สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การลดปริมาณการใช้ก๊าซธรรมชาติในกระบวนการผลิตผงซักฟอกชนิดธรรมดา

T045689

นางสาวชุติมา คันธิก
นางสาวณัฐยา บุญสมบัติ

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 45689
วัน, เดือน, ปี 13 ก.พ. 2546

.b.....
.i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมเคมี
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Reduction of Natural Gas Used in a Non-Soap Detergent Making Process

Miss Chutima Cuntig

Miss Nattaya Boonsombat

A Report Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Bachelor of Chemical Engineering

Faculty of Engineering

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

2001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรื่อง	การลดปริมาณก๊าซธรรมชาติในกระบวนการผลิตผงซักฟอกชนิดธรรมดา
โดย	นางสาวชุติมา คันธิก
	นางสาวณัฐยา บุญสมบัติ
	ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.อัญชลีพร วาริทสวัสดิ์ หล่อทองคำ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	คุณพิชเยนทร์ ตันประเสริฐ
	ผู้จัดการฝ่ายผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ในครัวเรือน
	บริษัท ยูนิลิเวอร์ ไทย โฮลดิ้ง จำกัด

ปริญญานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี

คณะกรรมการตรวจสอบปริญญานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผศ.ดร.อัญชลีพร วาริทสวัสดิ์ หล่อทองคำ)

.....กรรมการ
(อาจารย์บุญชัย โชติวิริยวาณิชย์)

.....กรรมการ
(อาจารย์รื่นฤดี เบญจางคประเสริฐ)

.....กรรมการ
(คุณพิชเยนทร์ ตันประเสริฐ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรื่อง	การลดปริมาณก๊าซธรรมชาติในกระบวนการผลิตผงซักฟอกชนิดธรรมดา
โดย	นางสาวชุติมา คันธิก
	นางสาวณัฐยา บุญสมบัติ
	ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.อัญชลีพร วาริทสวัสดิ์ หล่อทองคำ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	คุณพิชเยนทร์ ตันประเสริฐ
	ผู้จัดการฝ่ายผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ในครัวเรือน
	บริษัท ยูนิลิเวอร์ ไทย โฮลดิ้ง จำกัด
ปริญญานิพนธ์	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี
	ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาวิธีการลดปริมาณการใช้ก๊าซธรรมชาติในกระบวนการผลิตผงซักฟอกชนิดธรรมดา โดยการใช้อากาศร้อนที่ได้จากโรงซัลโฟเนชั่นในการเพิ่มอุณหภูมิให้กับอากาศก่อนเข้าเตาเผา ด้วยการปรับวาล์วควบคุมปริมาณอากาศเข้าในท่อลม ทำให้ลดปริมาณก๊าซธรรมชาติลงได้ 6.75×10^{-4} กิโลกรัมของก๊าซต่อกิโลกรัมของอากาศ ในเวลา 1 ชั่วโมง คิดเป็นเงิน 1.65 ล้านบาทต่อปี และพบว่าการเปิดวาล์วควบคุมอัตราการไหลของก๊าซธรรมชาติให้มีช่วงการเปิด 3% แทนการเปิด 5% แบบที่ใช้อยู่ จะทำให้ลดปริมาณก๊าซธรรมชาติได้ 6.6% ของปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ใช้เมื่อช่วงการเปิดวาล์วเป็น 5% คิดเป็นเงิน 2.2 ล้านบาทต่อปี และทำโปรแกรมคำนวณเพื่อหาเปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์วควบคุมอัตราการไหลของก๊าซธรรมชาติที่เหมาะสมในช่วงเวลาการเดินเครื่องปกติ นอกจากนี้ได้จัดทำมาตรฐานการดำเนินงาน (Standard Operating Procedures, SOPs) ของตำแหน่งการเปิดหัวฉีดสเลอรี่ เพื่อให้การฉีดสเลอรี่ทั่วทั้งหอ ซึ่งสามารถลดปริมาณความร้อนที่สูญเสียไปกับอากาศที่ออกจากเครื่องอบแห้ง โดยอุณหภูมิของอากาศร้อนที่ออกจากเครื่องอบแห้งลดลง 1-2 องศาเซลเซียส และปริมาณการใช้ก๊าซธรรมชาติลดลงได้มากที่สุดถึง 7% ของปริมาณก๊าซธรรมชาติเมื่อเปิดหัวฉีดสเลอรี่แบบที่ปฏิบัติอยู่ คิดเป็นเงิน 4.65 ล้านบาทต่อปี และจากการตรวจวัดปริมาณความร้อนที่สูญเสียเนื่องจากการพาความร้อนรอบเครื่องอบแห้ง พบว่ามีปริมาณน้อยมาก แสดงว่าฉนวนของเครื่องอบแห้งยังคงอยู่ในสภาพที่ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Report Title	Reduction of Natural Gas Used in a Non-Soap Detergent Making Process
By	Miss Chutima Cuntik
	Miss Nattaya Boonsombat
Advisor	Asst. Prof. Dr. Anchaleeporn Waritswat Lothongkum
Co-advisor	Mr.Pichayane Tanprasert
	Manufacturing Manager (Detergent)
	Unilever Thai Holdings Limited
Report for	Bachelor Degree of Chemical Engineering
	Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering
	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Abstract

This research investigated the methods to reduce natural gas used in a Non-soap detergent plant. For example, using hot air from the sulfonation plant for increasing the inlet temperature of the burner by adjusting the dampers in the main and secondary air lines to control the inlet air, the amount of natural gas about 6.75×10^{-4} kg per kg of air in 1 hour, which cost 1.65 million baht a year, was reduced. In addition, it was found that by opening the valve, which controlled natural gas flow rate, at 3% instead 5% reduced natural gas 6.6 %, which cost 2.2 million baht a year. The program to calculate the percent opening of the natural gas flow-control valve at normal operation was studied. Subsequently, the standard operating procedures (SOPs) for opening the spray nozzles to spray the slurry efficiently were determined. Heat loss with the outlet air from the spray dryer was reduced. The temperature of the outlet air decreased about 1-2 ^{O}C. The maximum decrease in the amount of natural gas about 7%, which cost 4.65 million baht a year, was achieved. Heat loss by convection around the spray dryer is negligible showing that its insulator is in good condition.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ บริษัท ยูนิลิเวอร์ ไทย โฮลดิ้งส์ จำกัด เป็นอย่างสูง ที่ให้โอกาสและสนับสนุนในการทำวิจัยมาโดยตลอด คุณสงกรานต์ สืบวิสัย คุณสุรเชษฐ์ จันตรี NSD Process Manager คุณคมสันต์ เรืองประดับ NSD Process Supervisor คุณสุขุม ความมานะ NSD TPM Officer พี่ ๆ ในห้องควบคุม พี่ ๆ ในฝ่าย Instrument และในโรงงานทุกท่านที่ให้คำแนะนำและข้อมูลตลอดระยะเวลาที่ผ่านมา

ดร.ดวงเดือน อาจองค์ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม สำหรับคำแนะนำในการเก็บข้อมูล ผศ.ดร.อัญชลีพร วาริทสวัสดิ์ หล่อทองคำ อาจารย์ที่ปรึกษา คุณพิชเยนทร์ ตันประเสริฐ ผู้จัดการฝ่ายผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ในครัวเรือน อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม และอาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมเคมีทุกท่านที่ให้คำปรึกษาการตรวจแก้ไขรายงาน และคำแนะนำในการนำเสนอปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

สุดท้ายขอขอบคุณสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม สำหรับข้อมูลด้านเทคโนโลยีสะอาด

นางสาวชุติมา คันธิก
นางสาวณัฐยา บุญสมบัติ
2 เมษายน 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อ (ภาษาไทย)		ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ)		ข
กิตติกรรมประกาศ		ค
สารบัญ		ง
สารบัญตาราง		ฌ
สารบัญรูป		ญ
คำอธิบายสัญลักษณ์		ฏ
บทที่ 1	บทนำ	1
	1.1 ความเป็นมาของโครงการ	1
	1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
	1.3 ขอบเขตและขั้นตอนการดำเนินงาน	1
	1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ	2
บทที่ 2	ประวัติของโรงงานและกระบวนการผลิตผงซักฟอกชนิดธรรมดา	3
	2.1 ประวัติของโรงงาน	3
	2.2 โรงงานผลิตผงซักฟอกชนิดธรรมดา	3
	2.3 กระบวนการผลิตผงซักฟอกชนิดธรรมดา	3
	2.3.1 หน่วยจัดเก็บวัตถุดิบ	4
	2.3.2 หน่วยผลิตสเลอรี่	5
	2.3.3 หน่วยอบแห้ง	5
	2.3.4 หน่วยจัดเก็บผงพื้นฐาน	5
	2.3.5 หน่วยผสมสารเติมแต่ง	5
	2.4 กระบวนการอบแห้งเพื่อผลิตผงพื้นฐาน	6
	2.5 กระบวนการเผาไหม้	9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
บทที่ 3	เทคโนโลยีสะอาด	11
	3.1 หลักการของเทคโนโลยีสะอาด	11
	3.2 ขั้นตอนการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาด	11
	3.2.1 การวางแผนและการจัดองค์กร	11
	3.2.2 การตรวจประเมินเบื้องต้น	12
	3.2.3 การตรวจประเมินละเอียด	12
	3.2.4 การศึกษาและประเมินความเป็นไปได้	13
	3.2.5 การลงมือปฏิบัติ	13
	3.3 การประเมินเบื้องต้นจากข้อมูลของบริษัทฯ (มกราคมถึงมิถุนายน 2544)	14
	3.3.1 สารเข้าและสารออกจากกระบวนการผลิต	14
	3.3.2 การประเมินเบื้องต้นทางเทคนิค	14
	3.3.3 การประเมินเบื้องต้นทางเศรษฐศาสตร์	17
	3.3.4 การประเมินเบื้องต้นทางสิ่งแวดล้อม	18
	3.4 การวิเคราะห์หาแนวทางเลือก	18
	3.5 ข้อมูลจากการสำรวจโรงงาน	19
	3.5.1 ข้อมูลระหว่างการเดินสำรวจโรงงาน	19
	3.5.2 สาเหตุในการหยุดการทำงานที่เกิดขึ้นเป็นประจำ	20
บทที่ 4	ก๊าซธรรมชาติ	21
	4.1 ระบบท่อก๊าซธรรมชาติในโรงงานอุตสาหกรรม	22
	4.2 ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ใช้ในกระบวนการผลิตผงพื้นฐาน	23
	4.3 แผนภาพ Why Why	26
	4.4 การออกแบบและเก็บรวบรวมข้อมูล	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
บทที่ 5	การทดลอง	29
	5.1 การเพิ่มอุณหภูมิให้กับอากาศก่อนเข้าเตาเผาโดยการใช้อากาศร้อนจากโรงซัลโฟเนชั่น	29
	5.1.1 ที่มาของการทดลอง	29
	5.1.2 วัตถุประสงค์ของการทดลอง	30
	5.1.3 วิธีการทดลอง	31
	5.2 การทำมาตรฐานการเปิดวาล์วควบคุมอัตราการไหลของก๊าซธรรมชาติ	31
	5.2.1 ที่มาของการทดลอง	31
	5.2.2 การทดลองหาช่วงกว้างของเปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์วควบคุมอัตราการไหลของก๊าซธรรมชาติ	32
	5.2.3 การทำโปรแกรมคำนวณเปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์วควบคุมอัตราการไหลของก๊าซธรรมชาติ	32
	5.3 การทำมาตรฐานการเปิดหัวฉีดสเลอรี่	33
	5.3.1 ที่มาของการทดลอง	33
	5.3.2 วัตถุประสงค์ของการทดลอง	33
	5.3.3 วิธีการทดลอง	33
	5.4 การหาความร้อนสูญเสียเนื่องจากการพาความร้อนที่ผนังรอบนอกของเครื่องอบแห้ง	34
	5.4.1 ที่มาของการทดลอง	34
	5.4.2 วัตถุประสงค์ของการทดลอง	34
	5.4.3 วิธีการทดลอง	34
บทที่ 6	ผลการทดลอง	35
	6.1 ผลการทดลองการเพิ่มอุณหภูมิให้กับอากาศก่อนเข้าเตาเผาโดยการใช้อากาศร้อนจากโรงซัลโฟเนชั่น	35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า, ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
	6.2 ผลการทดลองการทำมาตรฐานการเปิดวาล์วควบคุมอัตราการไหลของก๊าซธรรมชาติ	35
	6.2.1 ผลการทดลองหาช่วงกว้างของเปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์วควบคุมอัตราการไหลของก๊าซธรรมชาติ	35
	6.2.2 โปรแกรมคำนวณเปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์วควบคุมอัตราการไหลของก๊าซธรรมชาติ	36
	6.3 ผลการทดลองการทำมาตรฐานการเปิดหัวฉีดสเลอรี่	38
	6.4 ผลการทดลองการหาความร้อนสูญเสียเนื่องจากการพาความร้อนที่ผนังรอบนอกของเครื่องอบแห้ง	38
	6.4.1 การหาความร้อนสูญเสียเนื่องจากการพาความร้อนที่ผนังรอบนอกของเครื่องอบแห้ง	38
	6.4.2 ความร้อนทั้งหมดที่เข้าเครื่องอบแห้ง	40
บทที่ 7	สรุปผลการทดลอง	41
	7.1 สรุปผลการทดลองการเพิ่มอุณหภูมิให้กับอากาศก่อนเข้าเตาเผาโดยการใช้อากาศร้อนจากโรงซัลโฟเนชั่น	41
	7.2 สรุปผลการทดลองการทำมาตรฐานการเปิดวาล์วควบคุมอัตราการไหลของก๊าซธรรมชาติ	43
	7.3 สรุปผลการทดลองการทำมาตรฐานการเปิดหัวฉีดสเลอรี่	43
	7.4 สรุปผลการทดลองการหาความร้อนสูญเสียเนื่องจากการพาความร้อนที่ผนังรอบนอกของเครื่องอบแห้ง	44
รายการอ้างอิง		45
ภาคผนวก		46
ภาคผนวก ก	เกณฑ์สำหรับการวิเคราะห์ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม	47
ภาคผนวก ข	ตารางสำหรับเก็บข้อมูลตัวแปรในการทดลอง	50
ภาคผนวก ค	ตำแหน่งวาล์วควบคุมอัตราการไหลของอากาศที่ Main Air Line และ Secondary Air Line ในการทดลองเรื่องการเพิ่มอุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าเตาเผาโดยการใช้อากาศร้อนจากโรงซัลโฟเนชั่น	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
ภาคผนวก ง	ตำแหน่งการเปิด-ปิดหัวฉีดสเลอรี่จากการออกแบบ	57
ภาคผนวก จ	การคำนวณปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ใช้ลดลงต่อสเลอรี่ที่ใช้ในการทดลองปรับวาล์วควบคุมอัตราการไหลของอากาศ	63
ภาคผนวก ฉ	การคำนวณอัตราการไหลของก๊าซธรรมชาติที่ใช้ในกระบวนการผลิตเพื่อนำไปทำโปรแกรมคำนวณเปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์วควบคุมอัตราการไหลของก๊าซธรรมชาติ	67
ภาคผนวก ช	การคำนวณความร้อนสูญเสียเนื่องจากการพาความร้อนที่ผนังรอบนอกของเครื่องอบแห้ง	70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 3.1	การประเมินเบื้องต้นทางเทคนิค (ข้อมูลของบริษัทฯ ในช่วงเดือนมกราคมถึงมิถุนายน 2544)	14
ตารางที่ 3.2	ข้อมูลการใช้ไอน้ำ น้ำ และไฟฟ้า (มกราคมถึงมิถุนายน 2544)	16
ตารางที่ 3.3	ค่า Internal Key Factor	16
ตารางที่ 3.4	การประเมินเบื้องต้นทางเศรษฐศาสตร์	17
ตารางที่ 3.5	การประเมินเบื้องต้นทางสิ่งแวดล้อม	18
ตารางที่ 3.6	การจัดลำดับประเด็นปัญหา	18
ตารางที่ 4.1	การเปลี่ยนแปลงของความดันของปั๊มความดันสูงจากสาเหตุต่างๆ	25
ตารางที่ 6.1	ผลการทดลองการปรับวาล์วควบคุมอัตราการไหลของอากาศที่ Main Air Line และ Secondary Air Line	35
ตารางที่ 6.2	ผลการทดลองการปรับช่วงกว้างของเปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์วควบคุมอัตราการไหลของก๊าซธรรมชาติ	36
ตารางที่ 6.3	ค่า M1/M2 ที่ต้องเปลี่ยนในสูตร เมื่อตำแหน่งการเปิดวาล์วควบคุมอัตราการไหลของอากาศเปลี่ยนไป	37
ตารางที่ 6.4	ผลการทดลองการปรับตำแหน่งการเปิด-ปิดหัวฉีดสเลอรี่	38
ตารางที่ 7.1	ตำแหน่งของวาล์วควบคุมอัตราการไหลของอากาศที่ Main Air Line และ Secondary Air Line เพื่อทำการศึกษาต่อ	43
ตารางที่ ข.1	ตารางเก็บข้อมูลตัวแปรในการทดลอง	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

		หน้า
รูปที่ 2.1	กระบวนการผลิตผงซักฟอกชนิดธรรมดาอย่างง่าย	4
รูปที่ 2.2	เครื่องอบแห้งชนิดพ่นฝอยกับอุปกรณ์ต่างๆ ในกระบวนการอบแห้ง	7
รูปที่ 2.3	ขั้นตอนการทำงานในการผลิตผงพื้นฐาน	9
รูปที่ 2.4	กระบวนการเผาไหม้	10
รูปที่ 3.1	แผนภาพสารเข้าและออกของกระบวนการผลิตผงซักฟอกชนิดธรรมดา	15
รูปที่ 3.2	สัดส่วนค่าใช้จ่ายทั้งหมดของโรงงาน	17
รูปที่ 4.1	แผนภาพ Why Why แสดงสาเหตุ และแนวทางการแก้ปัญหาการใช้ปริมาณก๊าซธรรมชาติมากเกินไป	28
รูปที่ 5.1	ท่ออากาศก่อนเข้าเตาเผา	29
รูปที่ 6.1	โปรแกรมคำนวณเปอร์เซ็นต์ Maximum และ Minimum ของวาล์วควบคุมอัตราการไหลของก๊าซธรรมชาติสำหรับพนักงานปฏิบัติการ	36
รูปที่ ค.1	ตำแหน่งวาล์วของท่อ Main Air Line และ Secondary Air Line ในการทดลองครั้งที่ 1	54
รูปที่ ค.2	ตำแหน่งวาล์วของท่อ Main Air Line และ Secondary Air Line ในการทดลองครั้งที่ 2	54
รูปที่ ค.3	ตำแหน่งวาล์วของท่อ Main Air Line และ Secondary Air Line ในการทดลองครั้งที่ 3	55
รูปที่ ค.4	ตำแหน่งวาล์วของท่อ Main Air Line และ Secondary Air Line ในการทดลองครั้งที่ 4	55
รูปที่ ค.5	ตำแหน่งวาล์วของท่อ Main Air Line และ Secondary Air Line ในการทดลองครั้งที่ 5	56
รูปที่ ค.6	ตำแหน่งวาล์วของท่อ Main Air Line และ Secondary Air Line ในการทดลองครั้งที่ 6	56
รูปที่ ง.1	จำนวนหัวฉีดสเลอรี่ที่เปิด 28 หัว	58
รูปที่ ง.2	จำนวนหัวฉีดสเลอรี่ที่เปิด 27 หัว	58
รูปที่ ง.3	จำนวนหัวฉีดสเลอรี่ที่เปิด 26 หัว	58
รูปที่ ง.4	จำนวนหัวฉีดสเลอรี่ที่เปิด 25 หัว	59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

		หน้า
รูปที่ ง.5	จำนวนหัวฉีดสเลอรี่ที่เปิด 24 หัว	59
รูปที่ ง.6	จำนวนหัวฉีดสเลอรี่ที่เปิด 23 หัว	59
รูปที่ ง.7	จำนวนหัวฉีดสเลอรี่ที่เปิด 22 หัว	60
รูปที่ ง.8	จำนวนหัวฉีดสเลอรี่ที่เปิด 21 หัว	60
รูปที่ ง.9	จำนวนหัวฉีดสเลอรี่ที่เปิด 20 หัว	60
รูปที่ ง.10	จำนวนหัวฉีดสเลอรี่ที่เปิด 19 หัว	61
รูปที่ ง.11	จำนวนหัวฉีดสเลอรี่ที่เปิด 18 หัว	61
รูปที่ ง.12	จำนวนหัวฉีดสเลอรี่ที่เปิด 17 หัว	61
รูปที่ ง.13	จำนวนหัวฉีดสเลอรี่ที่เปิด 16 หัว	62
รูปที่ ง.14	จำนวนหัวฉีดสเลอรี่ที่เปิด 15 หัว	62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำอธิบายสัญลักษณ์

A	คือ	พื้นที่ที่เกิดการพาความร้อน (ตารางเมตร)
BD	คือ	Bulk Density
C	คือ	ค่าคงที่ซึ่งขึ้นอยู่กับ ค่า $Gr_f Pr_f$
CA	คือ	Combustion Air Fan
$C_{p\ air}$	คือ	ค่าความจุความร้อนของอากาศ
FIT	คือ	อุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าเตาเผา (องศาเซลเซียส)
FIT_{act}	คือ	อุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าเตาเผาจริง (องศาเซลเซียส)
G	คือ	อัตราการไหลของก๊าซธรรมชาติ (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)
G_{act}	คือ	อัตราการไหลของก๊าซธรรมชาติจริง (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)
Gr_f	คือ	Grashof Number
g	คือ	ค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก เท่ากับ 9.8 เมตรต่อวินาที^{2}
H	คือ	อัตราส่วนน้ำหนักของน้ำต่อน้ำหนักของอากาศแห้ง(กิโลกรัมน้ำต่อกิโลกรัมอากาศแห้ง)
H_G	คือ	Heating Value ของก๊าซธรรมชาติ เท่ากับ 9,638 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัมของก๊าซธรรมชาติ
HIT	คือ	อุณหภูมิของอากาศร้อนก่อนเข้าเครื่องอบแห้ง (องศาเซลเซียส)
HIT_{act}	คือ	อุณหภูมิของอากาศร้อนก่อนเข้าเครื่องอบแห้งจริง (องศาเซลเซียส)
HOT	คือ	อุณหภูมิของอากาศที่ออกจากเครื่องอบแห้ง (องศาเซลเซียส)
$\overline{H_{vap}}$	คือ	ความร้อนในการกลายเป็นไอของน้ำ เท่ากับ 2,256.9 กิโลจูลต่อกิโลกรัม
$\overline{h}$	คือ	ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน (วัตต์ต่อตารางเมตร-องศาเซลเซียส)
k	คือ	ค่าความนำความร้อนของอากาศ (วัตต์ต่อเมตร-องศาเซลเซียส)
m	คือ	ค่าคงที่ซึ่งขึ้นอยู่กับ ค่า $Gr_f Pr_f$
m_{air}	คือ	อัตราการไหลของอากาศทั้งหมดก่อนเข้าเตาเผา (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)
$m_{air\ act}$	คือ	อัตราการไหลของอากาศทั้งหมดก่อนเข้าเตาเผาจริง (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)
$m_{air\ dryer}$	คือ	อัตราการไหลของอากาศก่อนเข้าเครื่องอบแห้ง (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำอธิบายสัญลักษณ์ (ต่อ)

$m_{dry\ air}$ คือ อัตราการไหลของอากาศแห้ง (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)

$m_{main\ air}$ คือ อัตราการไหลของอากาศใน Main Air Line (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)

Nu_f คือ Nusselt Number

PMC คือ Powder Moisture Content : ความชื้นในผงพื้นฐาน (%น้ำ)

Pr_f คือ Prandtl Number

Q_1 คือ ความร้อนที่ได้จากการเปลี่ยนอุณหภูมิของอากาศร้อนก่อนเข้าเครื่องอบแห้งเป็นอุณหภูมิที่ออกจากเครื่องอบแห้ง (กิโลจูลต่อชั่วโมง)

