,150,023.77	-53,928,706.84	108,221,316.93
10	-	-	-162,150,023.77	-53,928,706.84	108,221,316.93

NPV 706,872,824.30

ตารางที่ ง-40 การวิเคราะห์ส่วนเพิ่ม (Incremental analysis) จากมูลค่าสุทธิของโครงการที่ใช้แก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก เมื่อมีการลดลงของราคาถ่านหิน 30 % ที่เตาขนาด 30 ตันต่อชั่วโมง อายุของโครงการ 10 ปี

ปีที่	ค่าใช้จ่าย				ค่าใช้จ่ายส่วนเพิ่ม
	ค่าลงทุนเริ่มต้น		ค่าดำเนินการรายปี		
	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	
0	-	-19,300,870.00			-19,300,870.00
1	-	-	-162,150,023.77	-43,395,628.74	118,754,395.03
2	-	-	-162,150,023.77	-43,395,628.74	118,754,395.03
3	-	-	-162,150,023.77	-43,395,628.74	118,754,395.03
4	-	-	-162,150,023.77	-43,395,628.74	118,754,395.03
5	-	-	-162,150,023.77	-43,395,628.74	118,754,395.03
6	-	-	-162,150,023.77	-43,395,628.74	118,754,395.03
7	-	-	-162,150,023.77	-43,395,628.74	118,754,395.03
8	-	-	-162,150,023.77	-43,395,628.74	118,754,395.03
9	-	-	-162,150,023.77	-43,395,628.74	118,754,395.03
10	-	-	-162,150,023.77	-43,395,628.74	118,754,395.03

NPV 777,550,621.01

ตารางที่ ง-41 การวิเคราะห์ส่วนเพิ่ม (Incremental analysis) จากมูลค่าสุทธิของโครงการที่ใช้แก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก เมื่อมีการลดลงของราคาถ่านหิน40% ที่เตาขนาด 30 ตันต่อชั่วโมง อายุของโครงการ 10 ปี

ปีที่	ค่าใช้จ่าย				ค่าใช้จ่ายส่วนเพิ่ม
	ค่าลงทุนเริ่มต้น		ค่าดำเนินการรายปี		
	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	
0	-	-19,300,870.00			-19,300,870.00
1	-	-	-162,150,023.77	-33,564,755.84	128,585,267.93
2	-	-	-162,150,023.77	-33,564,755.84	128,585,267.93
3	-	-	-162,150,023.77	-33,564,755.84	128,585,267.93
4	-	-	-162,150,023.77	-33,564,755.84	128,585,267.93
5	-	-	-162,150,023.77	-33,564,755.84	128,585,267.93
6	-	-	-162,150,023.77	-33,564,755.84	128,585,267.93
7	-	-	-162,150,023.77	-33,564,755.84	128,585,267.93
8	-	-	-162,150,023.77	-33,564,755.84	128,585,267.93
9	-	-	-162,150,023.77	-33,564,755.84	128,585,267.93
10	-	-	-162,150,023.77	-33,564,755.84	128,585,267.93

NPV 843,516,564.61

ตารางที่ ง-42 การวิเคราะห์ส่วนเพิ่ม (Incremental analysis) จากมูลค่าสุทธิของโครงการที่ใช้แก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก เมื่อมีการลดลงของราคาถ่านหิน50% ที่เตาขนาด 30 ตันต่อชั่วโมง อายุของโครงการ 10 ปี