Q_2 คือ ปริมาณความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ของก๊าซธรรมชาติ (กิโลแคลอรีต่อชั่วโมง)

Q_3 คือ ปริมาณความร้อนที่ต้องการเพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้กับอากาศร้อน (กิโลแคลอรีต่อชั่วโมง)

q คือ ความร้อนที่สูญเสียไปกับการพาความร้อน (วัตต์)

SMC คือ Slurry Moisture Content : ความชื้นในสเลอรี่ (%น้ำ)

T คือ อุณหภูมิสัมบูรณ์ของอากาศ (เคลวิน)

T_{atm} คือ อุณหภูมิบรรยากาศ (องศาเซลเซียส)

T_f คือ Film Temperature (องศาเซลเซียส)

$T_{main\ air}$ คือ อุณหภูมิของอากาศใน Main Air Line (องศาเซลเซียส)

T_{ref} คือ อุณหภูมิอ้างอิง (องศาเซลเซียส)

T_W คือ อุณหภูมิที่ผนังเครื่องอบแห้ง (องศาเซลเซียส)

T_∞ คือ อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมรอบผนัง (องศาเซลเซียส)

x คือ ความสูงของผนังเครื่องอบแห้ง (เมตร)

β คือ $1/T$ (เคลวิน$^{-1}$)

ν คือ ความหนืดเชิงกล (Kinematic Viscosity) = μ / ρ (เมตร^2/ วินาที)

μ คือ ความหนืดของอากาศ (กิโลกรัมต่อวินาที-เมตร)

η คือ ประสิทธิภาพของเตาเผา

ρ คือ ความหนาแน่นของอากาศ (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

α คือ $\dfrac{k}{\rho C_p}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำอธิบายสัญลักษณ์ (ต่อ)

ΔG คือ ผลต่างของอัตราการไหลของก๊าซธรรมชาติ (กิโลกรัมของก๊าซต่อกิโลกรัมของอากาศ)

ΔT คือ อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง (องศาเซลเซียส)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงการ

ภายใต้สภาวะการแข่งขันทางการค้าที่สูงในปัจจุบัน การนำเทคโนโลยีที่ทันสมัยมาใช้ รวมทั้งการปรับปรุงกระบวนการผลิตและวิธีปฏิบัติงาน จะทำให้โรงงานอุตสาหกรรมสามารถใช้ทรัพยากรการผลิตอย่างมีประสิทธิภาพ ลดค่าใช้จ่ายและการสูญเสียในสายการผลิต ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูง เกิดความพึงพอใจอย่างสูงสุดของกลุ่มลูกค้า บริษัท ยูนิลิเวอร์ ไทย โฮลดิ้งส์ จำกัด ตระหนักถึงความสำคัญนี้ตลอดมา จึงพัฒนาเพิ่มประสิทธิภาพของทุกกระบวนการผลิตอย่างต่อเนื่อง ทำให้เป็นบริษัทหนึ่งที่มียอดการผลิตและการจำหน่ายสินค้าอุปโภคบริโภคสูงในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

ตั้งแต่วันที่ 8 กรกฎาคม พ.ศ. 2544 บริษัทฯ ได้เริ่มใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันเตาสำหรับอบแห้งผงซักฟอกชนิดธรรมดาสูตรต่างๆในกระบวนการผลิตผงซักฟอกชนิดธรรมดา ผู้วิจัยซึ่งร่วมกับทีมงานของบริษัทฯ ได้ทำการศึกษาหาวิธีการต่างๆ เพื่อลดปริมาณการใช้ก๊าซธรรมชาติในกระบวนการผลิต เพื่อลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.2.1 หาปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ใช้ในกระบวนการผลิตผงซักฟอกชนิดธรรมดา

1.2.2 ลดปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ใช้ในกระบวนการผลิตผงซักฟอกชนิดธรรมดา

1.3 ขอบเขตและขั้นตอนการดำเนินงาน

1.3.1 ศึกษากระบวนการผลิตผงซักฟอกชนิดธรรมดา กระบวนการเผาไหม้ และกระบวนการอบแห้งเพื่อผลิตผงพื้นฐาน ซึ่งเป็นกระบวนการย่อยที่สำคัญของกระบวนการผลิตผงซักฟอกชนิดธรรมดา

1.3.2 ศึกษาหลักการวิเคราะห์และการแก้ไขปัญหาอย่างมีระบบ โดยหลักการของเทคโนโลยีสะอาดเพื่อการผลิตที่มีประสิทธิภาพ

1.3.3 เก็บข้อมูลปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ใช้ต่อปริมาณผงซักฟอกชนิดธรรมดาแต่ละสูตร

1.3.4 หาปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ใช้ เปรียบเทียบปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ใช้จริงกับปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ควรใช้ทางทฤษฎี เพื่อให้ได้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ตามกำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.5 เสนอแนวทางการลดปริมาณการใช้ก๊าซธรรมชาติในกระบวนการผลิตผงซักฟอกชนิดธรรมดา

1.3.6 สรุปผลและจัดทำรายงาน

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.4.1 ทราบปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ใช้ในกระบวนการผลิตผงซักฟอกชนิดธรรมดา

1.4.2 ได้วิธีการลดปริมาณการใช้ก๊าซธรรมชาติ และแผนการปฏิบัติงาน

1.4.3 การทำโครงงานพิเศษในโรงงานอุตสาหกรรม ทำให้ผู้วิจัยเกิดการเรียนรู้ขั้นตอนในกระบวนการผลิต รวมทั้งเครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้จริง และมีโอกาสเห็นและแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในกระบวนการ ซึ่งจัดได้ว่าเป็น On The Job Training ทำให้มีการพัฒนาเพื่อการทำงานในอนาคต

1.4.4 เกิดการเรียนรู้ในการทำงานร่วมกับผู้อื่น และได้รับการถ่ายทอดประสบการณ์ในการทำงานจากผู้ที่มีคุณวุฒิและวัยวุฒิต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ประวัติของโรงงาน
และกระบวนการผลิตผงซักฟอกชนิดธรรมดา

2.1 ประวัติของโรงงาน [1]

บริษัท ยูนิลีเวอร์ ไทย โฮลดิ้งส์ จำกัด เป็นบริษัทผู้ผลิตสินค้าอุปโภคบริโภครายใหญ่ที่สุดในประเทศไทย โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะเป็นบริษัทผู้ผลิตชั้นนำพร้อมกับการพัฒนาประเทศโดยอาศัยการพัฒนาทรัพยากรบุคคลและการใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่

สำนักงานใหญ่ตั้งอยู่ ณ กรุงลอนดอน ประเทศอังกฤษ และกรุงลอตเตอร์แดมม์ ประเทศเนเธอร์แลนด์ โดยมีสาขาอยู่ใน 75 ประเทศทั่วโลก เดิมใช้ชื่อ บริษัท ลีเวอร์บราเธอร์ (ประเทศไทย) จำกัด ก่อตั้งขึ้นเป็นบริษัทในกลุ่มยูนิลีเวอร์ ในปี พ.ศ. 2475 ในภายหลังได้เปลี่ยนชื่ออย่างเป็นทางการเป็น บริษัท ยูนิลีเวอร์ ไทย โฮลดิ้งส์ จำกัด โดยมีโรงงานแห่งแรกที่ถนนเจริญกรุง กรุงเทพมหานคร หลังจากนั้นในปี พ.ศ. 2525 จึงย้ายโรงงานมาที่นิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง

บริษัท ยูนิลีเวอร์ ไทย โฮลดิ้งส์ จำกัด มีโรงงานผลิตสินค้าอุปโภคบริโภคหลายชนิด เช่น โรงงานผลิตผงซักฟอก สบู่ ยาสีฟัน และไอศครีม เป็นต้น ในส่วนของโรงงานผลิตผงซักฟอกแบ่งออกเป็น 2 โรงงานย่อย คือ โรงงานผลิตผงซักฟอกชนิดธรรมดา และโรงงานผลิตผงซักฟอกชนิดเข้มข้น โครงงานพิเศษนี้ทำในโรงงานผลิตผงซักฟอกชนิดธรรมดาเท่านั้น

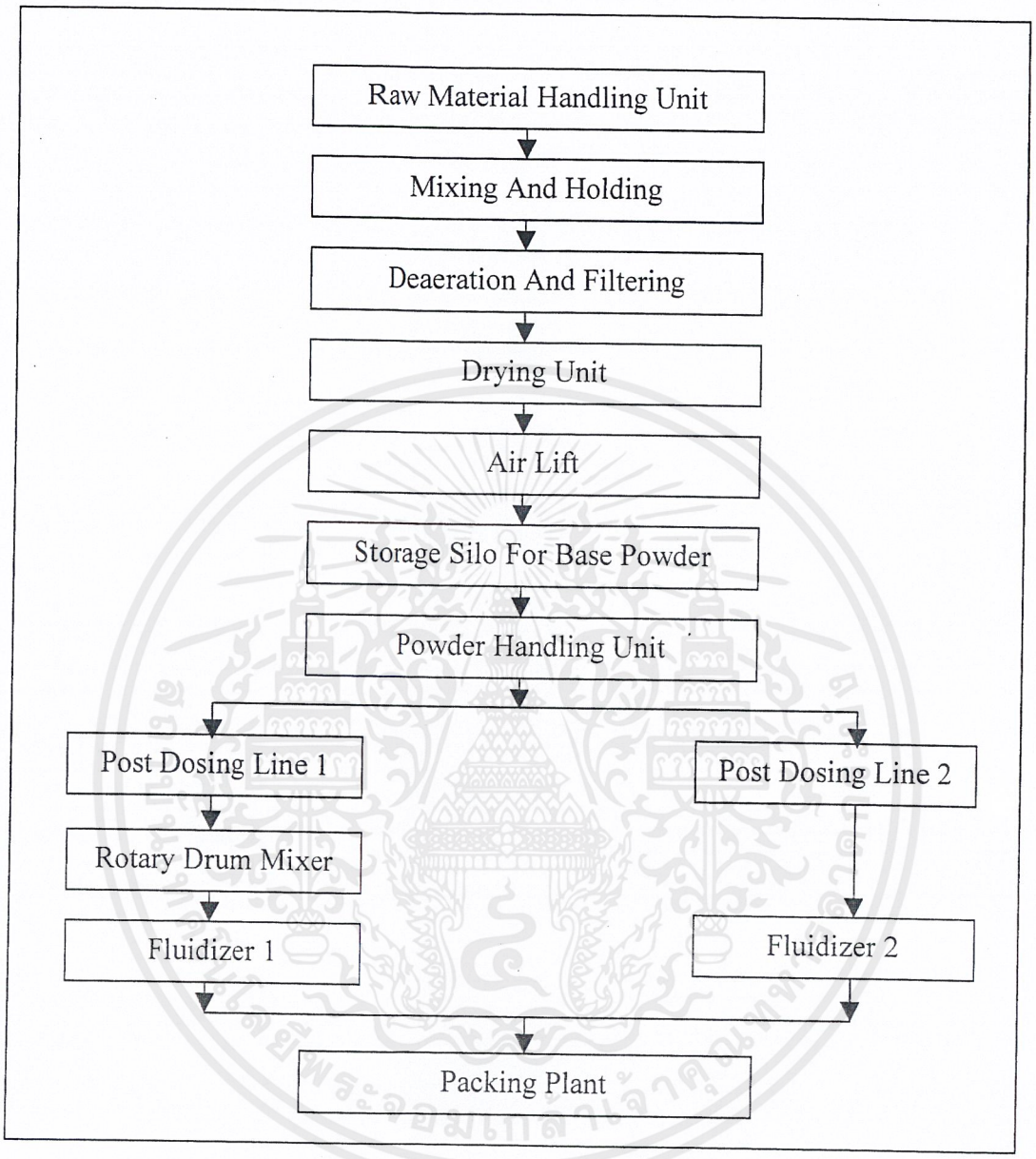
2.2 โรงงานผลิตผงซักฟอกชนิดธรรมดา

โรงงานผลิตผงซักฟอกชนิดธรรมดาตั้งอยู่ในเขตนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง ควบคุมกระบวนการผลิตด้วยระบบคอมพิวเตอร์ และดำเนินงานการผลิตสัปดาห์ละ 5 วันตลอด 24 ชั่วโมง โดยแบ่งการผลิตออกเป็น 3 กะ คือ กะเช้า 7.00-15.00 น. กะบ่าย 15.00-23.00 น. และกะดึก 23.00-7.00 น. และใช้สาธารณูปโภคกลาง (Utility Unit) ของทางโรงงานเอง

2.3 กระบวนการผลิตผงซักฟอกชนิดธรรมดา

กระบวนการผลิตผงซักฟอกชนิดธรรมดา แบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักๆ คือ ส่วนผลิตผงซักฟอก (Non-Soap Detergent Making Plant, NSD Making Plant) และส่วนบรรจุหีบห่อ (Non-Soap Detergent Packing Plant, NSD Packing Plant) ดังแสดงกระบวนการผลิตผงซักฟอกชนิดธรรมดาในรูปที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 กระบวนการผลิตผงซักฟอกชนิดธรรมดาอย่างง่าย [1]

ในส่วนการผลิตผงซักฟอกแบ่งออกเป็น 5 หน่วยย่อย ดังนี้

2.3.1 หน่วยจัดเก็บวัตถุดิบ (Raw Material Handling Unit)

เป็นหน่วยย่อยที่ทำหน้าที่จัดเก็บวัตถุดิบต่างๆ ทั้งของเหลวและของแข็งที่ใช้สำหรับกระบวนการการผลิตผงซักฟอก หน่วยนี้ประกอบด้วย ถังไซโล ถังเก็บน้ำ ถังเก็บวัตถุดิบที่เป็นของเหลว Tipping Unit และ Blower สำหรับลำเลียงวัตถุดิบเข้าสู่ถังกักเก็บ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 หน่วยผลิตสเลอรี่ (Slurry Making Unit)

เป็นหน่วยสำหรับชั่งน้ำหนักของวัตถุดิบแต่ละชนิดก่อนการเทผสมในถังผสมหลัก และผลิตสเลอรี่ให้ได้ค่าความหนาแน่นตามสูตรที่กำหนด เพื่อส่งไปยังเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย หน่วยนี้ประกอบด้วย ชุดเครื่องชั่งน้ำหนักวัตถุดิบ ถังผสมสเลอรี่หลัก ถังพักสเลอรี่ (Holding Tank) ถังพัก (Drop Tank) Deaerator ปั๊มความดันสูง (High Pressure Pump) ปั๊มความดันต่ำ (Low Pressure Pump) เครื่องกรองแบบหมุน (Rotary Filter) และเครื่องกรองแบบแม่เหล็ก (Magnetic Filter) เป็นต้น

2.3.3 หน่วยอบแห้ง (Drying Unit)

เป็นหน่วยที่ทำให้สเลอรี่แห้งเป็นผงพื้นฐาน (Base Powder) โดยฉีดสเลอรี่ให้เป็นฝอยผ่านสวนทางกับอากาศร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ของก๊าซธรรมชาติ หน่วยนี้ประกอบด้วย เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย (Spray Drying Unit) และหน่วยผลิตอากาศร้อน (Peabody Unit)

2.3.4 หน่วยจัดเก็บผงพื้นฐาน (Base Powder Handling Unit)

เป็นหน่วยที่ใช้แยกผงพื้นฐานตามความหนาแน่น ซึ่งถูกกำหนดจากสูตรของผงซักฟอกแต่ละชนิด พร้อมทั้งจัดเก็บผงพื้นฐานที่ได้ในถังไซโลก่อนผ่านสู่หน่วยย่อยต่อไป หน่วยนี้ประกอบด้วย Air Lift ถังเก็บผงพื้นฐาน และสายพานลำเลียงต่างๆ

2.3.5 หน่วยผสมสารเติมแต่ง (Post Dosing Unit)

เป็นหน่วยที่ทำหน้าที่ผสมสารเติมแต่งต่างๆ ที่ใช้เสริมคุณภาพและเพิ่มประสิทธิภาพของผงซักฟอกให้เหมาะสมกับความต้องการของผู้บริโภคก่อนผ่านเข้าสู่การบรรจุหีบห่อต่อไป หน่วยนี้ประกอบด้วย ถังผสมแบบหมุน (Rotary Drum Mixer) ฟลูอิไดเซอร์ (Fluidizer) ชุดเครื่องชั่งวัตถุดิบ และสายพานลำเลียงต่างๆ

เนื่องจากโครงงานพิเศษนี้สนใจศึกษาการลดปริมาณการใช้ก๊าซธรรมชาติในกระบวนการผลิตผงซักฟอกชนิดธรรมดา ในส่วนของกระบวนการอบแห้ง เพื่อผลิตผงพื้นฐาน และกระบวนการเผาไหม้ ดังนั้นจะอธิบายรายละเอียดของแต่ละกระบวนการดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 กระบวนการอบแห้งเพื่อผลิตผงพื้นฐาน

กระบวนการอบแห้งเพื่อผลิตผงพื้นฐาน เริ่มจากสเลอรี่ถูกปั๊มด้วยปั๊มความดันสูง ผ่านท่อโค้ง 2 วง ที่ต่อกับหัวฉีดสเลอรี่ให้เป็นฝอย หรือที่เรียกว่า วงแหวนหลัก (Main Ring) 1-2 ครั้ง โดยไม่เปิดหัวฉีดสเลอรี่เพื่อให้สเลอรี่เคลือบภายในท่อก่อนผลิตทุกครั้ง จากนั้นสเลอรี่จะถูกส่งไปยังถังเก็บ สเลอรี่จะถูกปั๊มด้วยปั๊มความดันสูงอีกครั้งผ่านวงแหวนหลักที่เปิดหัวฉีดสเลอรี่ แล้วถูกฉีดให้เป็นฝอยเล็กๆ ผ่านสวนทางกับอากาศร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 450 องศาเซลเซียส ซึ่งได้จากการเผาไหม้ก๊าซธรรมชาติ ทำให้สเลอรี่สูญเสียความชื้นส่วนหนึ่งและเกิดเป็นผงพื้นฐานที่มีขนาดเล็ก ขนาดของผงพื้นฐานจะขึ้นกับชนิดและขนาดของหัวฉีดสเลอรี่ที่ใช้ และความดันของปั๊มความดันสูง ความชื้นที่เหลืออยู่ในผงพื้นฐานจะขึ้นกับอุณหภูมิของอากาศร้อน ความดันภายในตัวเครื่องอบแห้ง ระยะเวลาที่ผงพื้นฐานถูกอบแห้งโดยเฉลี่ย และความชื้นของสเลอรี่ก่อนถูกฉีดเข้าไปในเครื่องอบแห้ง

ผงพื้นฐานที่ได้จากการอบแห้งจะหล่นลงสู่สายพานลำเลียงทางด้านล่างของเครื่องอบแห้งด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก สายพานลำเลียงจะลำเลียงผงพื้นฐานเข้าสู่ Air Lift ซึ่งเป็นเครื่องคัดขนาดประเภทหนึ่ง ผงพื้นฐานที่มีขนาดเล็กจะถูก Air Lift ดูดให้ลอยขึ้นไปเก็บในถังไซโล เพื่อรอเข้าสู่ขั้นตอนต่อไป ส่วนผงพื้นฐานที่มีขนาดใหญ่เกินไปจะหล่นลงสู่ Toat Bin เพื่อนำไปผสมทำ Rework Slurry ต่อไป ผงพื้นฐานที่ได้จากการอบแห้งบางส่วนที่ไม่หล่นลงสู่สายพานลำเลียง จะถูกอากาศร้อนพาให้ลอยตัวสูงขึ้น และถูก ID Fans 6 ตัว ซึ่งเป็น Blower ดูดออกทางด้านบนผ่านม่านน้ำที่ถูกพ่นเพื่อดักผงพื้นฐานที่มีขนาดเล็กไม่ให้หลุดออกสู่อากาศภายนอก แล้วไหลลงสู่ Wet Cyclone และ Seal Pot

ในกระบวนการอบแห้งเพื่อผลิตผงพื้นฐานนี้ เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยจะทำงานร่วมกับส่วนต่างๆ ต่อไปนี้อย่างต่อเนื่อง

1. Tower Valve และ Stack Valve ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ปิดและเปิดการเข้าของอากาศร้อนสู่เครื่องอบแห้ง มีลักษณะคล้ายลิ้นปิดและเปิดอากาศ

2. ปั๊มความดันสูง เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ปั๊มสเลอรี่ที่ได้จากหน่วยผลิตสเลอรี่ ผ่านหัวฉีดสเลอรี่ทั้งหมดเพื่อฉีดให้เป็นฝอยเล็กๆ และสม่ำเสมอ

3. ID Fans เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ดูดอากาศร้อนที่ผ่านการใช้งานแล้วออกจากเครื่องอบแห้ง อุปกรณ์นี้มีทั้งหมด 6 ตัว อยู่ด้านบนของเครื่องอบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

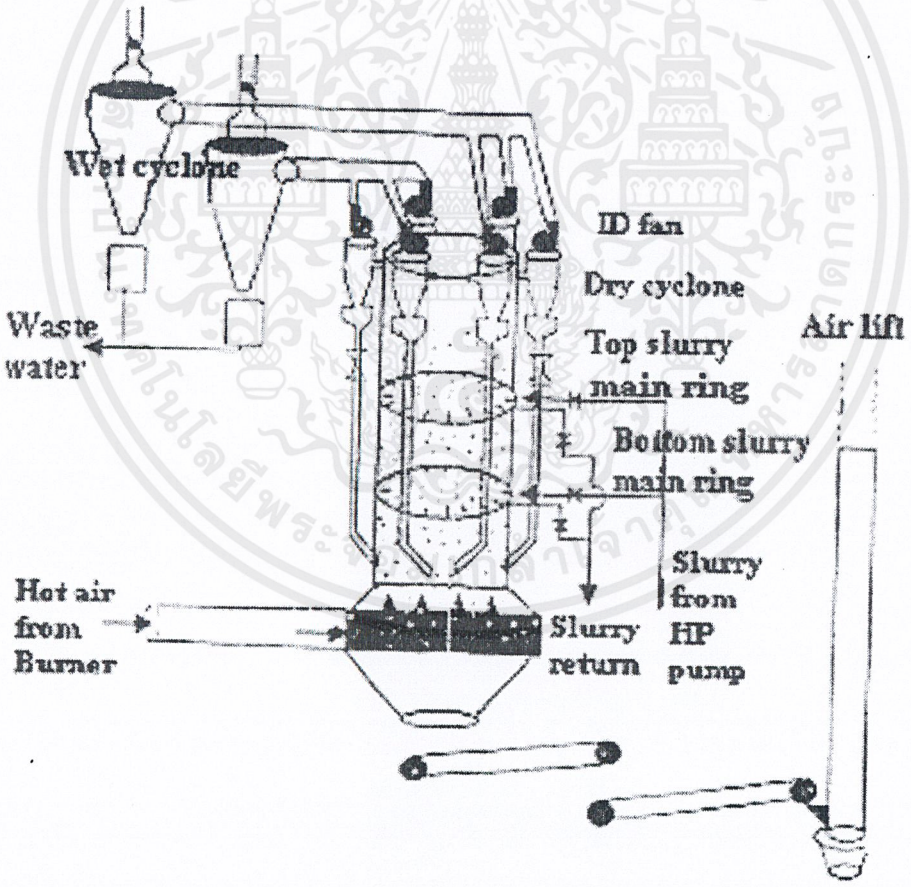
4. Wet Cyclone เป็นอุปกรณ์ที่ใช้แยกเศษผงพื้นฐานที่ผ่านการอบแห้งและปะปนมากับอากาศร้อนที่ถูกดูดด้วย ID Fans โดยจะใช้น้ำพ่นเป็นม่านน้ำเพื่อดักเศษผงพื้นฐานไม่ให้หลุดลอดออกไปปะปนกับอากาศที่จะถูกปล่อยออกทาง Wet Cyclone Valve

5. Wet Cyclone Valve เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ปิดและเปิดเพื่อปล่อยอากาศร้อนที่ถูกดึงมาจาก ID Fans ออกสู่อากาศภายนอก