ปีที่	ค่าใช้จ่าย				ค่าใช้จ่ายส่วนเพิ่ม
	ค่าลงทุนเริ่มต้น		ค่าดำเนินการรายปี		
	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	
0	-	-19,300,870.00			-19,300,870.00
1	-	-	-162,150,023.77	-26,191,601.17	135,958,422.60
2	-	-	-162,150,023.77	-26,191,601.17	135,958,422.60
3	-	-	-162,150,023.77	-26,191,601.17	135,958,422.60
4	-	-	-162,150,023.77	-26,191,601.17	135,958,422.60
5	-	-	-162,150,023.77	-26,191,601.17	135,958,422.60
6	-	-	-162,150,023.77	-26,191,601.17	135,958,422.60
7	-	-	-162,150,023.77	-26,191,601.17	135,958,422.60
8	-	-	-162,150,023.77	-26,191,601.17	135,958,422.60
9	-	-	-162,150,023.77	-26,191,601.17	135,958,422.60
10	-	-	-162,150,023.77	-26,191,601.17	135,958,422.60

NPV 892,991,022.31

ตารางที่ ง-43 การวิเคราะห์ส่วนเพิ่ม (Incremental analysis) จากมูลค่าสุทธิของโครงการที่ใช้แก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็กที่เตาขนาด 12 ตันต่อชั่วโมง อายุของโครงการ 10 ปี

ปีที่	ค่าใช้จ่าย				ค่าใช้จ่ายส่วนเพิ่ม
	ค่าลงทุนเริ่มต้น		ค่าดำเนินการรายปี		
	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	
0	-	-10,251,574.86			-10,251,574.86
1	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
2	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
3	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
4	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
5	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
6	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
7	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
8	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
9	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
10	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20

NPV 244,117,145.21

ตารางที่ ง-44 การวิเคราะห์ส่วนเพิ่ม (Incremental analysis) จากมูลค่าสุทธิของโครงการที่ใช้แก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก เมื่อมีการค่าลงทุน เพิ่มขึ้น 10 % ที่เตาขนาด 12 ตันต่อชั่วโมง อายุของโครงการ 10 ปี

ปีที่	ค่าใช้จ่าย				ค่าใช้จ่ายส่วนเพิ่ม
	ค่าลงทุนเริ่มต้น		ค่าดำเนินการรายปี		
	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	
0	-	-11,276,732.34			-11,276,732.34
1	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
2	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
3	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
4	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
5	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
6	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
7	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
8	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
9	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
10	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20

NPV 243,091,987.73

ตารางที่ ง-45 การวิเคราะห์ส่วนเพิ่ม (Incremental analysis) จากมูลค่าสุทธิของโครงการที่ใช้แก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก เมื่อมีการค่าลงทุน เพิ่มขึ้น 10 % ที่เตาขนาด 12 ตันต่อชั่วโมง อายุของโครงการ 10 ปี

ปีที่	ค่าใช้จ่าย				ค่าใช้จ่ายส่วนเพิ่ม
	ค่าลงทุนเริ่มต้น		ค่าดำเนินการรายปี		
	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	
0	-	-11,276,732.34			-11,276,732.34
1	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
2	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
3	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
4	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
5	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
6	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
7	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
8	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
9	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
10	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20

NPV 243,091,987.73

ตารางที่ ง-46 การวิเคราะห์ส่วนเพิ่ม (Incremental analysis) จากมูลค่าสุทธิของโครงการที่ใช้แก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก เมื่อมีการค่าลงทุน เพิ่มขึ้น 20 % ที่เตาขนาด 12 ตันต่อชั่วโมง อายุของโครงการ 10 ปี

ปีที่	ค่าใช้จ่าย				ค่าใช้จ่ายส่วนเพิ่ม
	ค่าลงทุนเริ่มต้น		ค่าดำเนินการรายปี		
	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	
0	-	-12,301,889.83			-12,301,889.83
1	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
2	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
3	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
4	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
5	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
6	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
7	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
8	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
9	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
10	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20

NPV 242,066,830.24

ตารางที่ ง-47 การวิเคราะห์ส่วนเพิ่ม (Incremental analysis) จากมูลค่าสุทธิของโครงการที่ใช้แก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก เมื่อมีการค่าลงทุน เพิ่มขึ้น 30 % ที่เตาขนาด 12 ตันต่อชั่วโมง อายุของโครงการ 10 ปี