6. Seal Pot เป็นอุปกรณ์ที่ใช้รักษาสมดุลของความดันภายในเครื่องอบแห้ง

7. Lower Chamber เป็นส่วนต่อระหว่างท่อทางเข้าของอากาศร้อนและท่อแยกอากาศร้อนเข้าสู่เครื่องอบแห้ง

เครื่องอบแห้งและส่วนต่างๆ ที่กล่าวมาข้างต้นแสดงดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 เครื่องอบแห้งชนิดพ่นฝอยกับอุปกรณ์ต่างๆ ในกระบวนการอบแห้ง [1]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การผลิตผงพื้นฐาน สามารถแบ่งออกเป็นขั้นตอนหลัก 5 ขั้นตอนหลัก ดังนี้

1. ขั้นเริ่มต้นก่อนการอบแห้ง (Start Up Tower) ID Fans จะเริ่มทำงาน Wet Cyclone Valve และ Tower Valve จะเปิดเต็มที่ ในขณะที่ Stack Valve ปิดเต็มที่ เพื่อให้อากาศร้อนสามารถไหลผ่านเข้าเครื่องอบแห้งและไหลออกทางด้านบน อากาศร้อนจะถูกอัดผ่าน Combusion Air Fan และส่งไปยังเครื่องอบแห้งเพื่อไล่อากาศและเศษผงพื้นฐานที่อาจสะสมอยู่ภายในเครื่องอบแห้งให้ออกไป อากาศที่ถูกไล่จะไหลผ่านขึ้นด้านบนของเครื่องอบแห้งและถูกดูดออกไปทาง ID Fans และ Wet Cyclone Valve เมื่อจบขั้นตอนนี้ Tower Valve จะปิด และ Stack Valve จะเปิด เพื่อไม่ให้อากาศร้อนเข้าสู่เครื่องอบแห้งและเป็นการเตรียมพร้อมก่อนการอบแห้งต่อไป

2. การฉีดสเลอรี่ (Start Spraying) Tower Valve จะเปิดเต็มที่ Stack Valve จะปิดเต็มที่ เพื่อให้อากาศร้อนถูกส่งเข้าเครื่องอบแห้ง อากาศร้อนจะมีอุณหภูมิสูงมากกว่า 450 องศาเซลเซียส สเลอรี่จะถูกปั๊มผ่านหัวฉีดสเลอรี่ด้วยปั๊มความดันสูง ทำให้สเลอรี่ที่ออกจากหัวฉีดสเลอรี่เป็นฝอยเล็กๆ

เครื่องอบแห้งชนิดพ่นฝอย ประกอบด้วยหัวฉีดสเลอรี่ทั้งหมด 28 หัว ซึ่งจะแยกอยู่ในวงแหวนหลักขนาดใหญ่ 2 วง โดยติดตั้งอยู่ตรงกลางของเครื่องอบแห้งชนิดพ่นฝอย ชนิดของหัวฉีดสเลอรี่เป็นแบบ Spray Jet หรือ Pressure Nozzle ซึ่งติดตั้งในลักษณะเอียงประมาณ 45 องศา ตัวเครื่องอบแห้งทำด้วย Mild Steel และมีความสูงประมาณ 24 เมตร มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 7 เมตร อากาศร้อนที่ใช้ในการอบแห้งจะมีอุณหภูมิในช่วง 275-450 องศาเซลเซียส ซึ่งจะทำให้มีอัตราการระเหยของน้ำประมาณ 220 กิโลกรัมต่อตารางเมตรต่อชั่วโมง ที่ความเร็วของอากาศร้อนประมาณ 0.7 เมตรต่อวินาที

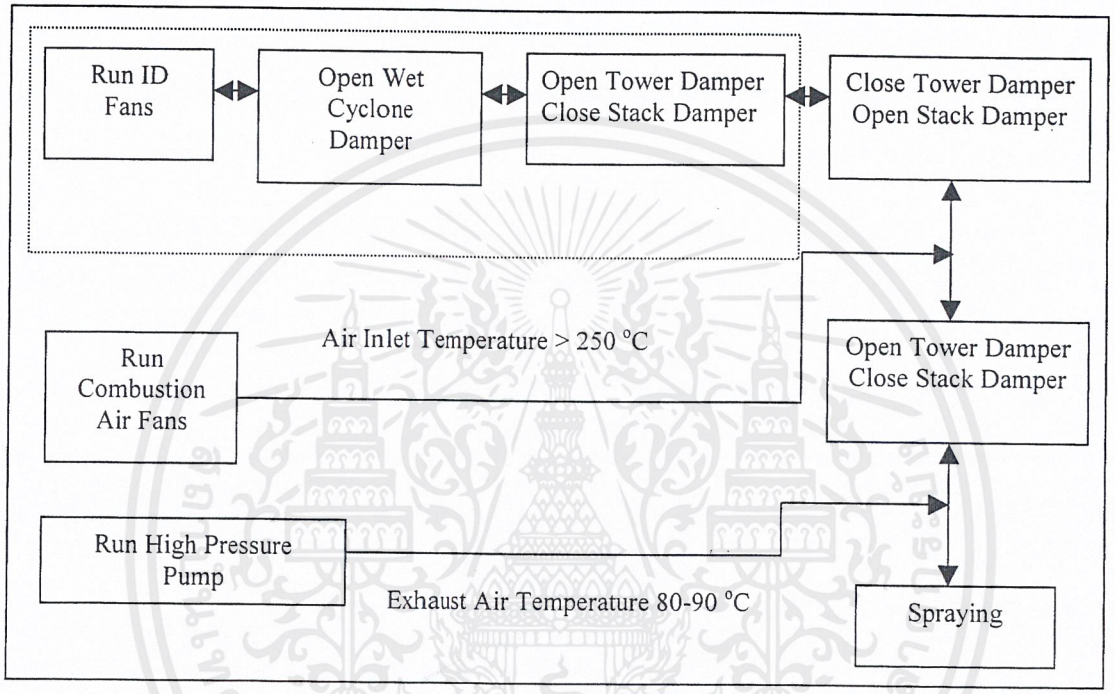
3. การเดินเครื่องตามปกติ (Normal Running) เมื่อสเลอรี่สัมผัสกับอากาศร้อนจะทำให้ความชื้นที่มีอยู่ในสเลอรี่ลดลงเกิดเป็นผงพื้นฐาน ผงพื้นฐานจะลอยอยู่ในเครื่องอบแห้งเป็นระยะเวลาหนึ่ง จากนั้นจะตกลงสู่สายพานลำเลียงทางด้านล่างของเครื่องอบแห้ง เพื่อนำไปผสมวัตถุดิบอื่นๆ สำหรับการผลิตผงซักฟอกตามสูตรที่กำหนด

4. การหยุดฉีดสเลอรี่ (Stop Spraying) ซึ่งจะหยุดเมื่อเกิดสิ่งผิดปกติต่างๆ เช่น ความผิดปกติภายในเครื่องอบแห้ง และคุณภาพของผงพื้นฐาน หรือเมื่อปริมาณผงพื้นฐานที่ถูกเก็บไว้ในไซโลมีมากเกินไป เป็นต้น ขั้นตอนนี้ปั๊มความดันสูงจะหยุดทำงาน Tower Valve จะปิดเพื่อไม่ให้อากาศร้อนเข้าสู่เครื่องอบแห้ง อากาศร้อนจะไหลออกทางปล่องระบายอากาศร้อนแทนทาง Stack Valve ที่เปิดอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. การปิดเครื่องและกลุ่มอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน (Shutdown Tower) เพื่อหยุดกระบวนการอบแห้งสำหรับการผลิตผงพื้นฐานทั้งหมด ซึ่งเป็นขั้นตอนสุดท้ายก่อนหยุดการผลิตเพื่อซ่อมบำรุง หรือทำความสะอาดอุปกรณ์ต่างๆ ในกระบวนการอบแห้งตามระยะเวลาที่กำหนด

แต่ละขั้นตอนสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ขั้นตอนการทำงานในการผลิตผงพื้นฐาน [1]

2.5 กระบวนการเผาไหม้

กระบวนการเผาไหม้ เป็นกระบวนการผลิตความร้อนเพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้กับอากาศสำหรับใช้ในการอบแห้งผงพื้นฐาน ประกอบด้วย

1. Burner Air Heater เป็นอุปกรณ์ที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้ของก๊าซธรรมชาติกับอากาศที่ผ่านมาจาก Combustion Air Fan

2. Combustion Air Fan เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับดึงอากาศจากบรรยากาศ และอากาศร้อนที่มาจากโรงซัลโฟเนชั่น เพื่อนำไปเผาไหม้ใน Burner Air Heater

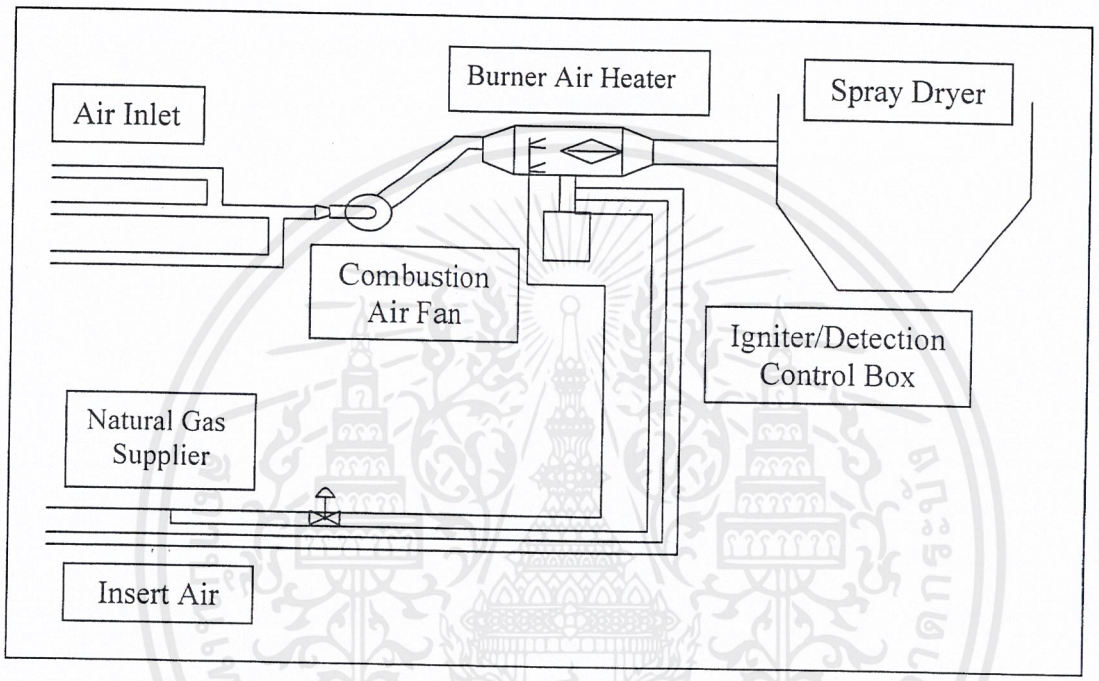
3. Igniter/Detection Control Box เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการจุดประกายไฟ เพื่อใช้ในการเผาไหม้ก๊าซธรรมชาติกับอากาศจากบรรยากาศใน Burner Air Heater

4. Natural Gas Supplier เป็นที่เก็บก๊าซธรรมชาติที่นำมาใช้ในการเผาไหม้ใน Burner Air Heater

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. Insert Air เป็นอากาศส่วนที่ป้อนเข้าไปใน Igniter/Detection Control Box เพื่อช่วยในการจุดติดเตาเผา

กระบวนการเผาไหม้ดังกล่าว แสดงดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 กระบวนการเผาไหม้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
เทคโนโลยีสะอาด

3.1 หลักการของเทคโนโลยีสะอาด [3]

เทคโนโลยีสะอาด (Cleaner Technology, CT) คือ การพัฒนาเปลี่ยนแปลงปรับปรุงกระบวนการผลิตหรือการบริการอย่างต่อเนื่องเพื่อใช้ทรัพยากรการผลิตอย่างมีประสิทธิภาพ โดยก่อให้เกิดผลกระทบหรือความเสี่ยงต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด และต้องมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ซึ่งทำได้โดยการลดมลพิษที่แหล่งกำเนิด การเปลี่ยนแปลงวิธีปฏิบัติงาน การใช้ซ้ำหรือการเปลี่ยนแปลงเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ โดยได้รับความร่วมมือจากบุคลากรภายในองค์กร

3.2 ขั้นตอนการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาด [4]

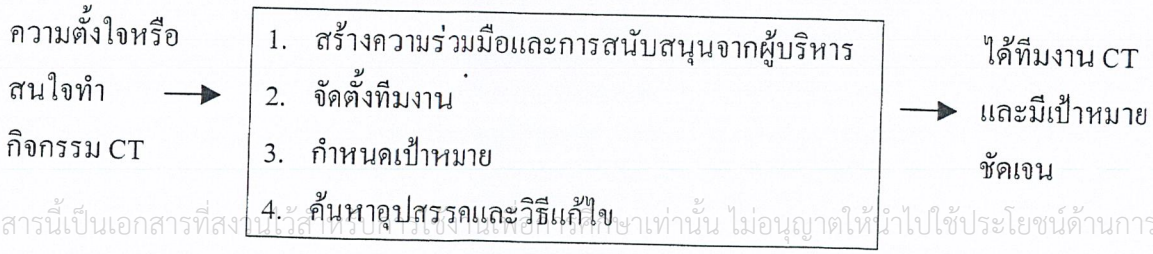
3.2.1 การวางแผนและการจัดองค์กร

วัตถุประสงค์ เพื่อให้ผู้บริหารและพนักงานของบริษัทตระหนักถึงความจำเป็นที่ต้องมีกิจกรรมเทคโนโลยีสะอาด

ผลที่ได้ มีดังนี้

1. ได้รับความร่วมมือและการสนับสนุนจากผู้บริหารระดับสูง
2. ผู้บริหารและพนักงานทราบถึงวัตถุประสงค์ของการตรวจประเมินเทคโนโลยีสะอาด
3. ได้ทีมงานตรวจประเมิน
4. มีงบประมาณและกำลังคนเพื่อดำเนินกิจกรรม
5. มีการกำหนดและติดต่อแหล่งข้อมูลที่จำเป็น
6. มีการกำหนดเป้าหมายของกิจกรรม CT
7. ทราบการแก้ไขอุปสรรค

ขั้นตอนการวางแผนและการจัดองค์กร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

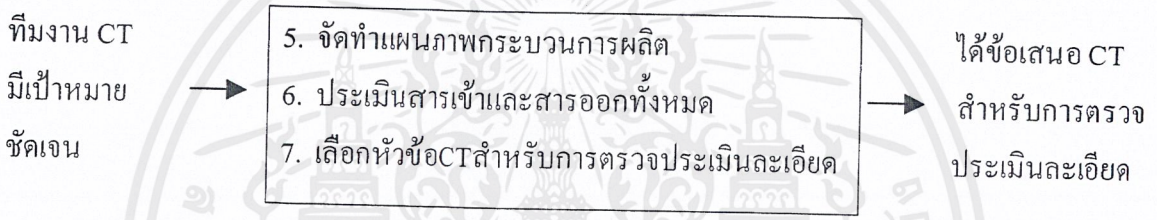
3.2.2 การตรวจประเมินเบื้องต้น

วัตถุประสงค์ เพื่อเลือกหัวข้อ CT สำหรับการตรวจประเมินละเอียด

ผลที่ได้ มีดังนี้

1. ได้แผนภาพกระบวนการผลิต
2. หัวข้อ CT ต่างๆ (CT options) สำหรับการตรวจประเมินละเอียด
3. มีการเตรียมข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบ “ก่อน” และ “หลัง” กิจกรรม CT
4. ได้ข้อเสนอ CT ที่เห็นได้ชัดเจนประเภทไม่ต้องลงทุน หรือลงทุนต่ำ

ขั้นตอนการตรวจประเมินเบื้องต้น



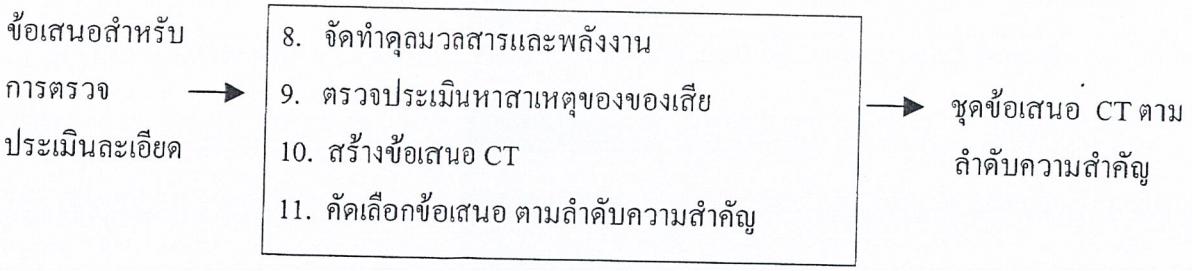
3.2.3 การตรวจประเมินละเอียด

วัตถุประสงค์ เพื่อสร้างชุดข้อเสนอ CT พร้อมกำหนดข้อเสนอที่ปฏิบัติได้ทันที และข้อเสนอที่ต้องศึกษารายละเอียดเพิ่มเติมอีก

ผลที่ได้ มีดังนี้

1. ได้ผลดุลมวลสารและพลังงาน ที่ตรวจสอบความถูกต้องแล้ว
2. ทราบแหล่งกำเนิดและสาเหตุของการเกิดของเสีย
3. ได้ชุดข้อเสนอเทคโนโลยีสะอาดที่เรียงตามลำดับความสำคัญ

ขั้นตอนการตรวจประเมินละเอียด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

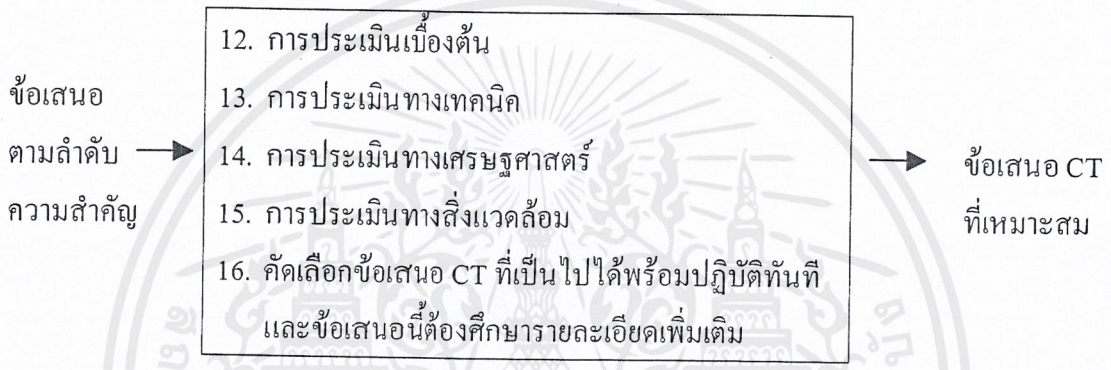
3.2.4 การศึกษาและประเมินความเป็นไปได้

วัตถุประสงค์ เพื่อเลือกข้อเสนอเทคโนโลยีสะอาดสำหรับการลงมือปฏิบัติ

ผลที่ได้ มีดังนี้

1. ได้ข้อเสนอ CT ที่เป็นไปได้
2. มีการบันทึกผลที่คาดว่าจะได้จากแต่ละข้อเสนอไว้ชัดเจน

ขั้นตอนการศึกษาความเป็นไปได้



3.2.5 การลงมือปฏิบัติ

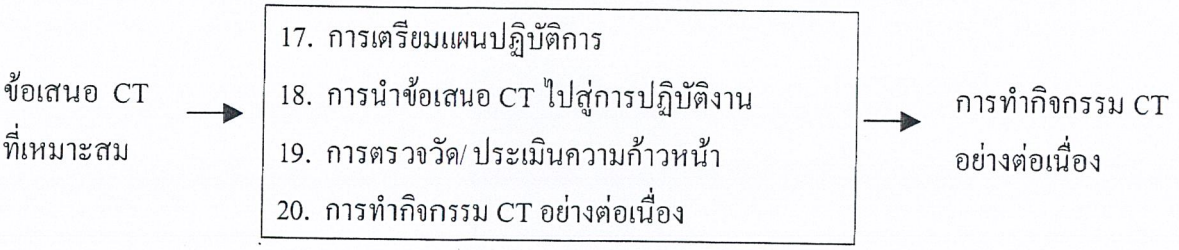
วัตถุประสงค์ เพื่อลงมือปฏิบัติตามข้อเสนอ CT ที่เลือก และทำให้กิจกรรม CT ดำเนินอย่างต่อเนื่อง

ผลที่ได้ มีดังนี้

มีการปฏิบัติตามขั้นเสนอ CT ที่เหมาะสม

1. มีการตรวจติดตามและประเมินผล
2. มีแผนการทำกิจกรรม CT อย่างต่อเนื่อง

ขั้นตอนการลงมือปฏิบัติ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การประเมินเบื้องต้นจากข้อมูลของบริษัทฯ (มกราคมถึงมิถุนายน 2544)

3.3.1 สารเข้าและสารออกจากกระบวนการผลิต

รูปที่ 3.1 แสดงสารป้อนเข้าและออกของกระบวนการผลิตทั้งหมด

3.3.2 การประเมินเบื้องต้นทางเทคนิค [5]

การประเมินเบื้องต้นทางเทคนิค สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 การประเมินเบื้องต้นทางเทคนิค (ข้อมูลของบริษัทฯ ในช่วงเดือนมกราคมถึงมิถุนายน 2544)

รายการ	Key Factor (เฉลี่ย)	Key Factor (best)	% DIV	Score
ไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ตันผลิตภัณฑ์)	27.98	25.8	8.3	1
ไอน้ำ (ตัน/ตันผลิตภัณฑ์)	0.025	0.02	53.9	2
น้ำ (ลูกบาศก์เมตร/ตันผลิตภัณฑ์)	0.57	0.52	8.49	1

หมายเหตุ 1. % DIV 0 - 30 % Score = 1 [5]