ปีที่	ค่าใช้จ่าย				ค่าใช้จ่ายส่วนเพิ่ม
	ค่าลงทุนเริ่มต้น		ค่าดำเนินการรายปี		
	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	
0	-	-13,327,047.31			-13,327,047.31
1	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
2	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
3	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
4	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
5	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
6	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
7	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
8	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
9	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
10	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20

NPV 241,041,672.76

ตารางที่ ง-48 การวิเคราะห์ส่วนเพิ่ม (Incremental analysis) จากมูลค่าสุทธิของโครงการที่ใช้แก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก เมื่อมีการค่าลงทุน เพิ่มขึ้น 40 % ที่เตาขนาด 12 ตันต่อชั่วโมง อายุของโครงการ 10 ปี

ปีที่	ค่าใช้จ่าย				ค่าใช้จ่ายส่วนเพิ่ม
	ค่าลงทุนเริ่มต้น		ค่าดำเนินการรายปี		
	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	
0	-	-14,352,204.80			-14,352,204.80
1	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
2	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
3	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
4	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
5	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
6	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
7	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
8	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
9	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
10	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20

NPV 240,016,515.27

ตารางที่ ง-49 การวิเคราะห์ส่วนเพิ่ม (Incremental analysis) จากมูลค่าสุทธิของโครงการที่ใช้แก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก เมื่อมีการค่าลงทุน เพิ่มขึ้น 50 % ที่เตาขนาด 12 ตันต่อชั่วโมง อายุของโครงการ 10 ปี

ปีที่	ค่าใช้จ่าย				ค่าใช้จ่ายส่วนเพิ่ม
	ค่าลงทุนเริ่มต้น		ค่าดำเนินการรายปี		
	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	
0	-	-15,377,362.29			-15,377,362.29
1	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
2	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
3	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
4	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
5	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
6	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
7	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
8	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
9	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
10	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20

NPV 238,991,357.79

ตารางที่ ง-50 การวิเคราะห์ส่วนเพิ่ม (Incremental analysis) จากมูลค่าสุทธิของโครงการที่ใช้แก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก เมื่อมีการลดลงของค่าลงทุน 10 % ที่เตาขนาด 12 ตันต่อชั่วโมง อายุของโครงการ 10 ปี

ปีที่	ค่าใช้จ่าย				ค่าใช้จ่ายส่วนเพิ่ม
	ค่าลงทุนเริ่มต้น		ค่าดำเนินการรายปี		
	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	
0	-	-9,226,417.37			-9,226,417.37
1	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
2	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
3	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
4	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
5	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
6	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
7	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
8	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
9	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
10	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20

NPV 245,142,302.70

ตารางที่ ง-51 การวิเคราะห์ส่วนเพิ่ม (Incremental analysis) จากมูลค่าสุทธิของโครงการที่ใช้แก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก เมื่อมีการลดลงของค่าลงทุน 20 % ที่เตาขนาด 12 ตันต่อชั่วโมง อายุของโครงการ 10 ปี

ปีที่	ค่าใช้จ่าย				ค่าใช้จ่ายส่วนเพิ่ม
	ค่าลงทุนเริ่มต้น		ค่าดำเนินการรายปี		
	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	
0	-	-8,201,259.89			-8,201,259.89
1	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
2	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
3	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
4	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
5	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
6	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
7	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
8	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
9	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
10	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20

NPV 246,167,460.19

ตารางที่ ง-52 การวิเคราะห์ส่วนเพิ่ม (Incremental analysis) จากมูลค่าสุทธิของโครงการที่ใช้แก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก เมื่อมีการลดลงของค่าลงทุน 30 % ที่เตาขนาด 12 ตันต่อชั่วโมง อายุของโครงการ 10 ปี

ปีที่	ค่าใช้จ่าย				ค่าใช้จ่ายส่วนเพิ่ม
	ค่าลงทุนเริ่มต้น		ค่าดำเนินการรายปี		
	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	
0	-	-7,176,102.40			-7,176,102.40
1	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
2	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
3	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
4	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
5	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
6	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
7	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
8	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
9	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
10	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20

NPV 247,192,617.67

ตารางที่ ง-53 การวิเคราะห์ส่วนเพิ่ม (Incremental analysis) จากมูลค่าสุทธิของโครงการที่ใช้แก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก เมื่อมีการลดลงของค่าลงทุน 40 % ที่เตาขนาด 12 ตันต่อชั่วโมง อายุของโครงการ 10 ปี

ปีที่	ค่าใช้จ่าย				ค่าใช้จ่ายส่วนเพิ่ม
	ค่าลงทุนเริ่มต้น		ค่าดำเนินการรายปี		
	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	
0	-	-6,150,944.91			-6,150,944.91
1	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
2	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
3	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
4	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
5	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
6	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
7	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
8	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
9	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
10	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20

NPV 248,217,775.16

ตารางที่ ง-54 การวิเคราะห์ส่วนเพิ่ม (Incremental analysis) จากมูลค่าสุทธิของโครงการที่ใช้แก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก เมื่อมีการลดลงของค่าลงทุน 50% ที่เตาขนาด 12 ตันต่อชั่วโมง อายุของโครงการ 10 ปี

ปีที่	ค่าใช้จ่าย				ค่าใช้จ่ายส่วนเพิ่ม
	ค่าลงทุนเริ่มต้น		ค่าดำเนินการรายปี		
	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	
0	-	-5,125,787.43			-5,125,787.43
1	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
2	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
3	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
4	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
5	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
6	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
7	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
8	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
9	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20
10	-	-	-72,615,838.22	-34,707,390.03	37,908,448.20

NPV 249,242,932.64

ตารางที่ ง-55 การวิเคราะห์ส่วนเพิ่ม (Incremental analysis) จากมูลค่าสุทธิของโครงการที่ใช้แก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก เมื่อมีการเพิ่มราคาถ่านหิน 10 % ที่เตาขนาด 12 ตันต่อชั่วโมง อายุของโครงการ 10 ปี

ปีที่	ค่าใช้จ่าย				ค่าใช้จ่ายส่วนเพิ่ม
	ค่าลงทุนเริ่มต้น		ค่าดำเนินการรายปี		
	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	
0	-	-10,251,574.86			-10,251,574.86
1	-	-	-72,615,838.22	-36,964,205.01	35,651,633.21
2	-	-	-72,615,838.22	-36,964,205.01	35,651,633.21
3	-	-	-72,615,838.22	-36,964,205.01	35,651,633.21
4	-	-	-72,615,838.22	-36,964,205.01	35,651,633.21
5	-	-	-72,615,838.22	-36,964,205.01	35,651,633.21
6	-	-	-72,615,838.22	-36,964,205.01	35,651,633.21
7	-	-	-72,615,838.22	-36,964,205.01	35,651,633.21
8	-	-	-72,615,838.22	-36,964,205.01	35,651,633.21
9	-	-	-72,615,838.22	-36,964,205.01	35,651,633.21
10	-	-	-72,615,838.22	-36,964,205.01	35,651,633.21

NPV 228,973,736.13

ตารางที่ ง-56 การวิเคราะห์ส่วนเพิ่ม (Incremental analysis) จากมูลค่าสุทธิของโครงการที่ใช้แก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก เมื่อมีการเพิ่มราคาถ่านหิน 20 % ที่เตาขนาด 12 ตันต่อชั่วโมง อายุของโครงการ 10 ปี