2. % DIV 31 - 60 % Score = 2

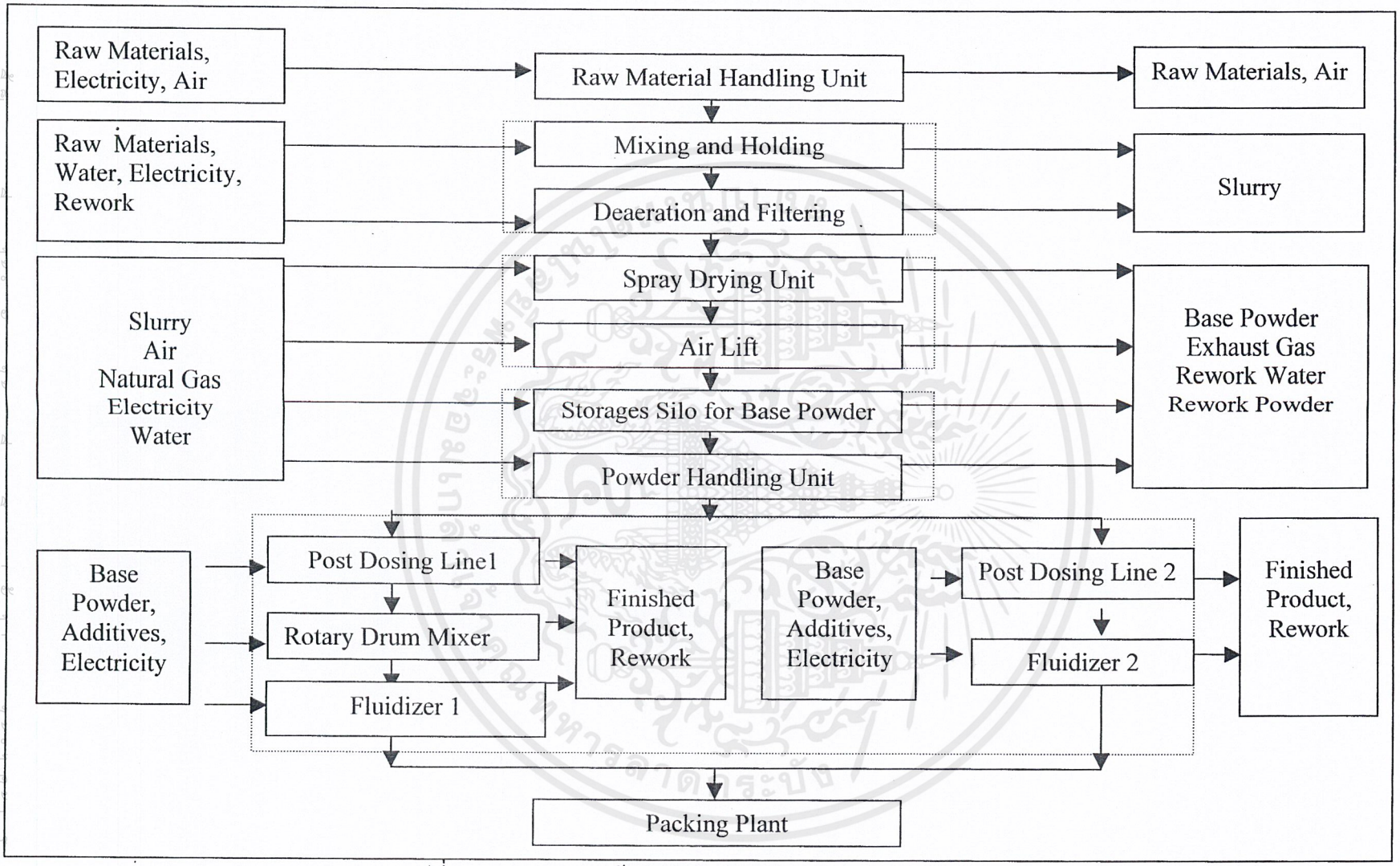
3. % DIV 61 - 100 % Score = 3

ค่าปัจจัยหลัก (Key Factor) คือ ตัวเลขแสดงการใช้ปัจจัยการผลิต หรือปริมาณของเสียจากการผลิตต่อหนึ่งหน่วยการผลิตของผลิตภัณฑ์

ค่าปัจจัยหลักมาตรฐาน (Key Factor Best) เป็นตัวเลขปัจจัยหลักในการประเมินประสิทธิภาพการจัดการทรัพยากร โดยเปรียบเทียบค่ากับกลุ่มอุตสาหกรรมประเภทเดียวกัน หรือเปรียบเทียบกับค่าที่ดีที่สุดของตนเองในช่วงระยะเวลาที่ประเมิน แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. Internal Key Factor เป็นค่าปัจจัยหลักที่น้อยที่สุดโดยคิดจากข้อมูล 6 เดือนย้อนหลังจากที่ทำการประเมิน ในโครงงานพิเศษนี้ประเมินการใช้ ไอน้ำ น้ำ และไฟฟ้าตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนมิถุนายน 2544 ดังแสดงในตารางที่ 3.2 Internal Key Factor แสดงในตารางที่ 3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 แผนภาพสารเข้าและออกของกระบวนการผลิตผงซักฟอกชนิดธรรมดา

ตารางที่ 3.2 ข้อมูลการใช้ไอน้ำ น้ำ และไฟฟ้า (มกราคมถึงมิถุนายน 2544)

รายการ	มกราคม		กุมภาพันธ์		มีนาคม		เมษายน		พฤษภาคม		มิถุนายน	
	ปริมาณการใช้	ผลิตภัณฑ์ (ตัน)	ปริมาณการใช้	ผลิตภัณฑ์ (ตัน)	ปริมาณการใช้	ผลิตภัณฑ์ (ตัน)	ปริมาณการใช้	ผลิตภัณฑ์ (ตัน)	ปริมาณการใช้	ผลิตภัณฑ์ (ตัน)	ปริมาณการใช้	ผลิตภัณฑ์ (ตัน)
ไอน้ำ (ตัน)	203	10258	229	9344	255	8485	358	10590	163	10102	242	9556
น้ำ (ลูกบาศก์เมตร)	5368	10258	4952	9344	5204	8485	6541	10590	5551	10102	5502	9556
ไฟฟ้า (x 10^6 กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	0.287	10258	0.250	9344	0.264	8485	0.319	10590	0.261	10102	0.251	9556

ตารางที่ 3.3 ค่า Internal Key Factor

รายการ	ปริมาณการใช้ในแต่ละเดือน ต่อ ตันผลิตภัณฑ์						Internal Key Factor (Best Value)
	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน	
ไอน้ำ (ตันต่อตันผลิตภัณฑ์)	0.0198	0.0245	0.0301	0.0338	0.0161	0.0253	0.0161
น้ำ (ลูกบาศก์เมตร/ ตันผลิตภัณฑ์)	0.523	0.530	0.613	0.618	0.549	0.576	0.523
ไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)/ตันผลิตภัณฑ์)	28.0	26.7	31.2	30.1	25.8	26.3	25.8

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2. External Key Factor เป็นค่าที่กำหนดเป็นมาตรฐานโรงงานแต่ละประเภท โดยสามารถหาได้จากเอกสารต่างๆ หรือทางเว็บไซต์

3.3.3 การประเมินเบื้องต้นทางเศรษฐศาสตร์ [5]

การประเมินเบื้องต้นทางเศรษฐศาสตร์ สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 การประเมินเบื้องต้นทางเศรษฐศาสตร์

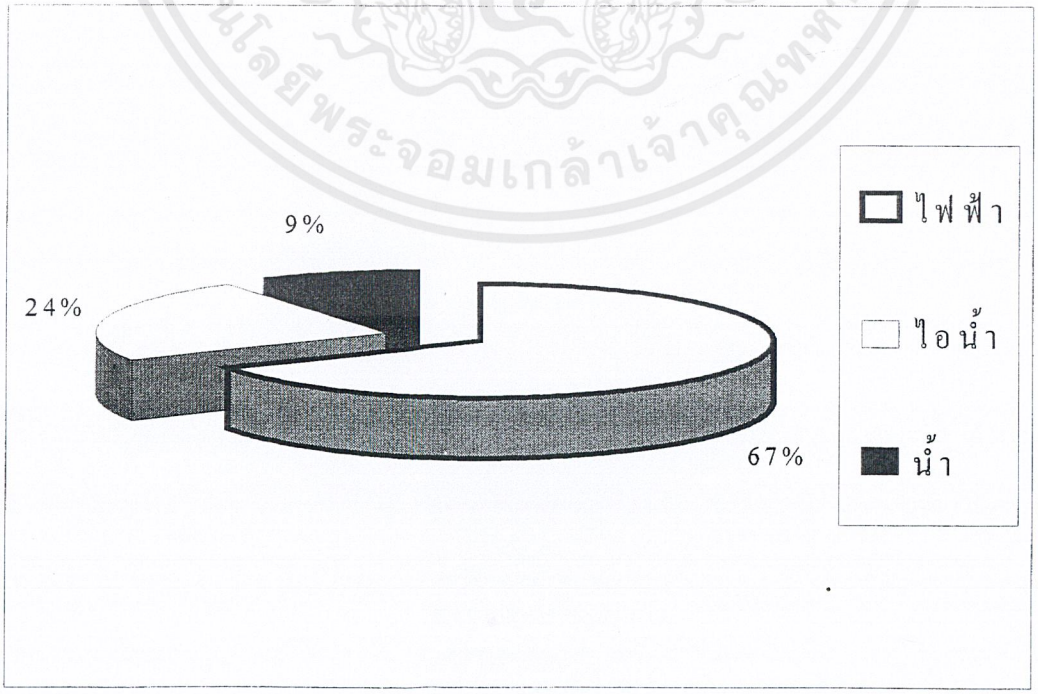
รายการ	ราคาต่อหน่วย (บาท)	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่อเดือน (บาท)	กำลังการผลิตเฉลี่ยต่อเดือน (ตันต่อเดือน)	Economic	Score
ไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	2.19	3,574,080	9722.5	45,843.42	1
ไอน้ำ (ตัน)	877.49	1,271,483	9722.5	74,256.18	1
น้ำ (ลูกบาศก์เมตร)	14.70	486,834	9722.5	6,348.83	1

หมายเหตุ 1. Economic $< 10^5$ Score = 1 [5]

2. $10^5 <$ Economic $< 10^6$ Score = 2

3. Economic $> 10^6$ Score = 3

สัดส่วนค่าใช้จ่ายของโรงงานแสดงได้ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 สัดส่วนค่าใช้จ่ายทั้งหมดของโรงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
45689

3.3.4 การประเมินเบื้องต้นทางสิ่งแวดล้อม [5]

การประเมินเบื้องต้นทางด้านสิ่งแวดล้อม แสดงได้ดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 การประเมินเบื้องต้นทางสิ่งแวดล้อม

ประเด็นปัญหา	ปริมาณ (หน่วย/ปี)	การให้คะแนนด้านสิ่งแวดล้อม			ผลรวม	Score
		ปริมาณ (Q)	ผลกระทบ (E)	การแพร่กระจาย (D)		
การใช้พลังงาน						
SO_2 ที่เกิด	9.96 กก.	2	2	3		
NO_2 ที่เกิด	7.61 กก.	2	2	3	12	2
CO_2 ที่เกิด	1,853.95 กก.	3	1	3		
การใช้น้ำ	66,236 ม.^{3}	2	2	1	4	1

หมายเหตุ 1. ตารางแสดงการประเมินเบื้องต้นทางสิ่งแวดล้อมแสดงในภาคผนวก ก

2. ค่าใช้จ่ายที่มากที่สุด คือ ค่าวัตถุดิบ แต่เนื่องจากชนิดและปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ในแต่ละสูตรไม่สามารถปรับเปลี่ยนได้ จึงไม่นำมาประเมิน

3. เมื่อวันที่ 8 กรกฎาคม 2544 เปลี่ยนการใช้เชื้อเพลิงจากใช้น้ำมันเตาเป็นก๊าซธรรมชาติ

3.4 การวิเคราะห์หาแนวทางเลือก

จากการประเมินเบื้องต้นทางด้านเทคนิค ด้านเศรษฐศาสตร์ และด้านสิ่งแวดล้อมสามารถนำมาจัดลำดับประเด็นปัญหาได้ดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 การจัดลำดับประเด็นปัญหา

รายละเอียด	ผลกระทบ			ผลรวม	ลำดับที่
	เชิงเทคนิค(A)	เชิงเศรษฐศาสตร์(B)	เชิงสิ่งแวดล้อม(C)	$AX_1+BX_2+CX_3$	
ไฟฟ้า	1	1	2	5	1
ไอน้ำ	2	1	1	5	1
น้ำ	1	1	1	4	2
ค่าถ่วงน้ำหนัก	$X_1 = 1$	$X_2 = 2$	$X_3 = 1$		

หมายเหตุ ค่าถ่วงน้ำหนักคิดมาจากการประชุมของคณะผู้จัดทำโดยจะให้ค่าถ่วงน้ำหนักมากในประเด็นที่คณะผู้จัดทำให้ความสนใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการประเมินเบื้องต้นจากข้อมูลในช่วงเดือน (มกราคมถึงมิถุนายน 2544) และการจัดลำดับปัญหาพบว่า ประเด็นปัญหาที่ควรดำเนินการแก้ไขมีลำดับดังต่อไปนี้

1. ปริมาณการใช้ไอน้ำ
2. ปริมาณการใช้ไฟฟ้า
3. ปริมาณการใช้น้ำ

ในการประเมินเบื้องต้นไม่ได้ประเมินเกี่ยวกับ ประเด็นการใช้ก๊าซธรรมชาติ เพราะบริษัท ฯ เริ่มนำก๊าซธรรมชาติมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตในวันที่ 8 กรกฎาคม 2544 แทนน้ำมันเตาทำให้ยังไม่ทราบปริมาณของก๊าซธรรมชาติที่เหมาะสมในการผลิตผงซักฟอกแต่ละสูตร อีกทั้งยังไม่ทราบอัตราส่วนของก๊าซธรรมชาติต่ออากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ที่แน่นอน ดังนั้นในขั้นตอนการประเมินละเอียด จะเน้นเกี่ยวกับปริมาณการใช้ก๊าซธรรมชาติและปัจจัยที่มีผลกระทบต่อปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ใช้ในกระบวนการผลิตผงซักฟอกชนิดธรรมดาเป็นหลัก เพื่อหาแนวทางลดปริมาณการใช้ก๊าซธรรมชาติในกระบวนการ เนื่องจากเป็นความต้องการเร่งด่วนของบริษัท ฯ

สำหรับประเด็นการใช้ปริมาณไอน้ำพบว่า ตั้งแต่ที่มีการนำก๊าซธรรมชาติมาใช้เป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันเตา ทำให้ปริมาณการใช้ไอน้ำลดลงอย่างมาก แต่ในการประเมินเบื้องต้นข้อมูลที่ใช้ในการประเมินคือตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนมิถุนายน 2544 ดังนั้นปริมาณไอน้ำที่ประเมินได้จะต่างจากค่าที่ใช้จริงในปัจจุบัน และมีแนวโน้มในการใช้ไอน้ำน้อยลงด้วย จึงต้องประเมินค่าอีกครั้งหลังจากที่ได้นำก๊าซธรรมชาติมาใช้แทนน้ำมันเตา

ส่วนประเด็นเรื่องปริมาณการใช้ไฟฟ้าไม่สามารถประเมินละเอียดได้ เนื่องจากทางโรงงานไม่มีเครื่องมือในการวัดปริมาณการใช้ไฟฟ้าในแต่ละหน่วยการผลิตได้โดยตรงทำให้ไม่สามารถตรวจสอบได้ว่า หน่วยการผลิตใดมีปริมาณการใช้ไฟฟ้าสูงเกินความจำเป็น

ในประเด็นเรื่องปริมาณการใช้น้ำ จะนำมาพิจารณาต่อไปภายหลัง

3.5 ข้อมูลจากการสำรวจโรงงาน

3.5.1 ข้อมูลระหว่างการเดินสำรวจโรงงาน

1. บริเวณรอบๆ เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยในช่วงวงแหวนล่าง (ชั้นที่มีหัวฉีดสเลอรี่ 12 หัว) มีน้ำนองบริเวณรอบหอ อาจทำให้เกิดการลื่นล้มขณะปฏิบัติงานได้ และอาจทำให้บริเวณในส่วนที่เป็นเหล็กเกิดการผุกร่อนได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. บริเวณที่เก็บถุงบรรจุ Rework วางไม่เป็นระเบียบ และบางถุงวางเอียงทำให้มี Rework บางส่วนหกหล่น ถ้าบริเวณใกล้เคียงมีน้ำ อาจทำให้พื้นลื่นและเป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานและผู้ที่เดินผ่านบริเวณนั้นได้

3. ในขณะเดินสำรวจพบว่ามีการซ่อมแซมรอกยกถุง Rework อยู่ ควรมีการติดป้ายบอกว่ามีการซ่อมแซมอยู่ยังไม่สามารถใช้การได้ และกั้นบริเวณที่ทำการซ่อมแซมเพื่อให้พนักงานที่ไม่เกี่ยวข้องที่อาจผ่านบริเวณนั้นทราบ

4. พลาสติกคลุมสายพานที่ Pose Dosing Unit ไม่พอดีทำให้มีการหลุดรั่วของผงซักฟอก

5. ปั๊มบริเวณชั้น 1 ควรมีฝาครอบ เพื่อป้องกันอุบัติเหตุ และปั๊มความดันสูงไม่ปิดฝาครอบ

3.5.2 สาเหตุในการหยุดการทำงานที่เกิดขึ้นเป็นประจำ

1. การทำความสะอาดประจำสัปดาห์
2. ช่วง Start up และ Shutdown
3. วัตถุดิบล้นถังเก็บ
4. ได้ปริมาณผงพื้นฐานตามที่ต้องการแล้ว
5. เกิดปัญหาทางด้าน เครื่องจักร อุปกรณ์ และไฟฟ้า เช่น

- Raw Material Handling Breakdown
- Slurry Making Unit Breakdown เช่น ปั๊มความดันสูงรั่ว
- Furnance and Spraying Drying Unit Breakdown เช่น เตาเผาแบบใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงทำงานผิดพลาด หรือหยุดทำงานเนื่องจากความชื้น ฝน หรือหยุดทำงานโดยไม่ทราบสาเหตุ เป็นต้น
- Post Dosing Unit Breakdown เช่น การไม่มีผงพื้นฐาน มอเตอร์ของพัดลมเสียหาย เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ก๊าซธรรมชาติ

ก๊าซธรรมชาติ [6] เป็นเชื้อเพลิงที่นอกจากจะใช้เป็นเชื้อเพลิงได้โดยตรงแล้ว ยังสามารถแยกออกเป็นสารตั้งต้นสำหรับอุตสาหกรรมปิโตรเคมี การค้นพบก๊าซธรรมชาติในประเทศไทยจึงเป็นจุดเริ่มต้นของการส่งเสริมเศรษฐกิจและการพัฒนาอุตสาหกรรมของประเทศ นับตั้งแต่มีการนำก๊าซธรรมชาติมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้าให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ต่อมาการปิโตรเลียมแห่งประเทศไทยได้ขยายการจำหน่ายก๊าซธรรมชาติไปสู่อุตสาหกรรม จนกระทั่งปัจจุบันการใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงแทนเชื้อเพลิงชนิดอื่นเริ่มมากขึ้น ช่วยประหยัดเงินตราต่างประเทศได้มาก เพราะสามารถลดการนำเข้าผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมต่างๆ ในแต่ละปี

ก๊าซธรรมชาติเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่ก่อกำเนิดและสะสมตัวอยู่ใต้พื้นผิวโลก คุณสมบัติของก๊าซธรรมชาติขึ้นอยู่กับโมเลกุลของสารไฮโรคาร์บอนที่เป็นองค์ประกอบ บางแหล่งประกอบด้วยสารไฮโดรคาร์บอนจำพวกมีเทนอย่างเดียว บางแหล่งประกอบด้วยสารประกอบไฮโดรคาร์บอนหลายชนิดได้แก่ มีเทน อีเทน โพรเพน บิวเทน เฮกเซน และอื่นๆ สัดส่วนขององค์ประกอบเหล่านี้ขึ้นอยู่กับสภาวะแวดล้อมของก๊าซแต่ละแหล่งที่พบ ก๊าซธรรมชาติบางแหล่งมีก๊าซมีเทนเป็นองค์ประกอบถึง 70% โดยอาจมีสารอื่นๆ ปนอยู่บ้าง เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซไข่เน่า ก๊าซไนโตรเจน และน้ำ เป็นต้น

คุณสมบัติทั่วไปของก๊าซธรรมชาติ

1. ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ปราศจากพิษ
2. เบากว่าอากาศ (ความถ่วงจำเพาะ 0.5-0.8)
3. มีสถานะเป็นก๊าซที่อุณหภูมิและความดันบรรยากาศ
4. ติดไฟ ช่วงการติดไฟที่ 5-15 % โดยปริมาตรในอากาศ
5. เกิดการเผาไหม้ได้สมบูรณ์

ข้อดีของการใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงในหม้อไอน้ำและเตาเผา

1. การเผาไหม้ของก๊าซธรรมชาติดีมาก คือ มีก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไนโตรเจนออกไซด์ อยู่ในปริมาณต่ำมาก

2. ไม่ทำให้เกิดการผุกร่อนแบบ High-Low Temperature Corrosion เนื่องจากไม่มีซัลเฟอร์ไตรออกไซด์และวานาเดียมออกไซด์ ทำให้สามารถลดการใช้สารเคมีได้ จึงลดทั้งค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและการบำรุงรักษาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ไม่มีขี้เถ้า เนื่องจากไม่มี Si-Ca, Al, P, Na เหมือนกับน้ำมันเตา ทำให้ไม่ต้องติดอุปกรณ์สำหรับเก็บขี้เถ้า

4. ไม่ต้องมีปั๊ม เนื่องจากก๊าซธรรมชาติมีความดันในตัว เพียงแต่มี Regulator ลดความดันเพื่อให้เหมาะสมกับการผสมกับอากาศในเตาเผา

5. ช่วยลดพลังงานที่ต้องใช้ในการระเหยน้ำมันในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

6. ไม่ต้องมีถังเก็บน้ำมัน

4.1 ระบบท่อก๊าซธรรมชาติในโรงงานอุตสาหกรรม

ระบบท่อก๊าซธรรมชาติในที่นี้ หมายถึง ท่อส่งก๊าซธรรมชาติที่ต่อจากวาล์วตัวสุดท้ายของสถานีวัดปริมาณก๊าซและควบคุมความดัน (M & R Station) ถึงวาล์วตัดก๊าซธรรมดา (Manual Shut-off Valve) ของอุปกรณ์ใช้ก๊าซในโรงงาน ระดับความดันก๊าซที่เหมาะสมของท่อส่งก๊าซธรรมชาติในโรงงานหรือในอาคารตามมาตรฐานของ National Fuel Gas Code (NFPA 54-1988) ระบุไว้ไม่เกิน 125 psig ก๊าซธรรมชาติจากระบบท่อของ ปตท. ที่ออกจากสถานีวัดปริมาณก๊าซธรรมชาติและควบคุมความดัน จะส่งผ่านเข้าระบบท่อส่งก๊าซธรรมชาติของโรงงานเพื่อจ่ายให้แก่อุปกรณ์ใช้ก๊าซ (ความดันของก๊าซที่ออกจากสถานีวัดปริมาณก๊าซและควบคุมความดันมีค่าประมาณ 1 บาร์ (Max.1.2 บาร์))

ระบบท่อส่งก๊าซธรรมชาติในอุตสาหกรรม มีดังนี้

1. ท่อประธาน (Main Piping) หมายถึง ท่อก๊าซธรรมชาติที่ต่อเชื่อมจากระบบท่อของสถานีวัดปริมาณก๊าซและควบคุมความดัน

2. ท่อย่อย (Branch Piping) หมายถึง ท่อก๊าซธรรมชาติที่ต่อแยกจากท่อประธานเพื่อส่งก๊าซธรรมชาติที่รับต่อจากท่อประธานให้กับอุปกรณ์ใช้ก๊าซ

3. อุปกรณ์ควบคุมความดันก๊าซภายในท่อ (Line Pressure Regulator) หมายถึง อุปกรณ์ปรับความดันก๊าซที่ติดตั้งระหว่างสถานีวัดปริมาณก๊าซและควบคุมความดันกับอุปกรณ์ใช้ก๊าซเพื่อปรับลดความดันก๊าซของท่อให้เหมาะสม

4. อุปกรณ์ป้องกันความดันเกิน (Pressure Protective Device) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ป้องกันอันตรายที่เกิดจากการทำงานผิดพลาดของอุปกรณ์ควบคุมความดัน ถ้าอุปกรณ์ควบคุมความดันก๊าซทำงานผิดพลาดจะทำให้ความดันขาออกของก๊าซในระบบท่อส่งก๊าซธรรมชาติสูงเกิน ซึ่งอาจทำให้อุปกรณ์ใช้ก๊าซได้รับความเสียหาย อุปกรณ์ป้องกันความดันเกินมี 2 ประเภท ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Relief Valve เมื่อความดันของก๊าซในระบบมีค่าสูงกว่าค่าที่ตั้งไว้ของ Relief Valve ก๊าซธรรมชาติจะถูกปล่อยออกเพื่อลดความดันในท่อ วาล์วป้องกันความดันก๊าซเกินประเภทนี้จะติดตั้งที่ความดันขาออกของอุปกรณ์ควบคุมความดัน

- Shut-off Valve หรือ Safety Shut-off Valve เมื่อความดันของก๊าซที่ออกจากอุปกรณ์ควบคุมความดันมีค่าสูงกว่าค่าที่ตั้งไว้ของ Shut-off Valve วาล์วนี้จะปิดตัวไม่ยอมให้ก๊าซธรรมชาติไหลผ่าน วาล์วป้องกันความดันประเภทนี้จะติดตั้งด้านหน้าของอุปกรณ์ควบคุมความดัน