ปีที่	ค่าใช้จ่าย				ค่าใช้จ่ายส่วนเพิ่ม
	ค่าลงทุนเริ่มต้น		ค่าดำเนินการรายปี		
	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	
0	-	-10,251,574.86			-10,251,574.86
1	-	-	-72,615,838.22	-39,221,019.99	33,394,818.23
2	-	-	-72,615,838.22	-39,221,019.99	33,394,818.23
3	-	-	-72,615,838.22	-39,221,019.99	33,394,818.23
4	-	-	-72,615,838.22	-39,221,019.99	33,394,818.23
5	-	-	-72,615,838.22	-39,221,019.99	33,394,818.23
6	-	-	-72,615,838.22	-39,221,019.99	33,394,818.23
7	-	-	-72,615,838.22	-39,221,019.99	33,394,818.23
8	-	-	-72,615,838.22	-39,221,019.99	33,394,818.23
9	-	-	-72,615,838.22	-39,221,019.99	33,394,818.23
10	-	-	-72,615,838.22	-39,221,019.99	33,394,818.23

NPV 213,830,327.05

ตารางที่ ง-57 การวิเคราะห์ส่วนเพิ่ม (Incremental analysis) จากมูลค่าสุทธิของโครงการที่ใช้แก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก เมื่อมีการเพิ่มราคาถ่านหิน 30 % ที่เตาขนาด 12 ตันต่อชั่วโมง อายุของโครงการ 10 ปี

ปีที่	ค่าใช้จ่าย				ค่าใช้จ่ายส่วนเพิ่ม
	ค่าลงทุนเริ่มต้น		ค่าดำเนินการรายปี		
	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	
0	-	-10,251,574.86			-10,251,574.86
1	-	-	-72,615,838.22	-41,477,834.98	31,138,003.25
2	-	-	-72,615,838.22	-41,477,834.98	31,138,003.25
3	-	-	-72,615,838.22	-41,477,834.98	31,138,003.25
4	-	-	-72,615,838.22	-41,477,834.98	31,138,003.25
5	-	-	-72,615,838.22	-41,477,834.98	31,138,003.25
6	-	-	-72,615,838.22	-41,477,834.98	31,138,003.25
7	-	-	-72,615,838.22	-41,477,834.98	31,138,003.25
8	-	-	-72,615,838.22	-41,477,834.98	31,138,003.25
9	-	-	-72,615,838.22	-41,477,834.98	31,138,003.25
10	-	-	-72,615,838.22	-41,477,834.98	31,138,003.25

NPV 198,686,917.97

ตารางที่ ง-58 การวิเคราะห์ส่วนเพิ่ม (Incremental analysis) จากมูลค่าสุทธิของโครงการที่ใช้แก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก เมื่อมีการเพิ่มราคาถ่านหิน 40 % ที่เตาขนาด 12 ตันต่อชั่วโมง อายุของโครงการ 10 ปี

ปีที่	ค่าใช้จ่าย				ค่าใช้จ่ายส่วนเพิ่ม
	ค่าลงทุนเริ่มต้น		ค่าดำเนินการรายปี		
	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	
0	-	-10,251,574.86			-10,251,574.86
1	-	-	-72,615,838.22	-43,734,649.96	28,881,188.26
2	-	-	-72,615,838.22	-43,734,649.96	28,881,188.26
3	-	-	-72,615,838.22	-43,734,649.96	28,881,188.26
4	-	-	-72,615,838.22	-43,734,649.96	28,881,188.26
5	-	-	-72,615,838.22	-43,734,649.96	28,881,188.26
6	-	-	-72,615,838.22	-43,734,649.96	28,881,188.26
7	-	-	-72,615,838.22	-43,734,649.96	28,881,188.26
8	-	-	-72,615,838.22	-43,734,649.96	28,881,188.26
9	-	-	-72,615,838.22	-43,734,649.96	28,881,188.26
10	-	-	-72,615,838.22	-43,734,649.96	28,881,188.26

NPV 183,543,508.89

ตารางที่ ง-59 การวิเคราะห์ส่วนเพิ่ม (Incremental analysis) จากมูลค่าสุทธิของโครงการที่ใช้แก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก เมื่อมีการเพิ่มราคาถ่านหิน 50 % ที่เตาขนาด 12 ตันต่อชั่วโมง อายุของโครงการ 10 ปี

ปีที่	ค่าใช้จ่าย				ค่าใช้จ่ายส่วนเพิ่ม
	ค่าลงทุนเริ่มต้น		ค่าดำเนินการรายปี		
	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	
0	-	-10,251,574.86			-10,251,574.86
1	-	-	-72,615,838.22	-45,991,464.94	26,624,373.28
2	-	-	-72,615,838.22	-45,991,464.94	26,624,373.28
3	-	-	-72,615,838.22	-45,991,464.94	26,624,373.28
4	-	-	-72,615,838.22	-45,991,464.94	26,624,373.28
5	-	-	-72,615,838.22	-45,991,464.94	26,624,373.28
6	-	-	-72,615,838.22	-45,991,464.94	26,624,373.28
7	-	-	-72,615,838.22	-45,991,464.94	26,624,373.28
8	-	-	-72,615,838.22	-45,991,464.94	26,624,373.28
9	-	-	-72,615,838.22	-45,991,464.94	26,624,373.28
10	-	-	-72,615,838.22	-45,991,464.94	26,624,373.28

NPV 168,400,099.81

ตารางที่ ง-60 การวิเคราะห์ส่วนเพิ่ม (Incremental analysis) จากมูลค่าสุทธิของโครงการที่ใช้แก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก เมื่อมีการลดลงของราคาถ่านหิน10% ที่เตาขนาด 12 ตันต่อชั่วโมง อายุของโครงการ 10 ปี

ปีที่	ค่าใช้จ่าย				ค่าใช้จ่ายส่วนเพิ่ม
	ค่าลงทุนเริ่มต้น		ค่าดำเนินการรายปี		
	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	
0	-	-10,251,574.86			-10,251,574.86
1	-	-	-72,615,838.22	-32,450,575.05	40,165,263.18
2	-	-	-72,615,838.22	-32,450,575.05	40,165,263.18
3	-	-	-72,615,838.22	-32,450,575.05	40,165,263.18
4	-	-	-72,615,838.22	-32,450,575.05	40,165,263.18
5	-	-	-72,615,838.22	-32,450,575.05	40,165,263.18
6	-	-	-72,615,838.22	-32,450,575.05	40,165,263.18
7	-	-	-72,615,838.22	-32,450,575.05	40,165,263.18
8	-	-	-72,615,838.22	-32,450,575.05	40,165,263.18
9	-	-	-72,615,838.22	-32,450,575.05	40,165,263.18
10	-	-	-72,615,838.22	-32,450,575.05	40,165,263.18

NPV 259,260,554.29

ตารางที่ ง-61 การวิเคราะห์ส่วนเพิ่ม (Incremental analysis) จากมูลค่าสุทธิของโครงการที่ใช้แก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก เมื่อมีการลดลงของราคาถ่านหิน20% ที่เตาขนาด 12 ตันต่อชั่วโมง อายุของโครงการ 10 ปี

ปีที่	ค่าใช้จ่าย				ค่าใช้จ่ายส่วนเพิ่ม
	ค่าลงทุนเริ่มต้น		ค่าดำเนินการรายปี		
	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	
0	-	-10,251,574.86			-10,251,574.86
1	-	-	-72,615,838.22	-28,388,308.08	44,227,530.15
2	-	-	-72,615,838.22	-28,388,308.08	44,227,530.15
3	-	-	-72,615,838.22	-28,388,308.08	44,227,530.15
4	-	-	-72,615,838.22	-28,388,308.08	44,227,530.15
5	-	-	-72,615,838.22	-28,388,308.08	44,227,530.15
6	-	-	-72,615,838.22	-28,388,308.08	44,227,530.15
7	-	-	-72,615,838.22	-28,388,308.08	44,227,530.15
8	-	-	-72,615,838.22	-28,388,308.08	44,227,530.15
9	-	-	-72,615,838.22	-28,388,308.08	44,227,530.15
10	-	-	-72,615,838.22	-28,388,308.08	44,227,530.15