5. วาล์วตัดก๊าซธรรมดา (Manual Shut-off Valve) เป็นวาล์วที่ใช้เปิดและปิดด้วยมือหรือด้ามจับเพื่อจ่ายก๊าซธรรมชาติให้กับอุปกรณ์ใช้ก๊าซ โดยทั่วไปวาล์วนี้จะติดไว้ที่ส่วนปลายของท่อย่อยกับอุปกรณ์ใช้ก๊าซ

6. อุปกรณ์ใช้ก๊าซ (Gas Utilization Equipment) หมายถึง อุปกรณ์ที่ใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง เช่น หม้อไอน้ำ เตาเผา เครื่องอบแห้ง เป็นต้น ซึ่งอุปกรณ์ใช้ก๊าซที่กล่าวถึงนี้ รวมถึงวาล์วปรับลดความดันก๊าซจากท่อย่อย อุปกรณ์ควบคุมส่วนผสมของก๊าซธรรมชาติและอากาศ เช่น Air Blower, Gas-Air Mixer System ซึ่งมาพร้อมกับอุปกรณ์ใช้ก๊าซหรือติดตั้งในภายหลัง

4.2 ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ใช้ในกระบวนการผลิตผงพื้นฐาน

1. ความชื้นของผงพื้นฐานซึ่งเป็นมาตรฐานในการผลิตผงซักฟอกแต่ละสูตร ดังนั้นในการควบคุมการผลิต จะต้องควบคุมตัวแปรอื่นๆ เช่น อุณหภูมิของอากาศร้อนและอัตราการไหลของอากาศร้อนก่อนเข้าเครื่องอบแห้ง ความดันภายในเครื่องอบแห้ง เป็นต้น เพื่อทำให้ผงพื้นฐานที่ผลิตได้มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นตามมาตรฐานที่กำหนด ถ้าผงพื้นฐานที่ได้มีความชื้นต่ำ แสดงว่าต้องใช้ความร้อนของอากาศในการระเหยน้ำมากขึ้น ทำให้ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ใช้มากขึ้นด้วย

2. Bulk Density (BD) [7] ของผงซักฟอก คือ น้ำหนักของผงซักฟอกต่อปริมาตรรวมทั้งหมด ซึ่งเป็นคุณสมบัติทางกายภาพที่สำคัญที่สุดของผงซักฟอก ในการบรรจุที่ใช้วิธีการบรรจุโดยปริมาตรด้วย Measuring Cup การเปลี่ยนแปลงของค่า BD จะมีผลกระทบอย่างมากต่อกระบวนการบรรจุ เช่น บรรจุได้น้ำหนักตามที่ระบุไว้ แต่ปริมาณของผงซักฟอกในกล่องจะมีปริมาตรที่ว่างเหลือภายในกล่อง ซึ่งทำให้ไม่เป็นที่พอใจของผู้บริโภค จึงต้องทำการบรรจุใหม่ หรือทำให้โรงงานมีการสูญเสียจากการบรรจุผงซักฟอกเกินให้กับผู้บริโภค หรือมีการนำผงซักฟอกกลับมาใช้เป็น Rework เพื่อทำการผลิตใหม่ ทำให้โรงงานมีต้นทุนในการผลิตที่สูงขึ้น เนื่องจากมีการใช้พลังงานมากขึ้น

3. Percent of Active Detergent (%AD) หรือปริมาณของสารที่ช่วยในการกำจัดสิ่งสกปรกและลดแรงตึงผิว ได้จากการทำปฏิกิริยาของกรดซัลโฟนิกกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องอยู่ในมาตรฐานของการผลิตผงซักฟอก ถ้า %AD มากหรือน้อยเกินกว่าช่วงของมาตรฐานที่กำหนดผงซักฟอกที่ได้จะถูกนำไปเป็น Rework เพื่อนำกลับไปผลิตใหม่ ทำให้ต้องใช้ก๊าซธรรมชาติเพิ่มขึ้น

4. อัตราการไหลของอากาศก่อนเข้าเตาเผา ยิ่งอัตราการไหลของอากาศมากขึ้น ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ต้องใช้เพื่อเพิ่มอุณหภูมิของอากาศให้เป็นไปตามค่าเป้าหมายที่กำหนดจะมากขึ้นด้วย

5. อุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าเตาเผา ถ้าอุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าเตาเผาสูงกว่าอุณหภูมิบรรยากาศ จะทำให้ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิอากาศให้เป็นไปตามค่าเป้าหมายที่กำหนดลดลง เนื่องจากปริมาณความร้อนที่ต้องใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิให้กับอากาศน้อยลง

6. อุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าเครื่องอบแห้ง มีผลต่อปริมาณความชื้นของผงพื้นฐานและค่า Bulk Density คือ ถ้ากำหนดค่าเป้าหมายสูงเกินไป อาจทำให้ผงพื้นฐานแห้งและมีค่า Bulk Density ต่ำ และปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ใช้สูงเกินความจำเป็น

7. อัตราการไหลและความดันของก๊าซธรรมชาติ อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดอัตราการไหลของก๊าซธรรมชาติ คือ ออริฟิส ซึ่งใช้หลักการวัดความดันลดระหว่างหน้าและหลังออริฟิส และอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมอัตราการไหลของก๊าซธรรมชาติ คือ วาล์วควบคุม ซึ่งเปอร์เซ็นต์ของการเปิด-ปิดวาล์ว ถูกกำหนดแบบช่วงเปอร์เซ็นต์การเปิดน้อยที่สุดและมากที่สุดจากพนักงานปฏิบัติการขณะทำการผลิต เพื่อควบคุมอุณหภูมิก่อนเข้าเครื่องอบแห้งให้ได้ตามค่าเป้าหมายที่กำหนด ดังนั้นถ้าช่วงกว้างของการเปิดวาล์วมาก จะทำให้ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ใช้มากขึ้นด้วย

8. อัตราส่วนโดยปริมาตรของอากาศต่อก๊าซธรรมชาติที่ใช้ในการอบแห้ง มีผลต่อการจุดติดไฟของเตาเผา เนื่องจากถ้าปริมาณอากาศมากหรือน้อยเกินไป จะทำให้ไม่สามารถจุดติดได้ โดยอัตราส่วนโดยปริมาตรของอากาศต่อก๊าซธรรมชาติที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 60-90 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของอากาศอีกด้วย ถ้าอากาศร้อนจะทำให้ปริมาตรของอากาศมากขึ้นในขณะที่มวลยังคงเท่าเดิม แสดงว่าปริมาณของออกซิเจนในอากาศจะลดลงเมื่อเทียบกับปริมาตรของอากาศที่เข้าเตาเผา อาจทำให้การจุดติดไฟของเตาเผาไม่ดี

9. อัตราการไหลของสเลอรี่ คำนวณได้จากความเร็วรอบของปั๊มความดันสูง และขึ้นอยู่กับอัตราการผลิตที่โรงงานต้องการ ถ้าอัตราการไหลของสเลอรี่มากจะต้องใช้ความร้อนในการระเหยน้ำออกจากสเลอรี่มาก ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ใช้จะมากขึ้นด้วย

10. ความชื้นของสเลอรี่ ขึ้นอยู่กับการผสมเนื้อสเลอรี่และ Rework ถ้าปริมาณน้ำในสเลอรี่มาก จะทำให้ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ใช้ในการระเหยน้ำออกไปมากขึ้นด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. ความดันของปั๊มความดันสูงสำหรับฉีดสเลอรี่ มีผลต่ออัตราการไหลของสเลอรี่ และขนาดของผงพื้นฐานที่ผลิตได้ โดยจะต้องทำการควบคุมให้มีค่าประมาณ 40-45 บาร์ขณะทำการผลิต ถ้าความดันของปั๊มความดันสูงมีค่าสูง จะฉีดสเลอรี่ได้ขนาดเล็ก ทำให้น้ำระเหยได้ดีจึงไม่จำเป็นต้องใช้ความร้อนมาก ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ใช้จึงน้อยลงด้วย แต่ทั้งนี้ต้องไม่สูงเกินมาตรฐานจนเป็นอันตรายต่อเครื่องมือ และอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงความดันของปั๊มความดันสูงแสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 การเปลี่ยนแปลงของความดันของปั๊มความดันสูงจากสาเหตุต่างๆ [8]

สาเหตุ	ความดันของปั๊มความดันสูง ที่เปลี่ยนแปลงโดยประมาณ (บาร์)
ปิดหัวฉีดสเลอรี่ 1 หัว	เพิ่มขึ้น 3-5
หัวฉีดสเลอรี่ตัน 1 หัว	เพิ่มขึ้น 3-5
การพอกตัวของสเลอรี่ที่หัวฉีดสเลอรี่	เพิ่มขึ้น 2-4
การเพิ่มความเร็วรอบของปั๊มความดันสูงขึ้น 1 %	เพิ่มขึ้น 2
เปิดหัวฉีดสเลอรี่ 1 หัว	ลดลง 3-5
หัวฉีดสเลอรี่ไม่ตัน 1 หัว	ลดลง 3-5
การหลุดออกของสเลอรี่ที่หัวฉีดสเลอรี่	ลดลง 2-4
การลดความเร็วรอบของปั๊มความดันสูงลด 1 %	ลดลง 2

12. ตำแหน่งของหัวฉีดสเลอรี่ที่เปิด การเปิดหัวฉีดสเลอรี่ในตำแหน่งที่ทำให้การกระจายตัวของสเลอรี่ครอบคลุมอยู่ภายในเครื่องอบแห้ง จะทำให้พื้นที่สัมผัสของอากาศร้อนกับสเลอรี่มากขึ้น ลดการสูญเสียความร้อนที่ออกจากเครื่องอบแห้งไปกับอากาศร้อนได้ ทำให้ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิให้อากาศร้อนลดลง

13. ความดันสุญญากาศใน Deaerator Deaerator ทำหน้าที่ดูดอากาศออกจะสเลอรี่ ทำให้สเลอรี่เหนียวข้นขึ้น ถ้าความดันสุญญากาศมาก สเลอรี่จะเหนียวมากเกินไป อาจเกิดการอุดตันของหัวฉีดสเลอรี่ และทำให้ขนาดของสเลอรี่ที่ออกจากหัวฉีดใหญ่ ต้องใช้ความร้อนในการระเหยน้ำออกจากสเลอรี่มาก ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ใช้เพิ่มขึ้นด้วย รวมทั้งทำให้ค่า Bulk Density ที่ได้ไม่เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด ซึ่งการกำหนดความดันสุญญากาศใน Deaerator ขึ้นอยู่กับสูตรของสเลอรี่ที่ผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14. อุณหภูมิของอากาศร้อนที่ออกจากเครื่องอบแห้ง เป็นตัวบอกให้ทราบว่าขณะที่ทำการผลิต ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ใช้มากเกินความจำเป็นหรือไม่ และตำแหน่งของหัวฉีดสเลอรี่ที่เปิดครอบคลุมทั่วทั้งเครื่องเผาไหม้หรือไม่ ถ้าอุณหภูมิของอากาศร้อนที่ออกจากเครื่องอบแห้งมีค่าสูง แสดงว่ามีการใช้ความร้อนมากเกินความจำเป็น หรือตำแหน่งของหัวฉีดสเลอรี่ที่เปิดไม่ครอบคลุมทั่วทั้งเครื่องเผาไหม้ ซึ่งจะส่งผลถึงปริมาณความชื้นของผงพื้นฐาน และค่า Bulk Density ของผงพื้นฐานด้วย

15. ความดันภายในเครื่องอบแห้ง เป็นตัวกำหนดระยะเวลาในการสัมผัสกับอากาศภายในเครื่องอบแห้งของผงพื้นฐาน ถ้าความดันต่ำมากๆ จะทำให้ผงไหม้ แต่ถ้าความดันสูงเกินไป ระยะเวลาในการอยู่ในเครื่องอบแห้งน้อยลง ทำให้ผงพื้นฐานมีความชื้นมากกว่าที่กำหนด

4.3 แผนภาพ Why Why

แผนภาพ Why Why เป็นเครื่องมือวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น และวิธีการแก้ปัญหา โดยเริ่มต้นจากการหาสาเหตุที่เป็นไปได้ทั้งหมดของปัญหา จนถึงสาเหตุที่แท้จริง แล้วทำการตรวจสอบสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นว่าเป็นจริงหรือไม่ จากนั้นเสนอแนวทางการแก้ไขที่เป็นไปได้ แล้วทำการทดลองเพื่อพิสูจน์แนวทางแก้ปัญหานั้น ๆ

สำหรับแผนภาพ Why Why ของปัญหาการใช้ก๊าซธรรมชาติในกระบวนการผลิตผงซักฟอกชนิดธรรมดามากเกินไป แสดงดังรูปที่ 4.1

ผู้วิจัยได้เลือกแนวทางการแก้ไขที่เป็นไปได้โดยสามารถทำได้ทันที ดังนี้

1. การนำอากาศร้อนจากโรงซัลโฟเนชั่นมาใช้เพิ่มอุณหภูมิให้กับอากาศก่อนเข้าเตาเผา
2. ทำมาตรฐานการเปิดวาล์วควบคุมอัตราการไหลของก๊าซธรรมชาติ
3. ทำมาตรฐานตำแหน่งการเปิดหัวฉีดสเลอรี่
4. ทำการตรวจสอบการสูญเสียความร้อนให้กับสิ่งแวดล้อมรอบเครื่องอบแห้ง
5. การติดตั้งระบบอัตโนมัติ

4.4 การออกแบบและเก็บรวบรวมข้อมูล

ปฏิบัติตามหลักการ PDCA Cycle (Plan-Do-Check-Act) [8]

1. Plan วางแผนการเก็บข้อมูล ศึกษาหาปัจจัยที่เกี่ยวข้องโดยใช้แผนภาพ Why Why ออกแบบวิธีการทดลอง และคำนวณผลตามทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง เพื่อให้แน่ใจว่าวิธีการที่เลือกสามารถนำไปปฏิบัติได้จริง

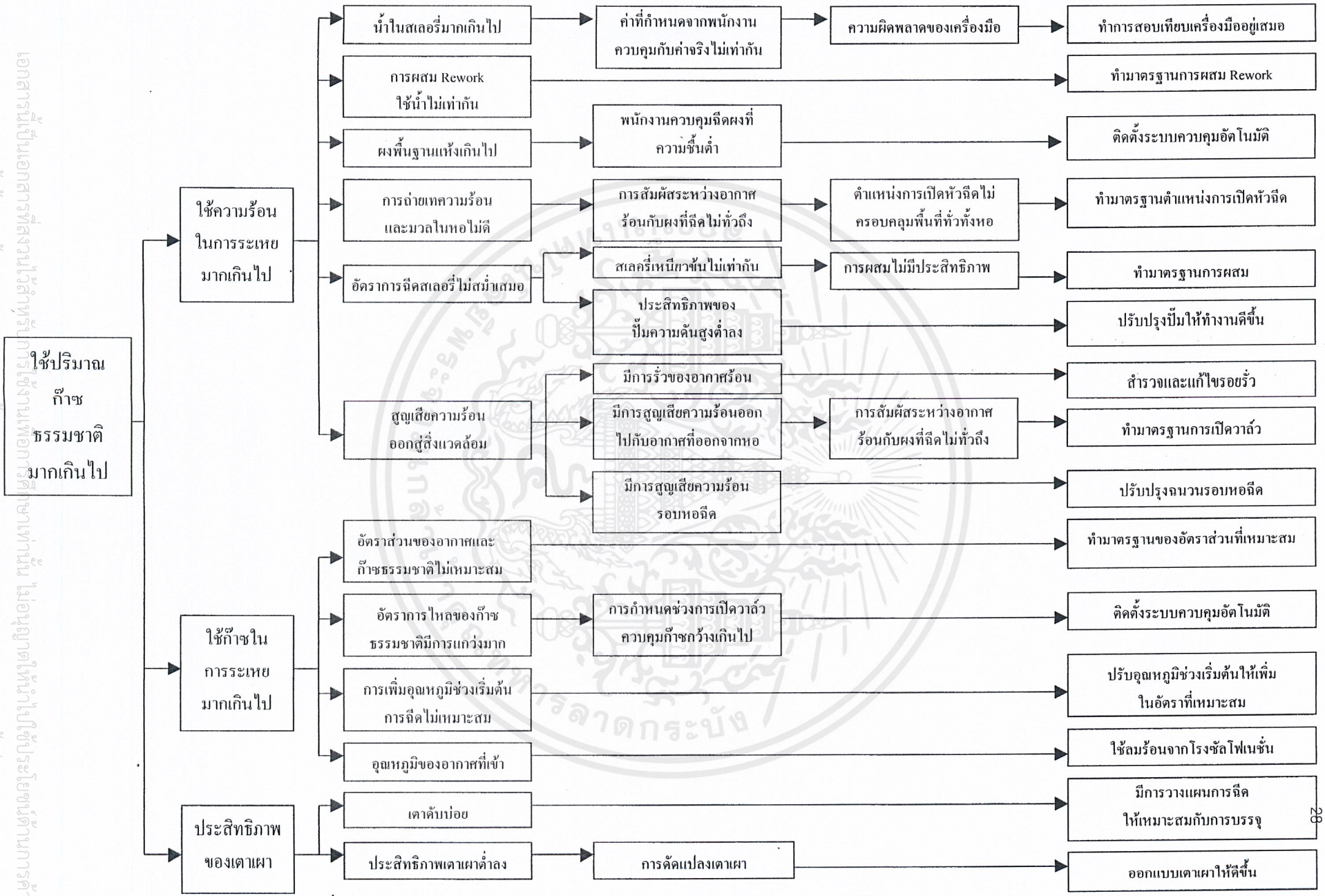
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Do ทดลองเก็บข้อมูลต่างๆ ที่มีผลต่อปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ใช้ในกระบวนการผลิตผงพื้นฐาน ตารางที่ใช้บันทึกข้อมูลแสดงในภาพผนวก ข

3. Check นำผลการทดลองที่ได้มาคำนวณและเปรียบเทียบกับผลการคำนวณที่ได้จากทฤษฎี

4. Act สร้าง Standard Operating Procedures (SOPs) เพื่อควบคุมปริมาณการใช้ก๊าซธรรมชาติในกระบวนการผลิตให้พนักงานปฏิบัติการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 แผนภาพ Why Why แสดงสาเหตุ และแนวทางการแก้ปัญหาการใช้ปริมาณก๊าซธรรมชาติมากเกินไป

บทที่ 5
การทดลอง

5.1 การเพิ่มอุณหภูมิให้กับอากาศก่อนเข้าเตาเผาโดยการใช้อากาศร้อนจากโรงซัลโฟเนชั่น

5.1.1 ที่มาของการทดลอง

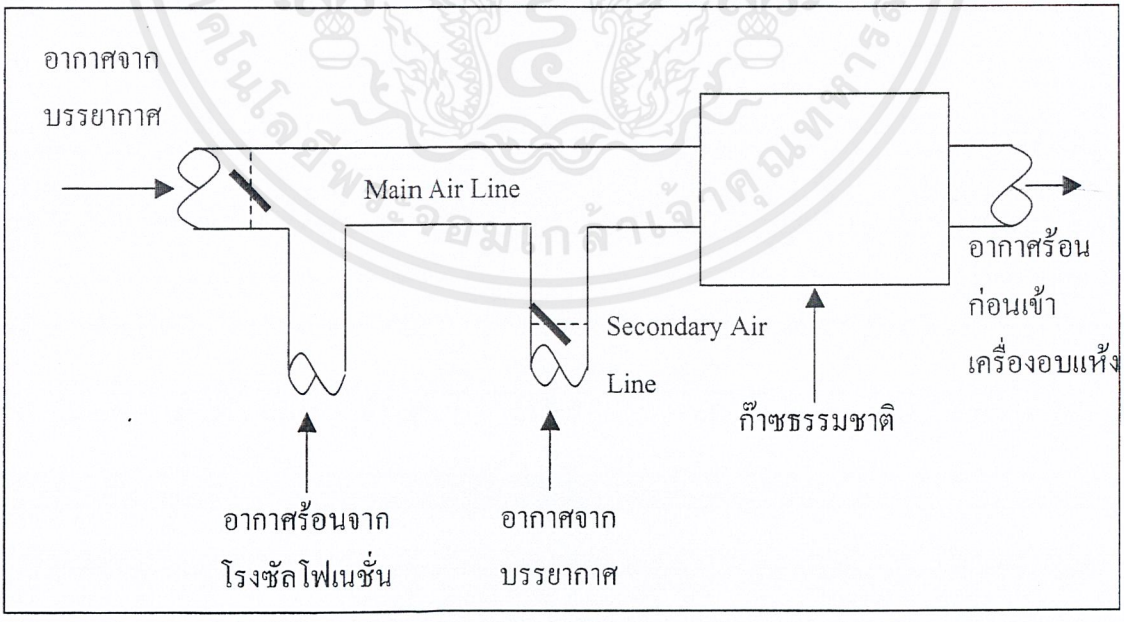
อากาศที่จะนำมาใช้ในการอบแห้งเพื่อผลิตผงพื้นฐาน ซึ่งถูกดึงเข้ามาโดย Combustion Air Fan จะต้องทำให้มีอุณหภูมิตามค่าเป้าหมายที่กำหนดไว้โดยใช้เตาเผาในการเพิ่มอุณหภูมิ และใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. อากาศจาก Main Air Line เป็นอากาศร้อนที่มาจากโรงซัลโฟเนชั่นรวมกับอากาศจากบรรยากาศ

2. อากาศจาก Secondary Air Line เป็นอากาศจากบรรยากาศ

ดังแสดงในรูปที่ 5.1

ดังนั้นถ้าอากาศร้อนที่มาจากโรงซัลโฟเนชั่นมีปริมาณมากขึ้น จะทำให้อากาศก่อนเข้าเตาเผามีอุณหภูมิสูงขึ้น และปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิให้กับอากาศลดลงด้วย



รูปที่ 5.1 ท่ออากาศก่อนเข้าเตาเผา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โรงซัลโฟเนชั่นทำหน้าที่ผลิตสารลดแรงตึงผิวโดยใช้ปฏิกิริยาซัลโฟเนชั่น ซึ่งเป็นปฏิกิริยาระหว่างโอเลี่ยมและอัลคิลเบนซินที่มีโครงสร้างแบบโซ่ตรง ทำปฏิกิริยาในกรดซัลฟิวริกซึ่งมีซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ละลายอยู่ ผลิตภัณฑ์ที่ได้คือ กรด Linear Alkyl Benzene Sulfonic (LAS Acid) และเมื่อนำ LAS Acid ไปทำปฏิกิริยากับ Caustic Soda จะได้ Linear Alkyl Benzene Sulfonate ซึ่งใช้เป็นสารลดแรงตึงผิวในการผลิตผงซักฟอก

สารลดแรงตึงผิวที่ใช้ในการผลิตผงซักฟอกมี 2 ชนิด คือ

1. LABS เป็นส่วนผสมที่เป็น Soft Detergent เพราะบักเตรีทำการย่อยสลายได้ง่ายและเร็วกว่า ABS (Alkyl Benzene Sulfonate) จึงไม่เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

2. ABS เป็นส่วนผสมที่เป็น Hard Detergent เพราะบักเตรีย่อยสลาย ABS ได้ยากหรือเกือบไม่ได้เลย ทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

สำหรับซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ที่ใช้ ได้จากการทำปฏิกิริยาระหว่างซัลเฟอร์ไดออกไซด์กับออกซิเจน ใน Converter โดยมีวานาเดียมออกไซด์ (V_2O_5) เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ดังสมการ

$$SO_2 + 1/2O_2 \xrightarrow{V_2O_5} SO_3 \qquad \ldots(5.1)$$

ซึ่งในกระบวนการผลิตซัลเฟอร์ไตรออกไซด์นี้ จะใช้อากาศเป็นสารหล่อเย็น เพื่อควบคุมอุณหภูมิที่ตำแหน่งต่างๆ ดังนี้

1. เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่ Converter เพื่อควบคุมอุณหภูมิของ Converter ไม่ให้สูงเกินไป

2. เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อลดอุณหภูมิของซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ให้เหลือประมาณ 60 องศาเซลเซียส ก่อนนำไปทำ Gas Splitting ต่อไป

อากาศที่ออกจากเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนมีอุณหภูมิประมาณ 100 องศาเซลเซียส ส่วนหนึ่งปล่อยทิ้งสู่บรรยากาศ อีกส่วนหนึ่งนำไปใช้ในการผลิตผงซักฟอกชนิดธรรมดา

5.1.2 วัตถุประสงค์ของการทดลอง

เพื่อศึกษาถึงอุณหภูมิของอากาศ (Combustion Air) ก่อนเข้าเตาเผา โดยการนำเอาอากาศร้อนจากโรงซัลโฟเนชั่นมาใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิให้อากาศก่อนเข้าเตาเผา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.3 วิธีการทดลอง

1. ปรับวาล์วควบคุมอัตราการไหลของอากาศใน Main Air Line และ Secondary Air Line โดยตำแหน่งของวาล์วควบคุมอัตราการไหลของอากาศใน Main Air Line และ Secondary Air Line ที่ทำการทดลองแสดงในภาคผนวก ค

2. เก็บข้อมูลก่อนและหลังการปรับวาล์ว

3. คำนวณปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ใช้เปรียบเทียบกันระหว่างก่อนและหลังการปรับวาล์วควบคุมอัตราการไหลของอากาศ

5.2 การทำมาตรฐานการเปิดวาล์วควบคุมอัตราการไหลของก๊าซธรรมชาติ

5.2.1 ที่มาของการทดลอง

ปัจจุบันการปฏิบัติงานเพื่อผลิตผงซักฟอกของโรงงาน และการปรับสภาวะของการผลิตใช้ระบบ Manual คือ พนักงานปฏิบัติการเป็นผู้ปรับสภาวะของระบบบางส่วน เช่น อุณหภูมิของอากาศร้อนก่อนเข้าเครื่องอบแห้ง อัตราการไหลของอากาศร้อน และเปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์วควบคุมอัตราการไหลของก๊าซธรรมชาติ (ค่าสูงสุดและค่าต่ำสุด) ทำให้การควบคุมกระบวนการผลิตของพนักงานแต่ละคนมีรูปแบบต่างกัน ส่งผลถึงปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ใช้ในกระบวนการผลิตแตกต่างกัน

จากการศึกษาการปฏิบัติงานในช่วงการเดินเครื่องปกติพบว่า

1. ช่วงกว้างของเปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์วควบคุมอัตราการไหลของก๊าซธรรมชาติอยู่ระหว่าง 3-5 เปอร์เซ็นต์ (ค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดต่างกัน 3-5 เปอร์เซ็นต์) ทำให้ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ใช้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับเปอร์เซ็นต์ของวาล์วที่เปิด

2. ในบางครั้งระดับของเปอร์เซ็นต์วาล์วควบคุมปริมาณก๊าซธรรมชาติสูงจนทำให้อุณหภูมิของอากาศร้อนก่อนเข้าเครื่องอบแห้งสูงกว่าค่าเป้าหมายที่พนักงานปฏิบัติการกำหนดไว้ เป็นการสูญเสียปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ใช้มากขึ้น และทำให้ผงพื้นฐานที่ได้แห้งเกินมาตรฐาน

3. การกำหนดอัตราการไหลของอากาศร้อนที่เข้าเครื่องอบแห้งไม่สัมพันธ์กับปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ใช้ในการเผาไหม้ ทำให้ปริมาณความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ไม่เพียงพอหรือมากเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการทดลองหาช่วงกว้างของเปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์วควบคุมอัตราการไหลของก๊าซธรรมชาติที่เหมาะสม และทำโปรแกรมคำนวณเปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์วควบคุมอัตราการไหลของก๊าซธรรมชาติ

5.2.2 การทดลองหาช่วงกว้างของเปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์วควบคุมอัตราการไหลของก๊าซธรรมชาติ

วัตถุประสงค์ของการทดลอง

เพื่อเปรียบเทียบปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ใช้ในกระบวนการผลิตเมื่อช่วงกว้างของเปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์วต่างกัน คือช่วงกว้างของเปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์วเป็น 3 เปอร์เซ็นต์ และ 5 เปอร์เซ็นต์

วิธีการทดลอง

1. ดำเนินการทดลองโดยให้ช่วงกว้างการเปิดวาล์วควบคุมอัตราการไหลของก๊าซธรรมชาติเป็น 5 % และเก็บข้อมูล

2. ดำเนินการทดลองโดยให้ช่วงกว้างการเปิดวาล์วควบคุมอัตราการไหลของก๊าซธรรมชาติเป็น 3 % และเก็บข้อมูล

5.2.3 การทำโปรแกรมคำนวณเปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์วควบคุมอัตราการไหลของก๊าซธรรมชาติ

วัตถุประสงค์การดำเนินงาน

เพื่อหาเปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์วควบคุมอัตราการไหลของก๊าซธรรมชาติที่มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิและอัตราการไหลของอากาศร้อนก่อนเข้าเครื่องอบแห้ง

วิธีการดำเนินงาน

1. เก็บข้อมูลของการปฏิบัติงานที่สภาวะการเดินเครื่องปกติ
2. คำนวณหาปริมาณความร้อนที่ใช้ในกระบวนการผลิต
3. จัดทำเป็นโปรแกรมคำนวณเปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์วควบคุมอัตราการไหลของก๊าซธรรมชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 การทำมาตรฐานการเปิดหัวฉีดสเลอรี่

5.3.1 ที่มาของการทดลอง

ปัจจุบันการตำแหน่งของหัวฉีดสเลอรี่ที่เปิดใช้ในกระบวนการผลิตผงพื้นฐานขึ้นอยู่กับพนักงานเปิดหัวฉีดสเลอรี่ จากการศึกษาพบว่าการเปิดหัวฉีดสเลอรี่แต่ละครั้งที่จำนวนหัวฉีดสเลอรี่เท่ากัน ตำแหน่งหัวฉีดสเลอรี่ที่เปิดจะต่างกัน ส่งผลถึงการกระจายตัวของสเลอรี่ที่ฉีดในเครื่องอบแห้ง ความสามารถในการสัมผัสกันระหว่างสเลอรี่กับอากาศร้อนที่ใช้ในการระเหยแห้งและปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ใช้ในกระบวนการผลิตต่างกัน ถ้าการกระจายตัวของสเลอรี่ในเครื่องอบแห้ง ไม่ทั่วทั้งเครื่องอบแห้งการสัมผัสกันระหว่างผงกับอากาศร้อนไม่ดี จะทำให้ความร้อนส่วนหนึ่งสูญเสียไปกับอากาศร้อนที่ออกจากเครื่องอบแห้ง ปริมาณการใช้ก๊าซธรรมชาติที่ใช้ผลิตอากาศร้อนมากเกินความจำเป็น และทำให้ได้ผงพื้นฐานที่มีขนาดใหญ่ไม่ได้มาตรฐานเพราะสเลอรี่ที่ออกจากหัวฉีดสเลอรี่ในตำแหน่งใกล้เคียงกันเกิดการชนกันและรวมตัวกันเกิดเป็นผงพื้นฐานขนาดใหญ่

5.3.2 วัตถุประสงค์ของการทดลอง

หาตำแหน่งการเปิดหัวฉีดสเลอรี่ที่เหมาะสม เพื่อลดการสูญเสียความร้อนที่ออกไปกับอากาศร้อนที่ออกจากเครื่องอบแห้ง ลดปริมาณการใช้ก๊าซธรรมชาติในการผลิต และทำให้ผงพื้นฐานได้ขนาดที่เหมาะสมมีคุณภาพดี อีกทั้งยังสามารถจัดทำเป็นมาตรฐานการปฏิบัติงาน (Standard Operating Procedures, SOPs) เพื่อให้พนักงานปฏิบัติต่อไป

5.3.3 วิธีการทดลอง

1. ศึกษาตำแหน่งของหัวฉีดสเลอรี่ในเครื่องอบแห้ง
2. ออกแบบตำแหน่งในการเปิดหัวฉีดสเลอรี่เพื่อให้สเลอรี่ที่ออกจากหัวฉีดสเลอรี่กระจายตัวทั่วทั้งเครื่องอบแห้ง แสดงในภาคผนวก ง
3. เก็บข้อมูลก่อนและหลังการเปลี่ยนตำแหน่งการเปิดหัวฉีดสเลอรี่ตามที่ออกแบบ
4. เปรียบเทียบปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ใช้ อุณหภูมิของอากาศร้อนที่ออกจากเครื่องอบแห้ง ขนาดและความชื้นของผงพื้นฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 การหาความร้อนสูญเสียเนื่องจากการพาความร้อนที่ผนังรอบนอกของเครื่องอบแห้ง

5.4.1 ที่มาของการทดลอง

เนื่องจากฉนวนของเครื่องอบแห้งได้ทำการติดตั้งและใช้งานมาเป็นเวลานาน ดังนั้น ฉนวนที่ทำการติดตั้งอาจมีการเสื่อมสภาพได้ โดยประสิทธิภาพของฉนวนสามารถหาได้จากปริมาณความร้อนสูญเสียเนื่องจากการพาความร้อนที่ผนังรอบนอกของเครื่องอบแห้ง

5.4.2 วัตถุประสงค์ของการทดลอง

เพื่อตรวจวัดประสิทธิภาพของฉนวนรอบผนังเครื่องอบแห้ง

5.4.3 วิธีการทดลอง

1. ทำการวัดอุณหภูมิที่ผนังรอบนอกของเครื่องอบแห้ง และอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมรอบเครื่องอบแห้ง

2. ทำการคำนวณหาความร้อนสูญเสียเนื่องจากการพาความร้อนที่ผนังรอบนอกของเครื่องอบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
ผลการทดลอง

6.1 ผลการทดลองการเพิ่มอุณหภูมิให้กับอากาศก่อนเข้าเตาเผาโดยการใช้อากาศร้อนจากโรงซัลโฟเนชั่น

ตารางที่ 6.1 ผลการทดลองการปรับวาล์วควบคุมอัตราการไหลของอากาศที่ Main Air Line และ Secondary Air Line

การทดลองครั้งที่	ตำแหน่งของวาล์วที่เปิดและ %การเปิดวาล์ว		อุณหภูมิอากาศร้อนหลังการปรับวาล์ว (^{O}ซ)	อัตราการไหลของอากาศใน Main Air Line ต่ออัตราการไหลของอากาศทั้งหมด (กก./ชม.:กก./ชม.)	ปริมาณก๊าซที่ใช้ลดลงต่อปริมาณสเลอรี่ที่ใช้ (จริง[1]) (กก./ชม.)	ปริมาณก๊าซที่ใช้ลดลงต่อปริมาณอากาศที่ใช้ (คำนวณ[2]) (10^{4} กก.$_{ก๊าซ}$/กก.$_{อากาศ}$)
	Main Air Line	Secondary Air Line				
1[3]	5(50%)	1(100%)	45	0.52	-	2.37
2	5(50%)	4(60%)	57	0.62	0.0015	6.75
3[4]	7(25%)	4(60%)	65	0.55	-	6.78
4	7(25%)	5(45%)	80	0.64	0.0020	12.50
5[5]	1(100%)	4(60%)	43	0.72	-	5.94
6[6]	1(100%)	1(100%)	38.5	0.61	-	2.60

[1]ผลการทดลองแสดงในรายงานฉบับที่ส่งบริษัทฯ

[2]คำนวณเทียบกับกรณีที่โรงซัลโฟเนชั่นหยุดทำการผลิต และตำแหน่งของวาล์วควบคุมการไหลของอากาศทั้งสองเปิด 100% แสดงในภาคผนวก จ

[3,4,5,6]ไม่ได้ทำการทดลองเก็บข้อมูลเปรียบเทียบกับตำแหน่งเดิมของวาล์วที่เปิด

6.2 ผลการทดลองการทำมาตรฐานการเปิดวาล์วควบคุมอัตราการไหลของก๊าซธรรมชาติ

6.2.1 ผลการทดลองหาช่วงกว้างของเปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์วควบคุมอัตราการไหลของก๊าซธรรมชาติ แสดงในตารางที่ 6.2

เมื่อสภาวะขณะทำการทดลองเป็นดังนี้

อัตราการไหลของอากาศร้อนก่อนเข้าเครื่องอบแห้งเป็น 66,000 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

ค่าเป้าหมายของอุณหภูมิอากาศร้อนก่อนเข้าเครื่องอบแห้งเป็น 360 องศาเซลเซียส

อัตราการฉีดสเลอรี่เป็น 30 ตันต่อชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.2 ผลการทดลองการปรับช่วงกว้างของเปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์วควบคุมอัตราการไหลของก๊าซธรรมชาติ

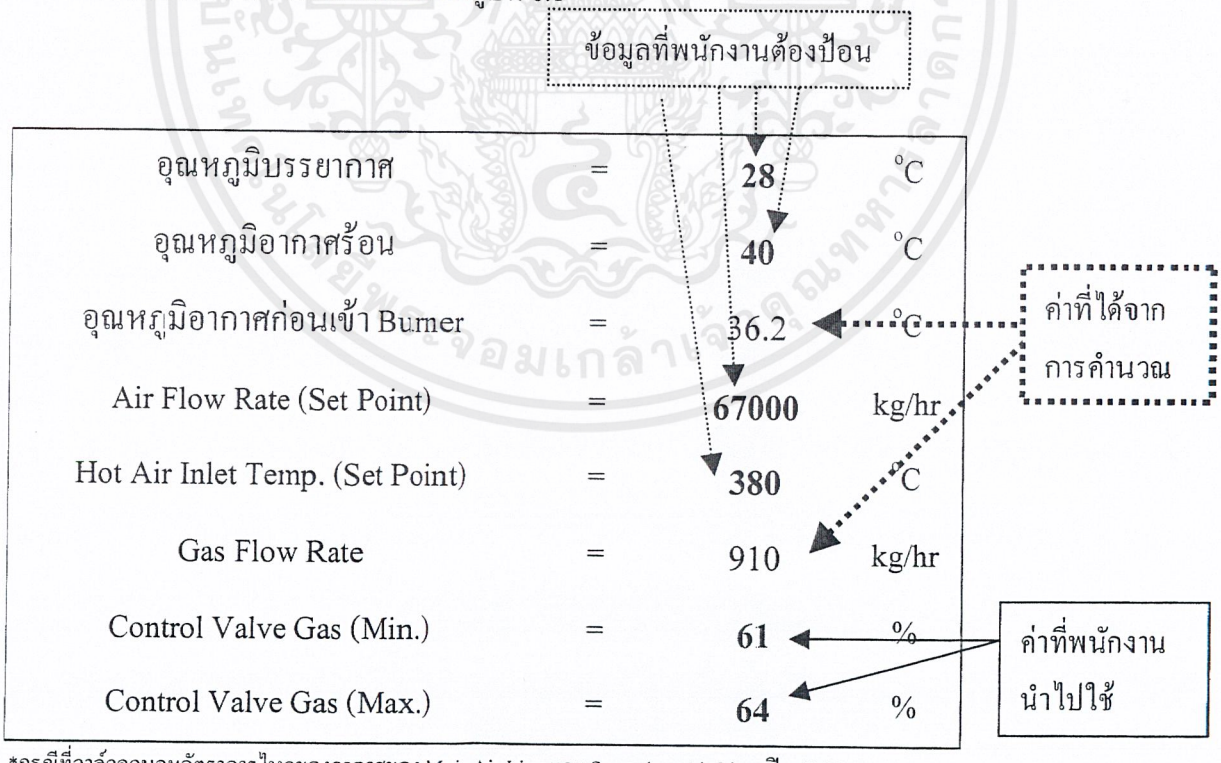
การทดลองที่	เปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์ว		ช่วงกว้างของการเปิดวาล์ว (%)	ความชื้นของผงพื้นฐาน (%น้ำ)[2]	ปริมาณก๊าซที่ใช้ลดลงต่อสเลอรี่ที่ใช้[1] ($กก._{ก๊าซ}/กก._{สเลอรี่}$)
	Maximum	Minimum			
1	59	54	5	12.4	0.0305
2	57	54	3	12.0	0.0285

[1] ผลการทดลองแสดงในรายงานฉบับที่ส่งบริษัทฯ

[2] ความชื้นของผงพื้นฐานที่ได้อยู่ในมาตรฐานของบริษัทฯ

6.2.2 โปรแกรมคำนวณเปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์วควบคุมอัตราการไหลของก๊าซธรรมชาติ

จากการคำนวณในภาคผนวก ฉ จะได้โปรแกรมคำนวณเปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์วควบคุมอัตราการไหลของก๊าซธรรมชาติ แสดงดังรูปที่ 6.1



*กรณีที่วาล์วควบคุมอัตราการไหลของอากาศของ Main Air Line และ Secondary Air Line เปิด 100%

รูปที่ 6.1 โปรแกรมคำนวณเปอร์เซ็นต์ Maximum และ Minimum ของวาล์วควบคุมอัตราการไหลของก๊าซธรรมชาติสำหรับพนักงานปฏิบัติการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยมีขั้นตอนการใช้โปรแกรมดังนี้

1. ในขณะการเดินเครื่องปกติ ให้พนักงานควบคุมกรอกข้อมูลดังต่อไปนี้ลงไปในโปรแกรมคำนวณ

- อุณหภูมิบรรยากาศ (องศาเซลเซียส)
- อุณหภูมิของอากาศในท่อ Main Air Line (องศาเซลเซียส)
- ค่าเป้าหมายของอัตราการไหลของอากาศก่อนเข้าเครื่องอบแห้ง (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)
- ค่าเป้าหมายของอุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าเครื่องอบแห้ง (องศาเซลเซียส)

แล้วกดปุ่ม Enter

2. นำค่า % Max. และ % Min. ของวาล์วควบคุมอัตราการไหลของก๊าซธรรมชาติไปตรวจสอบกับค่าที่ใช้อยู่จริง

กรณีมีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของวาล์วควบคุมอัตราการไหลอากาศของ Main Air Line และ Secondary Air Line ค่า M1/M2 ในสูตรของโปรแกรมคำนวณจะเปลี่ยนไปดังตารางที่ 6.3

อุณหภูมิของอากาศก่อนเข้า เตาเผา = H2 x [(M1/M2) x (H3-H2)] $^{\circ}C$ ...(6.1)

เมื่อ H1, H2, M1, M2 = ตำแหน่งของเซลล์ในโปรแกรม

ตารางที่ 6.3 ค่า M1/M2 ที่ต้องเปลี่ยนในสูตร เมื่อตำแหน่งการเปิดวาล์วควบคุมอัตราการไหลของอากาศเปลี่ยนไป

ตำแหน่งของวาล์วควบคุมอัตราการไหลของอากาศ		M1/M2	H3 ($^{\circ}C$)
Main	Secondary		
5	1	0.50	45
5	4	0.62	57
7	4	0.55	68
7	5	0.63	78
1	4	0.72	43
1	1	0.62	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.3 ผลการทดลองการทำมาตรฐานการเปิดหัวฉีดสเลอรี่

ผลการทดลองเปิดหัวฉีดสเลอรี่ตามตำแหน่งที่ออกแบบไว้เทียบกับตำแหน่งการเปิดหัวฉีดสเลอรี่ทีเปิดโดยพนักงานแสดงดังตารางที่ 6.4

ตารางที่ 6.4 ผลการทดลองการปรับตำแหน่งการเปิด-ปิดหัวฉีดสเลอรี่

จำนวนหัวฉีดสเลอรี่ที่เปิด[1]	อุณหภูมิของอากาศร้อนที่ออกจากเครื่องอบแห้งลดลง (^{O}ซ)	ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ใช้ลดลงต่อสเลอรี่ที่ใช้ (กก.ก๊าซ/กก.สเลอรี่)[2]	จำนวนเงินที่ประหยัดได้ (ล้านบาทต่อปี)[3]
16	-[4]	0.0042	4.65
21	1.62	0.0019	2.10
22	1.12	0.0011	1.22
23	1.80	0.0001	0.11

[1]ผลการทดลองแสดงในรายงานฉบับที่ส่งบริษัทฯ

[2]เทียบกับปริมาณก๊าซต่อสเลอรี่ที่ใช้ เมื่อตำแหน่งการเปิดหัวฉีดสเลอรี่เป็นแบบที่พนักงานเปิดหัวฉีดสเลอรี่ปฏิบัติเป็นปกติ ซึ่งขึ้นอยู่กับตำแหน่งหัวฉีดสเลอรี่ที่เปิดก่อนทำการทดลอง

[3]เมื่อสามารถผลิตผงซักฟอกได้ 130,000 ตันต่อปี

[4]ข้อมูลของการเปิดแบบเดิมอยู่ในช่วงเริ่ม Start up ยังไม่เข้าสภาวะคงที่

6.4 ผลการทดลองการหาความร้อนสูญเสียเนื่องจากการพาความร้อนที่ผนังรอบนอกของเครื่องอบแห้ง

การคำนวณอาศัยหลักการของการพาความร้อนแบบอิสระ (Free Convection) จากรายการอ้างอิง [9] ข้อมูลอุณหภูมิที่ผนังรอบนอกของเครื่องอบแห้ง และอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมรอบเครื่องอบแห้งในรายงานฉบับที่ส่งบริษัทฯ สามารถคำนวณความร้อนสูญเสียเนื่องจากการพาความร้อนได้ดังนี้

6.4.1 การหาความร้อนสูญเสียเนื่องจากการพาความร้อนที่ผนังรอบนอกของเครื่องอบแห้ง

การพาความร้อนที่ผนังรอบเครื่องอบแห้งเป็นการพาความร้อนแบบ ดังนั้นปริมาณความร้อนที่สูญเสียจากการพาความร้อนคำนวณได้จาก

$$q = \bar{h}A(T_w - T_\infty) \quad \ldots(6.2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ q คือ ความร้อนที่สูญเสียไปกับการพาความร้อน (วัตต์)

$\overline{h}$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อน (วัตต์ต่อตารางเมตร-องศาเซลเซียส)

A คือ พื้นที่ที่เกิดการพาความร้อน (ตารางเมตร)

T_w คือ อุณหภูมิที่ผนังเครื่องอบแห้ง (องศาเซลเซียส)

T_∞ คือ อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมรอบผนัง (องศาเซลเซียส)

โดยค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนคำนวณจาก

$$\frac{\overline{h}x}{k} = \overline{Nu_f} = C\,(Gr_f\,Pr_f)^m \qquad \ldots(6.3)$$

เมื่อ $\overline{Nu_f}$ คือ Nusselt number ที่ T_f

T_f คือ Film Temperature เท่ากับ $(T_w - T_\infty)/2$

x คือ ความสูงของผนังเครื่องอบแห้ง (เมตร)

k คือ ค่าความนำความร้อนของอากาศ (วัตต์ต่อเมตร-องศาเซลเซียส)

C คือ ค่าคงที่ซึ่งขึ้นอยู่กับ ค่า $Gr_f\,Pr_f$

m คือ ค่าคงที่ซึ่งขึ้นอยู่กับ ค่า $Gr_f\,Pr_f$

เนื่องจากในการคำนวณนี้ ค่า $Gr_f\,Pr_f > 10^9$ ดังนั้น $C = 0.1$ และ $m = 1/3$ [9]

Gr_f คือ Grashof number ที่ T_f

Pr_f คือ Prandtl Number ที่ T_f

โดย
$$Gr_f = \frac{g\,\beta(T_w - T_\infty)\,x^3}{\nu^2} \qquad \ldots(6.4)$$

$$Pr_f = \nu/\alpha \qquad \ldots(6.5)$$

เมื่อ g คือ ค่าความเร่งเนื่องมาจากแรงโน้มถ่วงของโลก เท่ากับ 9.8 เมตร/วินาที^{2}

β คือ $1/T$ (เคลวิน$^{-1}$)

T คือ อุณหภูมิสัมบูรณ์ของอากาศ (เคลวิน)

T_w คือ อุณหภูมิที่ผนังเครื่องอบแห้ง (องศาเซลเซียส)

T_∞ คือ อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมรอบผนัง (องศาเซลเซียส)

x คือ ความสูงของผนังเครื่องอบแห้ง (เมตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ν คือ ความหนืดเชิงกล (Kinematic Viscosity) เท่ากับ μ / ρ (เมตร^2/ วินาที)