NPV 286,518,690.64

ตารางที่ ง-62 การวิเคราะห์ส่วนเพิ่ม (Incremental analysis) จากมูลค่าสุทธิของโครงการที่ใช้แก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก เมื่อมีการลดลงของราคาถ่านหิน30% ที่เตาขนาด 12 ตันต่อชั่วโมง อายุของโครงการ 10 ปี

ปีที่	ค่าใช้จ่าย				ค่าใช้จ่ายส่วนเพิ่ม
	ค่าลงทุนเริ่มต้น		ค่าดำเนินการรายปี		
	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	
0	-	-10,251,574.86			-10,251,574.86
1	-	-	-72,615,838.22	-23,513,587.71	49,102,250.51
2	-	-	-72,615,838.22	-23,513,587.71	49,102,250.51
3	-	-	-72,615,838.22	-23,513,587.71	49,102,250.51
4	-	-	-72,615,838.22	-23,513,587.71	49,102,250.51
5	-	-	-72,615,838.22	-23,513,587.71	49,102,250.51
6	-	-	-72,615,838.22	-23,513,587.71	49,102,250.51
7	-	-	-72,615,838.22	-23,513,587.71	49,102,250.51
8	-	-	-72,615,838.22	-23,513,587.71	49,102,250.51
9	-	-	-72,615,838.22	-23,513,587.71	49,102,250.51
10	-	-	-72,615,838.22	-23,513,587.71	49,102,250.51

NPV 319,228,454.25

ตารางที่ ง-63 การวิเคราะห์ส่วนเพิ่ม (Incremental analysis) จากมูลค่าสุทธิของโครงการที่ใช้แก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก เมื่อมีการลดลงของราคาถ่านหิน40% ที่เตาขนาด 12 ตันต่อชั่วโมง อายุของโครงการ 10 ปี

ปีที่	ค่าใช้จ่าย				ค่าใช้จ่ายส่วนเพิ่ม
	ค่าลงทุนเริ่มต้น		ค่าดำเนินการรายปี		
	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	
0	-	-10,251,574.86			-10,251,574.86
1	-	-	-72,615,838.22	-18,963,848.71	53,651,989.52
2	-	-	-72,615,838.22	-18,963,848.71	53,651,989.52
3	-	-	-72,615,838.22	-18,963,848.71	53,651,989.52
4	-	-	-72,615,838.22	-18,963,848.71	53,651,989.52
5	-	-	-72,615,838.22	-18,963,848.71	53,651,989.52
6	-	-	-72,615,838.22	-18,963,848.71	53,651,989.52
7	-	-	-72,615,838.22	-18,963,848.71	53,651,989.52
8	-	-	-72,615,838.22	-18,963,848.71	53,651,989.52
9	-	-	-72,615,838.22	-18,963,848.71	53,651,989.52
10	-	-	-72,615,838.22	-18,963,848.71	53,651,989.52

NPV 349,757,566.96

ตารางที่ ง-64 การวิเคราะห์ส่วนเพิ่ม (Incremental analysis) จากมูลค่าสุทธิของโครงการที่ใช้แก๊สจากถ่านหินทดแทนการใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมการผลิตเหล็ก เมื่อมีการลดลงของราคาถ่านหิน50% ที่เตาขนาด 12 ตันต่อชั่วโมง อายุของโครงการ 10 ปี