μ คือ ความหนืดของอากาศ (กิโลกรัมต่อวินาที-เมตร)

ρ คือ ความหนาแน่นของอากาศ (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

C_p คือ ความจุความร้อนของอากาศ (กิโลจูลต่อกิโลกรัม-องศาเซลเซียส)

α คือ $\dfrac{k}{\rho C_p}$

จากตัวอย่างการคำนวณแสดงในภาคผนวก ช พบว่าการหาความร้อนสูญเสียเนื่องจากการพาความร้อนที่ผนังรอบนอกของเครื่องอบแห้งเท่ากับ 2.46×10^4 กิโลจูลต่อชั่วโมง

6.4.2 ความร้อนทั้งหมดที่เข้าเครื่องอบแห้ง

ความร้อนทั้งหมดที่เข้าเครื่องอบแห้งคือความร้อนที่ได้จากการเปลี่ยนอุณหภูมิของอากาศจากอุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าเครื่องอบแห้งเป็นอุณหภูมิของอากาศที่ออกจากเครื่องอบแห้ง โดย

$$Q_1 = m_{dry\ air} \times C_{p\ air} \times (HIT - HOT) \quad \ldots(6.6)$$

เมื่อ Q_1 คือ ความร้อนที่ได้จากการเปลี่ยนอุณหภูมิของอากาศร้อนก่อนเข้าเครื่องอบแห้งเป็นอุณหภูมิที่ออกจากเครื่องอบแห้ง (กิโลจูลต่อชั่วโมง)

$m_{dry\ air}$ คือ อัตราการไหลของอากาศแห้ง (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)

HIT คือ อุณหภูมิของอากาศร้อนก่อนเข้าเครื่องอบแห้ง (องศาเซลเซียส)

HOT คือ อุณหภูมิของอากาศที่ออกจากเครื่องอบแห้ง (องศาเซลเซียส)

$C_{p\ air}$ คือ ความจุความร้อนของอากาศที่ออกจากเครื่องอบแห้ง (กิโลจูลต่อกิโลกรัมอากาศแห้ง-องศาเซลเซียส) เท่ากับ $1.005 + 1.88\ H$ [11]

H คือ อัตราส่วนน้ำหนักของน้ำต่อน้ำหนักของอากาศแห้ง (กิโลกรัมน้ำต่อกิโลกรัมอากาศแห้ง)

ตัวอย่างการคำนวณแสดงในภาคผนวกที่ ช

จากตัวอย่างการคำนวณแสดงในภาคผนวก ช พบว่าความร้อนทั้งหมดที่เข้าเครื่องอบแห้งเท่ากับ 2.25×10^7 กิโลจูลต่อชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7
สรุปผลการทดลอง

7.1 สรุปผลการทดลองการเพิ่มอุณหภูมิให้กับอากาศก่อนเข้าเตาเผาโดยการใช้อากาศร้อนจากโรงซัลโฟเนชั่น

7.1.1 การปรับให้วาล์วควบคุมอัตราการไหลของอากาศที่ Main Air Line ตำแหน่งที่ 7 และ Secondary Air Line ตำแหน่งที่ 5 ทำให้ปริมาณการใช้ก๊าซธรรมชาติลดลงมากที่สุด คิดเป็น $12.50x10^{-4}$ กิโลกรัมของก๊าซต่อกิโลกรัมของอากาศ แต่การเปิดวาล์วทั้งสองในตำแหน่งดังกล่าวทำให้การจุดติดไฟของเตาเผาในช่วงการ Start up เป็นไปได้ยากและเกิดการติดและดับบ่อยครั้ง

7.1.2 ยิ่งปิดวาล์วควบคุมอัตราการไหลของอากาศที่ Main Air Line มากขึ้นยิ่งทำให้ Combustion Air Fan ทำงานหนักขึ้น เนื่องจาก Combustion Air Fan พยายามดึงอากาศจาก Secondary Air Line และจากโรงซัลโฟเนชั่น (ซึ่งมีระยะทางที่ห่างจาก Combustion Air Fan มากกว่าทางเข้าของอากาศของ Main Air Line โดยตรง) ให้มากขึ้นเพื่อให้มีอัตราไหลของอากาศเท่ากับค่าเป้าหมายที่กำหนด ดังนั้นการเปิดวาล์วควบคุมอัตราการไหลของอากาศที่ Main Air Line ไม่ควรต่ำกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ (ไม่ควรมากกว่าตำแหน่งที่ 5)

7.1.3 ตำแหน่งการเปิดของวาล์วที่ดีที่สุดที่ได้จากการทดลอง คือ ตำแหน่งที่ 5 ของ Main Air Line และตำแหน่งที่ 4 ของ Secondary Air Line ทำให้ใช้ปริมาณก๊าซธรรมชาติลดลง $6.75x10^{-4}$ กิโลกรัมของก๊าซต่อกิโลกรัมของอากาศ คิดเป็นเงิน 1.65 ล้านบาทต่อปี (ที่สภาวะการฉีดปกติ) เมื่ออัตราการไหลของอากาศเป็น 65,000 กิโลกรัมต่อชั่วโมงและจำนวนชั่วโมงการผลิต 5,472 ชั่วโมงต่อปี

7.1.4 ไม่สามารถทำการทดลองต่อเพื่อหาตำแหน่งของวาล์วที่ดีที่สุด เนื่องจากเตาเผามีปัญหาเรื่องการกัดกร่อนและการแตกหักของแผ่นกันลมในเตาเผา

7.1.5 ปัญหาที่เกิดขึ้น หลังจากทำการปรับวาล์วควบคุมอัตราการไหลของอากาศที่ Main Air Line ตำแหน่งที่ 7 และ Secondary Air Line ตำแหน่งที่ 5

1. เกิดเสียงหอนของ Blower ในช่วงการ Start up
2. เตาเผาเกิดการดับๆ ติดๆ ในช่วงการ Start up

สาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น

1. หัวฉีดก๊าซธรรมชาติสกปรก ทำให้ Ignition Detector ไม่สามารถตรวจจับเปลวไฟเพื่อจุดติดไฟของเตาเผาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. อัตราส่วนโดยน้ำหนักของอากาศต่อก๊าซธรรมชาติที่ใช้ไม่เหมาะสม ทำให้ไม่เกิดการจุดติดไฟ

3. ปริมาณออกซิเจนในอากาศน้อย เพราะเมื่ออุณหภูมิของอากาศเพิ่มขึ้น อากาศร้อนเกิดการขยายตัวทำให้ปริมาตรของอากาศเพิ่มขึ้น ในขณะที่มวลและองค์ประกอบของอากาศเท่าเดิม แสดงว่า ปริมาณออกซิเจนต่อปริมาตรของอากาศลดลงด้วย ดังนั้นปริมาณของออกซิเจนที่ใช้ในการทำปฏิกิริยากับก๊าซธรรมชาติไม่เพียงพอที่จะทำให้เกิดการลุกติดไฟ

4. ประสิทธิภาพของเตาเผาลดลง เนื่องจากเกิดการกัดกร่อนภายในเตาเผา

5. การเพิ่มอย่างรวดเร็วของค่าเป้าหมายของอัตราการไหลของอากาศก่อนเข้าเครื่องอบแห้ง ทำให้อากาศไหลเข้าสู่ Blower ไม่ทัน จึงเกิดเสียงดังขึ้น

แนวทางการแก้ไข

1. ทำความสะอาดหัวฉีดก๊าซธรรมชาติ

2. ในช่วง Start up ควรปรับให้อัตราส่วนของก๊าซธรรมชาติต่ออากาศไม่ต่ำกว่า 80 เพราะถ้าอัตราส่วนต่ำจะทำให้เตาเผาดับได้

3. ปรับวาล์วควบคุมอัตราการไหลของอากาศที่ท่ออากาศทั้งสองให้อยู่ในตำแหน่งที่ 1 ในช่วง Start up เมื่อสภาวะการทำงานคงที่ ให้ปรับวาล์วควบคุมอัตราการไหลของอากาศมาอยู่ในตำแหน่งที่ 5 ของ Main Air Line และตำแหน่งที่ 4 ของ Secondary Air Line

4. ติดตั้งระบบสำหรับควบคุมการเปิด-ปิดวาล์วควบคุมอัตราการไหลของอากาศทั้งที่ Main Air Line และ Secondary Air Line จากห้องควบคุมให้สามารถเปิดวาล์วในตำแหน่งที่ต้องการได้ (ทำเป็นระบบควบคุมอัตโนมัติ)

5. เพิ่มค่าเป้าหมายของอากาศร้อนที่เข้าเครื่องอบแห้งอย่างช้า ๆ

แนวทางการศึกษาต่อ

ทำการทดลองปรับวาล์วควบคุมอัตราการไหลของอากาศที่ Main Air Line และ Secondary Air Line ในตำแหน่งต่างๆ ดังตารางที่ 7.1 เพื่อศึกษาอุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าเตาเผา ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่สามารถลดได้ ตำแหน่งของวาล์วที่ Main Air Line และ Secondary Air Line ที่เหมาะสม และผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการนำอากาศร้อนจากโรงซัลโฟเนชั่นมาใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7.1 ตำแหน่งของวาล์วควบคุมอัตราการไหลของอากาศที่ Main Air Line และ Secondary Air Line เพื่อทำการศึกษาต่อ

ครั้งที่	ตำแหน่งของวาล์วที่เปิด	
	Main Air Line	Secondary Air Line
1	5	5
2	5	6
3	4	4
4	4	5
5	4	6

7.2 สรุปผลการทดลองการทำมาตรฐานการเปิดวาล์วควบคุมอัตราการไหลของก๊าซธรรมชาติ

การปรับช่วงกว้างการเปิดวาล์วควบคุมอัตราการไหลของก๊าซธรรมชาติให้เป็น 3 เปอร์เซ็นต์ ใช้ก๊าซธรรมชาติลดลง 6.6 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณการใช้ก๊าซธรรมชาติเมื่อใช้ช่วงกว้างการเปิดวาล์วควบคุมอัตราการไหลของก๊าซธรรมชาติเป็น 5 เปอร์เซ็นต์ หรือคิดเป็นเงิน 2.2 ล้านบาทต่อปี เมื่อคิดว่าโรงงานสามารถผลิตผงซักฟอกได้ 130,000 ตันต่อปี (ในสภาวะการฉีดปกติ)

7.3 สรุปผลการทดลองการทำมาตรฐานการเปิดหัวฉีดสเลอรี่

7.3.1 ตำแหน่งการเปิดหัวฉีดสเลอรี่ที่สมมาตรกัน และตำแหน่งการปิดหัวฉีดสเลอรี่ที่ไม่ติดกัน ทำให้อุณหภูมิของอากาศร้อนที่ออกจากเครื่องอบแห้งลดลง แสดงว่าอากาศร้อนที่เข้าเครื่องอบแห้งสามารถให้ความร้อนกับสเลอรี่เพื่อระเหยน้ำในสเลอรี่ออกได้มากขึ้น ช่วยลดการสูญเสียความร้อนที่ออกไปกับอากาศได้มากขึ้น

7.3.2 ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ใช้ลดลงต่อสเลอรี่ที่ใช้ลดลงมากที่สุดถึง 7 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับตำแหน่งการเปิดหัวฉีดสเลอรี่แบบที่ปฏิบัติอยู่ปกติ (จากข้อมูลของการทดลอง)

7.3.3 ถ้าหัวฉีดตัน ให้เปิดหัวฉีดตำแหน่งที่ใกล้ที่สุดกับตำแหน่งหัวฉีดที่ตัน แล้วทำการล้างหัวฉีดที่ตัน และนำกลับมาเปิดใช้งานดังเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.4 สรุปผลการทดลองการหาความร้อนสูญเสียเนื่องจากการพาความร้อนที่ผนังรอบนอกของเครื่องอบแห้ง

ความร้อนที่ได้จากการเปลี่ยนอุณหภูมิของอากาศร้อนก่อนเข้าเครื่องอบแห้งเป็นอุณหภูมิที่ออกจากเครื่องอบแห้งเท่ากับ 2.25×10^7 กิโลจูลต่อชั่วโมง ความร้อนที่สูญเสียจากการพาความร้อนที่ผนังรอบนอกของเครื่องอบแห้ง เท่ากับ 2.46×10^4 กิโลจูลต่อชั่วโมง คิดเป็น 0.11 เปอร์เซ็นต์ของความร้อนที่เข้าไปทั้งหมดซึ่งมีค่าต่ำมาก แสดงว่าฉนวนของเครื่องอบแห้งยังอยู่ในสภาพดีจึงไม่มีความร้อนสูญเสียที่เกิดจากการพาความร้อนที่ผนังรอบนอก แต่อาจเกิดการสูญเสียความร้อนเนื่องจากการนำความร้อนบริเวณท่อนำอากาศที่ออกจากเครื่องอบแห้งเข้าสู่ Dry Cyclone และการแผ่รังสีความร้อนออกสู่สิ่งแวดล้อมได้ ทั้งนี้ผู้วิจัยไม่ได้ทำการหาความร้อนสูญเสียในส่วนนี้ เนื่องจากไม่สามารถวัดตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการคำนวณได้

ในการคิดค่าการลดของต้นทุนในทุกกรณี เช่น จากการเพิ่มอุณหภูมิให้กับอากาศร้อนก่อนเข้าเตาเผาโดยการใช้อากาศร้อนจากโรงซัลโฟเนชั่น ทำให้ลดการใช้ก๊าซธรรมชาติลง 1.65 ล้านบาทต่อปี หรือจากการปรับช่วงกว้างการเปิดวาล์วควบคุมอัตราการไหลของก๊าซธรรมชาติให้เป็น 3 เปอร์เซ็นต์ สามารถลดการใช้ก๊าซธรรมชาติได้ 2.2 ล้านบาทต่อปี หรือการทำมาตรฐานการเปิดหัวฉีดสเลอรี่ ทำให้ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ใช้ลดลง 4.65 ล้านบาทต่อปี ค่าต่างๆ เหล่านี้เป็นตัวเลขที่คำนวณจากการทดลอง ซึ่งจะพิจารณาเฉพาะต้นทุนที่ลดลงจากการลดการใช้ก๊าซธรรมชาติเท่านั้น ในการคิดการลดต้นทุนจริงๆ ต้องพิจารณาผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ด้วย รวมทั้งต้องคำนึงถึงต้นทุนรวม เช่น การเพิ่มอุณหภูมิให้กับอากาศร้อนก่อนเข้าเตาเผาโดยการใช้อากาศร้อนจากโรงซัลโฟเนชั่น ต้องพิจารณาถึงปริมาณค่าไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น เนื่องจาก Combustion Air Fan ต้องใช้พลังงานมากขึ้นเพื่อนำอากาศจากโรงซัลโฟเนชั่นที่มีระยะทางไกลมาใช้มาพิจารณาด้วย จึงจะได้ค่าการลดลงของต้นทุนที่แท้จริง

นอกจากนี้ได้มีการทดลองเพิ่มเติมเป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิก่อนเข้าเครื่องอบแห้งกับความชื้นของผงพื้นฐานสำหรับใช้ในการติดตั้งระบบควบคุมอัตโนมัติ โดยรายละเอียดอยู่ในรายงานฉบับที่ส่งที่บริษัทฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการอ้างอิง

1. เฉลิมพล เจริญสวัสดิ์ศิริ., ดรุณี วัฒนาธนกุล. โครงการพัฒนาการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตของโรงงานผลิตผงซักฟอกสูตรธรรมดา. ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2542.
2. Kieth Masters. Spray Drying Handbook. Longman Scientific & Technical, New York, 1972.
3. โครงการศูนย์เทคโนโลยีพลังงานและเทคโนโลยีสะอาด (อีซีเทค), เทคนิคการตรวจประเมินเทคโนโลยีสะอาด. เอกสารการฝึกอบรมเรื่อง กิจกรรมฝึกงานเทคโนโลยีสะอาด ประจำปี 2544, โรงแรมเซ็นจูรี่ พาร์ค, 2544.
4. สถาบันสิ่งไทยฝ่ายธุรกิจและสิ่งแวดล้อม. คู่มือการตรวจประเมินเทคโนโลยีสะอาด, 2542.
5. โครงการศูนย์เทคโนโลยีพลังงานและเทคโนโลยีสะอาด (อีซีเทค), กิจกรรมฝึกงานเทคโนโลยีสะอาดประจำปี 2545. เอกสารการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ เรื่อง กิจกรรมฝึกงานเทคโนโลยีสะอาด, โรงแรมเซ็นจูรี่ พาร์ค, 2545.
6. นันทิดา ทมณวัฒน์. Natural Gas Utilization in a NSD Plant, 2543.
7. อัญชลีพร วาริทสวัสดิ์ หล่อทองคำ., พิทักษ์ เต็มแสวงเลิศ. การวิเคราะห์ตัวแปรต่างๆ ที่มีผลต่อค่า Bulk Density ในกระบวนการผลิตผงซักฟอกชนิดธรรมดา. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ,Vol. 9, No. 1, March 2001 หน้า 84-91.
8. พิทักษ์ เต็มแสวงเลิศ. การลดความแปรปรวนของ Bulk Density ในกระบวนการผลิตผงซักฟอกชนิดธรรมดา. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2544.
9. J.P. Holman. Heat Transfer. McGraw-Hill,Inc. 8th Edition, 1997.
10. อัญชลีพร วาริทสวัสดิ์ หล่อทองคำ., เฉลิมพล เจริญสวัสดิ์ศิริ., ดรุณี วัฒนาธนกุล. กรณีศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตของโรงงานผลิตผงซักฟอกชนิดธรรมดา. การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 10 วันที่ 26-28 ตุลาคม 2543, Bangkok International Trade and Exhibition Center (BITEC), หน้า 10-17.
11. Christi J. Geankoplis. Transport Processes and Unit Operations. Prentice-Hall International,Inc. 3rd Edition, 1995.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก	เกณฑ์สำหรับการวิเคราะห์ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม
ภาคผนวก ข	ตารางสำหรับเก็บข้อมูลตัวแปรในการทดลอง
ภาคผนวก ค	ตำแหน่งวาล์วควบคุมอัตราการไหลของอากาศที่ Main Air Line และ Secondary Air Line ในการทดลองเรื่องการเพิ่มอุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าเตาเผาโดยการใช้อากาศร้อนจากโรงซัลโฟเนชั่น
ภาคผนวก ง	ตำแหน่งการเปิด-ปิดหัวฉีดสเลอรี่จากการออกแบบ
ภาคผนวก จ	การคำนวณปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ใช้ลดลงต่อสเลอรี่ที่ใช้ในการทดลองปรับวาล์วควบคุมอัตราการไหลของอากาศ
ภาคผนวก ฉ	การคำนวณอัตราการไหลของก๊าซธรรมชาติที่ใช้ในกระบวนการผลิตเพื่อนำไปทำโปรแกรมคำนวณเปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์วควบคุมอัตราการไหลของก๊าซธรรมชาติ
ภาคผนวก ช	การคำนวณความร้อนสูญเสียเนื่องจากการพาความร้อนที่ผนังรอบนอกของเครื่องอบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

เกณฑ์สำหรับการวิเคราะห์ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกณฑ์สำหรับการวิเคราะห์ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม (Environmental Criteria)

Quantity Score (Q)

Environmental impact	3 point	2 points	1 point	Remarks
Water consumption	> 300,000 m^3	60,000 – 300,000 m^3	< 60,000 m^3	
Energy consumption CO_2, SO_2 and NO_x	> 10 tons/yr.	1 – 10 tons/yr.	< 1 ton/yr.	
Solid waste	> 10 tons/yr.	1 – 10 tons/yr.	< 1 ton/yr.	Each type to be scored
Wastewater	> 10 tons/yr.	1 – 10 tons/yr.	< 1 ton/yr.	Each type to be scored
Emission	> 10 tons/yr.	1 – 10 tons/yr.	< 1 ton/yr.	Each type to be scored
Smell	Constant impact	Long period impact	Short periodic impact	If a threshold limit value is exceeded 1 point will be given

Effect Score (E)

Environmental impact	3 point	2 points	1 point	Remarks
Water consumption		Always 2 point		
Energy consumption CO_2, SO_2 and NO_x		SO_2 and NO_x always 2 point	CO_2 always 1 point	Each type to be scored
Solid waste	Materials, which contain substances marke with N, T or Tx (mercury battery, etc.)	Materials, which contain substances with Xn, phosphorus, nitrogen and/or are oxygen demading in the aquatic environment	All clean fractions of other materials, e.g. soil, concrete, sand etc.	Each type to be scored
Wastewater	Substances marked with N, T or Tx ,not easily decomposable and ozone depleting substances	Substances marked with Xn, phosphorus, nitrogen and/or are oxygen demading in the aquatic environment	All other substances	Each type to be scored
Emission	Particularly dangerous substances	Inorganic dust, SO_2, NO_x, fume and gas from inorganic substances, Organic substances	CO_2 and other substances	Due to global distribution
Smell		Always 2 point		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกณฑ์สำหรับการวิเคราะห์ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม (Environmental Criteria)

Distribution Score (D)

Environmental impact	3 point	2 points	1 point	Remarks
Water consumption	Deep well water	Public water supply	Private water company	
Energy consumption CO_2, SO_2 and NO_x	Always 3 points			
Solid waste	Disposal not according to the municipal legislation		Disposal according to the municipal legislation	Each type to be scored
Wastewater	Discharge to river, lake and sea	Discharge to IEAT treatment	Zero discharge	Each type to be scored
Emission	Always 3 points			Due to global distribution
Smell	To be noticed more than 500 m. from the company	To be noticed in more than 10 houses withing a distance of 500 m. from the company	To be noticed in less than 10 houses within a distance of 500 m. from the company	

Key Emission Factors; Consumption of Energy

Key emission factors. Consumption of electricity and energy			
Emission, Enegy	SO_2, Kg/MWh	NO_2, Kg/MWh	CO_2, Kg/MWh
Electricity, DK	3.05	2.33	568
Fuel oil (0.05%S)	0.08	0.18	266
Fuel oil (0.2%S)	0.32	0.18	266
Emission Transportation	SO_2, Kg/TJ	NO_2, Kg/TJ	CO_2, Kg/TJ
Petrol	22	730	73,000
Diesel oil	94	1,520	74,000

Lower combustion value of fuel oil, petrol/ gasoline/ diesel oil : 42.7, 43.5 and 42.7 GJ/Ton

1 MWh = 3.6 GJ = 0.86 Gcal

Ex. 17,000 litre or 14.3 tons of fuel oil is consumed every year.