ปีที่	ค่าใช้จ่าย				ค่าใช้จ่ายส่วนเพิ่ม
	ค่าลงทุนเริ่มต้น		ค่าดำเนินการรายปี		
	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	น้ำมันเตา	ถ่านหิน	
0	-	-10,251,574.86			-10,251,574.86
1	-	-	-72,615,838.22	-15,551,544.45	57,064,293.77
2	-	-	-72,615,838.22	-15,551,544.45	57,064,293.77
3	-	-	-72,615,838.22	-15,551,544.45	57,064,293.77
4	-	-	-72,615,838.22	-15,551,544.45	57,064,293.77
5	-	-	-72,615,838.22	-15,551,544.45	57,064,293.77
6	-	-	-72,615,838.22	-15,551,544.45	57,064,293.77
7	-	-	-72,615,838.22	-15,551,544.45	57,064,293.77
8	-	-	-72,615,838.22	-15,551,544.45	57,064,293.77
9	-	-	-72,615,838.22	-15,551,544.45	57,064,293.77
10	-	-	-72,615,838.22	-15,551,544.45	57,064,293.77

NPV 372,654,401.49

ภาคผนวก จ

การวิเคราะห์เปรียบเทียบเชื้อเพลิง

การเปรียบเทียบเชื้อเพลิง

เนื่องด้วยเชื้อเพลิงมีการใช้ปัจจุบันของโรงงานเหล็กนอกเหนือจากการน้ำมันเตาและถ่านหิน(แก๊สเชื้อเพลิงจากถ่านหิน) ยังประกอบไปด้วยเชื้อเพลิง LPG และ NGV ซึ่งเชื้อเพลิงแต่ละชนิดจะมีความแตกต่างกันของราคาเชื้อเพลิงและค่าความร้อนที่เกิดขึ้นโดยสามารถแสดงได้ดังตารางต่อไปนี้

เชื้อเพลิง	หน่วย	ค่าความร้อน (BTU/Unit)	ราคาเชื้อเพลิง (THB/Unit)
น้ำมันเตา	Liter	37,693	23.8309
ถ่านหิน(โจร่ง)	kg	21,029	2.995509
LPG	kg	25,380	21.13
NGV	kg	35,947	10.50

*ราคาที่ใช้ในการอ้างอิงเป็นราคาช่วงเดือนพฤษภาคม ปี พ.ศ. 2555

ที่มา : ราคาน้ำมันเตา LPG NGV การพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.)

จากตารางแสดงให้เห็นว่าเมื่อพิจารณาที่ราคาเชื้อเพลิงต่อกิโลกรัมจะพบว่าน้ำมันเตามีราคามากที่สุดเมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงอื่น จึงทำให้เชื้อเพลิงที่ถูกกว่าคือ LPG และ NGV ไม่ถูกนำมาพิจารณา เนื่องจากมีราคาที่ต่ำกว่าน้ำมันเตาต่อหน่วย โดยจะเห็นได้ว่าถ่านหินมีราคาต่ำกว่าน้ำมันเตามากคือประมาณ 8 เท่าแต่เมื่อมาพิจารณาในส่วนค่าความร้อนที่ให้ต่อหน่วย จะเห็นได้ว่า ค่าความร้อนต่อหน่วยของน้ำมันเตามีค่ามากกว่าถ่านหินและราคาเชื้อเพลิงที่ค่าความร้อนต่อหน่วยจะพบว่าค่าของน้ำมันเตาก็ยังคงมีค่ามากกว่าถ่านหินถึงแม้ที่ค่าความร้อนของถ่านหินต่ำกว่าน้ำมันเตา แต่ราคาของถ่านหินต่ำกว่าน้ำมันเตา จึงส่งผลให้เมื่อพิจารณาที่ค่าความร้อนเดียวกันของเชื้อเพลิงทั้งสองชนิดพบว่า ราคาต่อค่าความร้อนของถ่านหินมีค่าต่ำที่สุดซึ่งจากการศึกษาพบว่ามีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันกับงานวิจัยที่ผ่านมา [5,22]

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวพุทธิพร เล็กขาว เกิดวันที่ 6 มกราคม พ.ศ.2532 ที่จังหวัดสระบุรี สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย บูรพา ในปีการศึกษา 2552 จากนั้นได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในภาคการศึกษาต้น ปีการศึกษา 2553