Combustion value: 14.3 * 42.7 = 610 GJ = 169 MWh

17,000 litre of fuel oil equal 169 MWh or 45 tons CO_2, 54 kg SO_2 and 30 kg NO_x per year

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ตารางสำหรับเก็บข้อมูลตัวแปรในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 ตารางเก็บข้อมูลตัวแปรในการทดลอง

TIME		GAS CONS. TOTALIZER	SHIFT TOTALIZER	BD (M502)	%PMC		AIR/GAS RATIO	AIR						HIT	
								AIT	AIR RATE				%CA		
(hr)	(min)	(kg)	(kg)	(kg/m^3)	Online	IR		(^oC)	SP(kg/hr)	total(kg/hr)	1(kg/hr)	2(kg/hr)	(FIC427)	SP(^oC)	ACT.(^oC)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

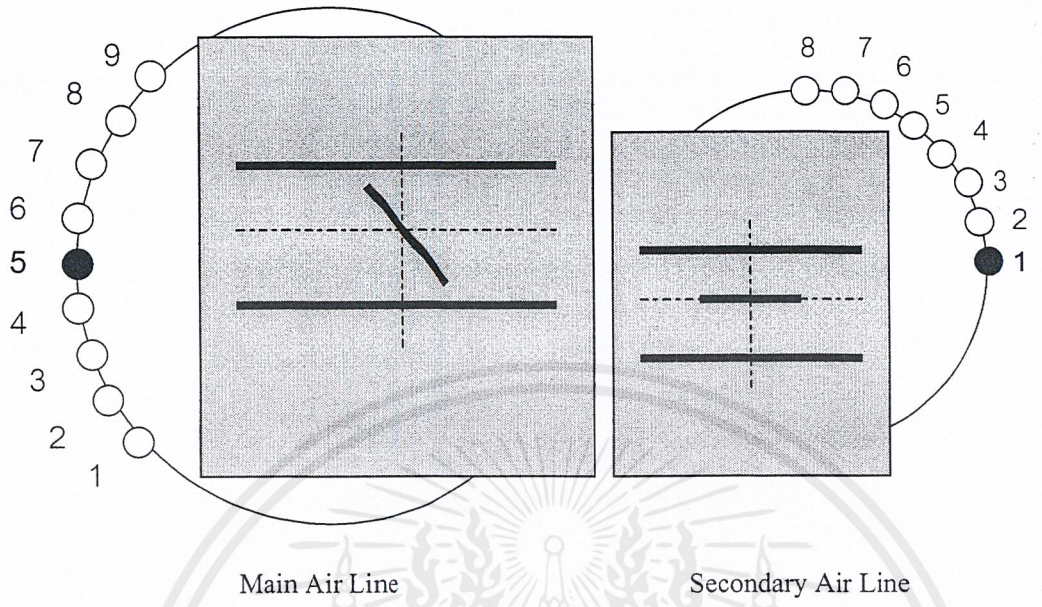
ตารางที่ ข.1 ตารางเก็บข้อมูลตัวแปรในการทดลอง (ต่อ)

TIME		GAS					SLURRY							HOT	TOWER	หมายเหตุ
		GAS RATE	GAS P	CV 425			SLURRY RATE		PRESSURE	%SMC		VAC.P.(DEAIRATOR)			PRESSURE	
(hr)	(min)	(kg/hr)	(mBar)	max	min	%	%(FC436F2)	ACT.(kg/hr)	(Bar)	KEY IN	IR	SP (mBar)	ACT.(mBar)	(^{0}C)	(mm.WG)	

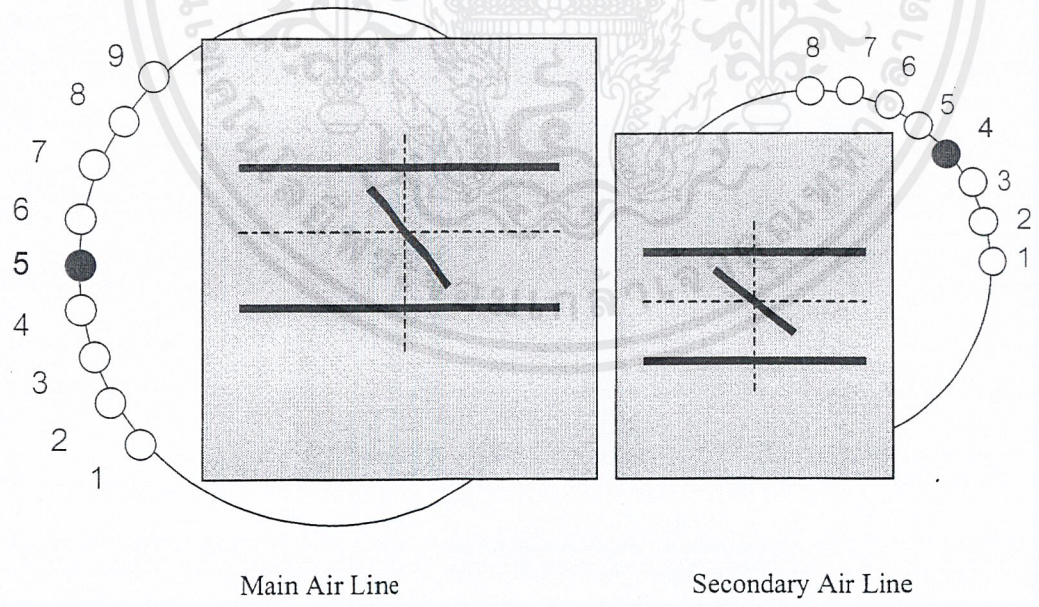
ภาคผนวก ค

ตำแหน่งวาล์วควบคุมอัตราการไหลของอากาศ ที่ Main Air Line และ Secondary Air Line ในการทดลองเรื่องการเพิ่มอุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าเตาเผา โดยการใช้อากาศร้อนจากโรงซัลโฟเนชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

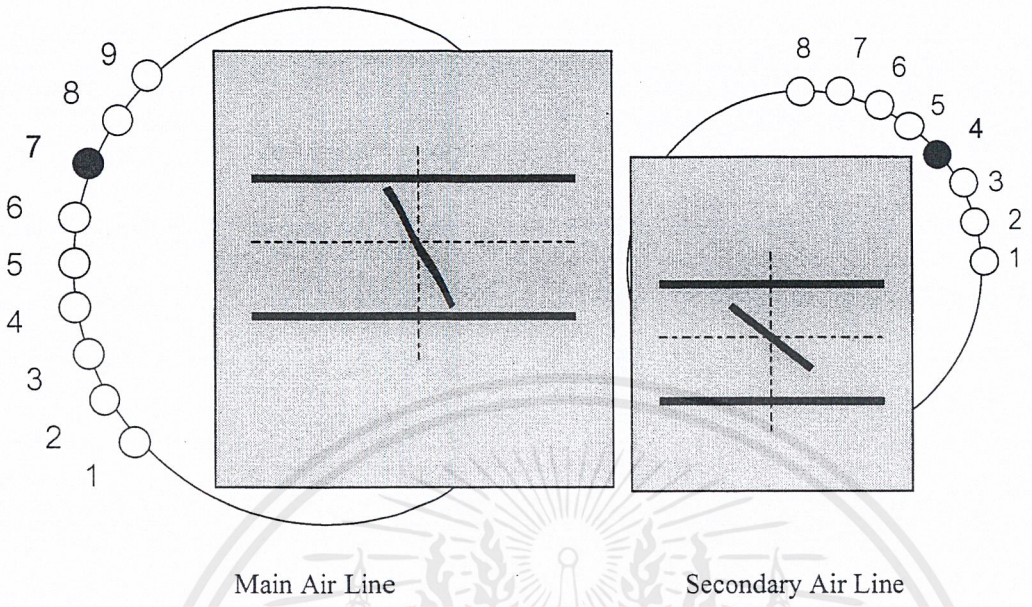


รูปที่ ค.1 ตำแหน่งวาล์วของท่อ Main Air Line และ Secondary Air Line ในการทดลองครั้งที่ 1

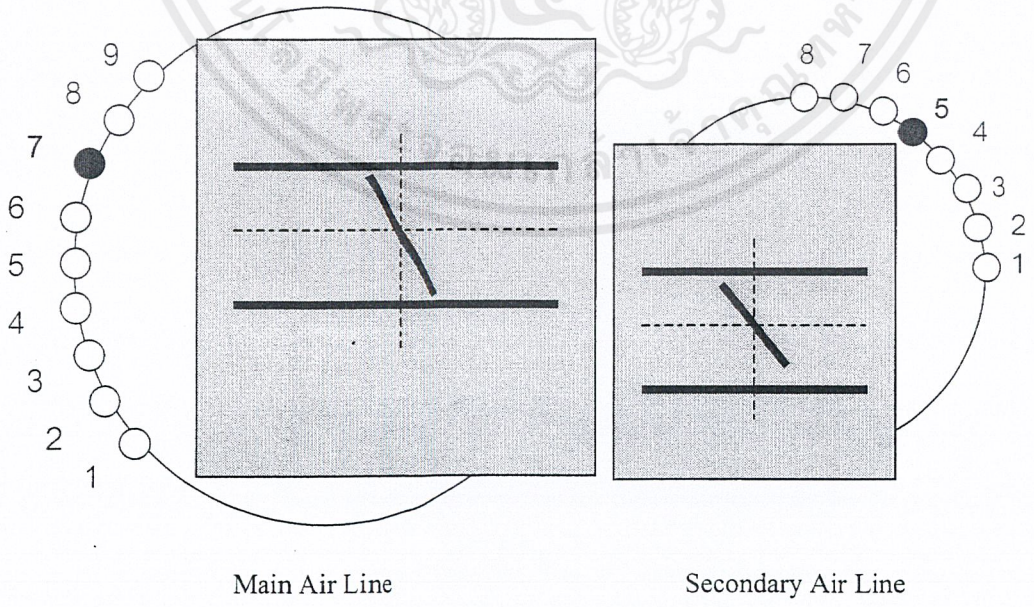


รูปที่ ค.2 ตำแหน่งวาล์วของท่อ Main Air Line และ Secondary Air Line ในการทดลองครั้งที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

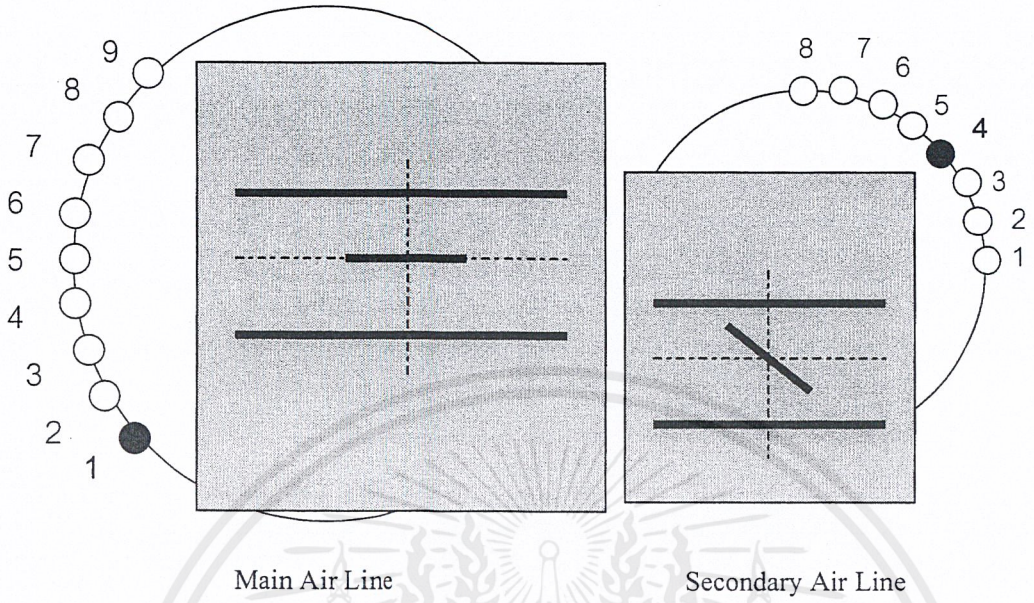


รูปที่ ค.3 ตำแหน่งวาล์วของท่อ Main Air Line และ Secondary Air Line ในการทดลองครั้งที่ 3

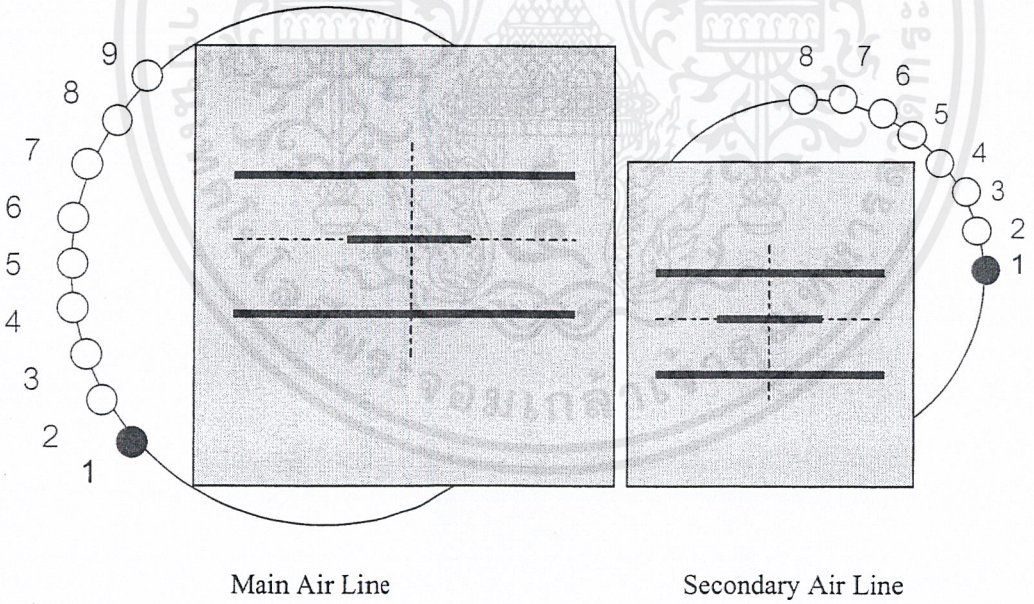


รูปที่ ค.4 ตำแหน่งวาล์วของท่อ Main Air Line และ Secondary Air Line ในการทดลองครั้งที่ 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ค.5 ตำแหน่งวาล์วของท่อ Main Air Line และ Secondary Air Line ในการทดลองครั้งที่ 5



รูปที่ ค.6 ตำแหน่งวาล์วของท่อ Main Air Line และ Secondary Air Line ในการทดลองครั้งที่ 6

<u>หมายเหตุ</u> 1. ตำแหน่ง 1-9 ของ Main Air Line และตำแหน่ง1-8 ของ Secondary Air Line คือตำแหน่งของวาล์วควบคุมอัตราการไหลของอากาศใน Main Air Line และ Secondary Air Line ตามลำดับ

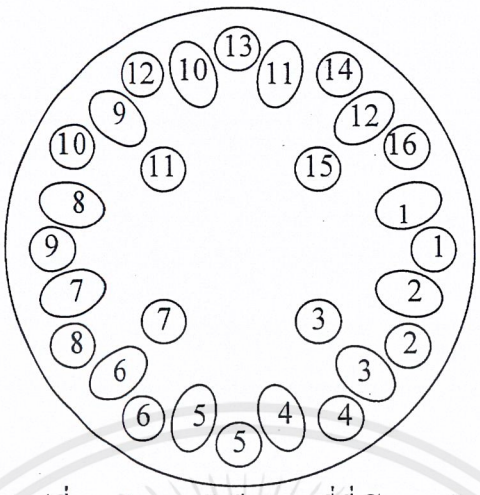
2. ในกรอบแสดงวาล์วควบคุมอัตราการไหลของอากาศเมื่อตำแหน่งของวาล์วควบคุมอัตราการไหลของอากาศใน Main Air Line และ Secondary Air Lineอยู่ตำแหน่งที่แรเงา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

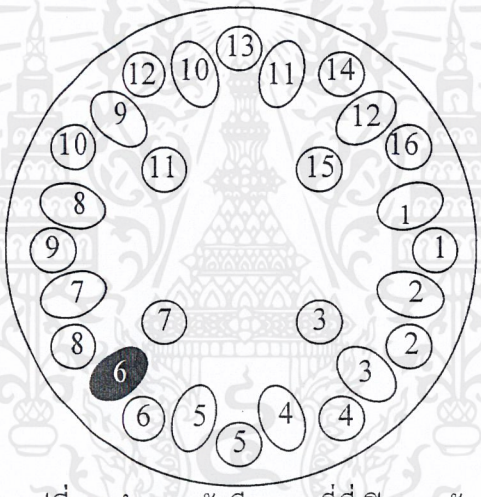
ภาคผนวก ง

ตำแหน่งการเปิด-ปิดหัวฉีดสเลอรี่จากการออกแบบ

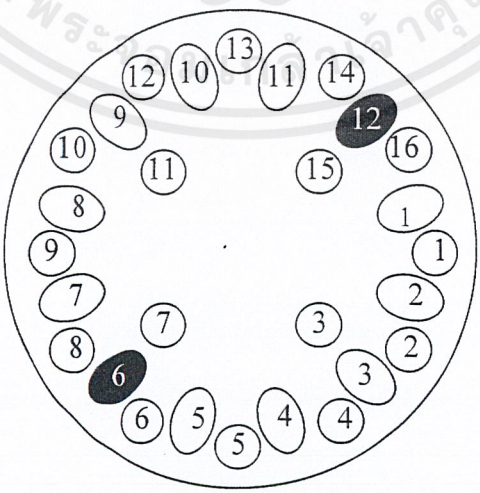
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.1 จำนวนหัวฉีดสเลอรี่ที่เปิด 28 หัว

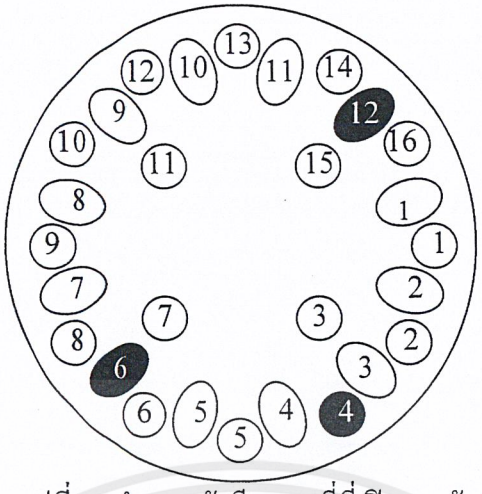


รูปที่ ง.2 จำนวนหัวฉีดสเลอรี่ที่เปิด 27 หัว

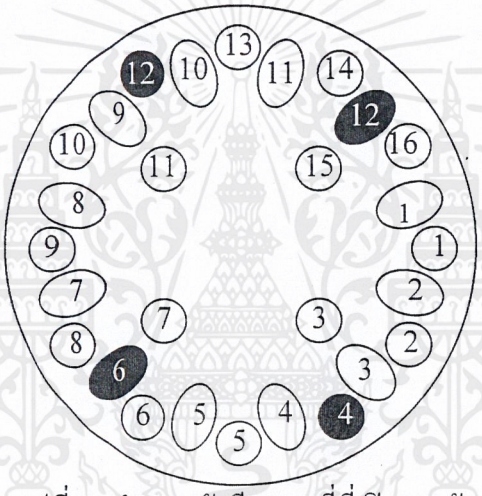


รูปที่ ง.3 จำนวนหัวฉีดสเลอรี่ที่เปิด 26 หัว

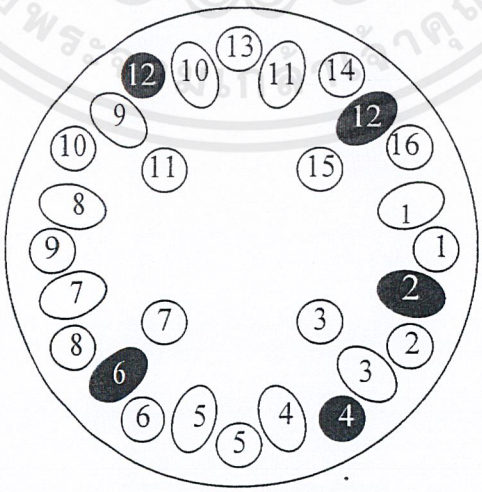
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.4 จำนวนหัวฉีดสเลอรี่ที่เปิด 25 หัว

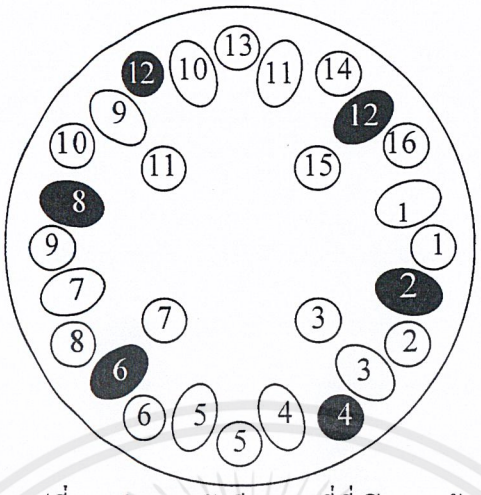


รูปที่ ง.5 จำนวนหัวฉีดสเลอรี่ที่เปิด 24 หัว

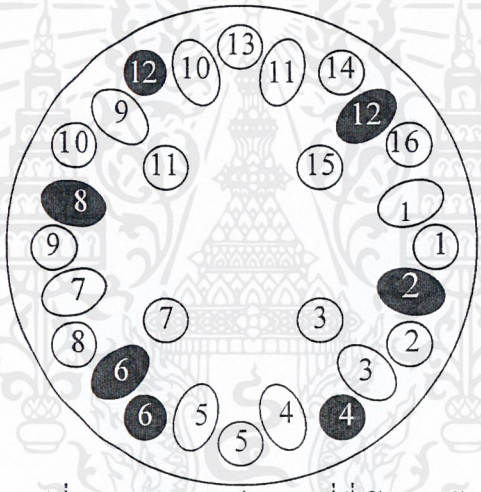


รูปที่ ง.6 จำนวนหัวฉีดสเลอรี่ที่เปิด 23 หัว

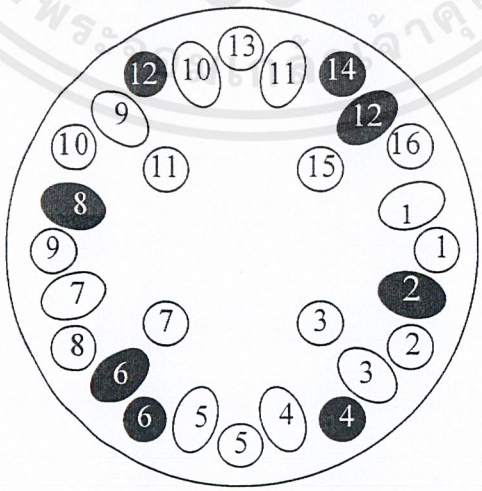
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.7 จำนวนหัวฉีดสเลอรี่ที่เปิด 22 หัว

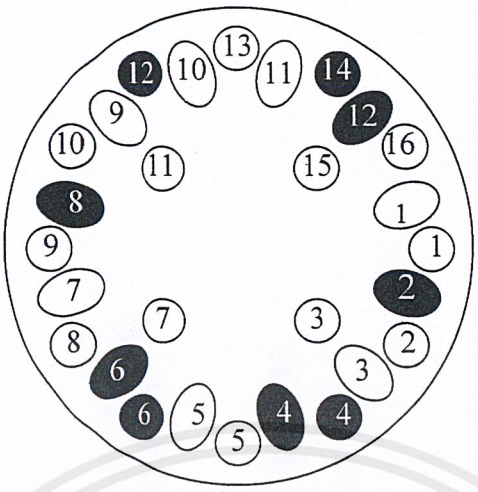


รูปที่ ง.8 จำนวนหัวฉีดสเลอรี่ที่เปิด 21 หัว

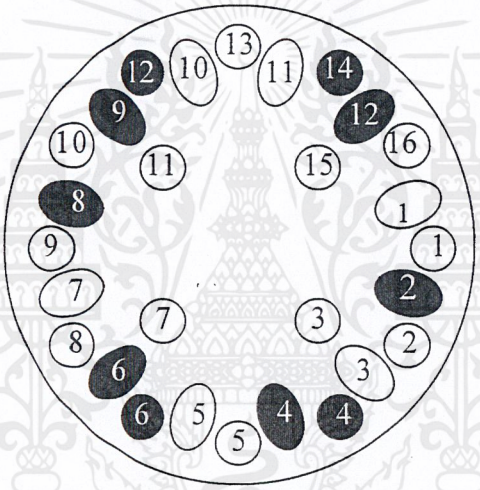


รูปที่ ง.9 จำนวนหัวฉีดสเลอรี่ที่เปิด 20 หัว

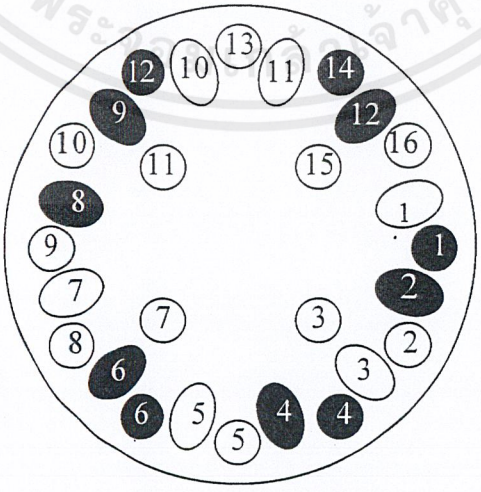
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.10 จำนวนหัวฉีดสเลอรี่ที่เปิด 19 หัว

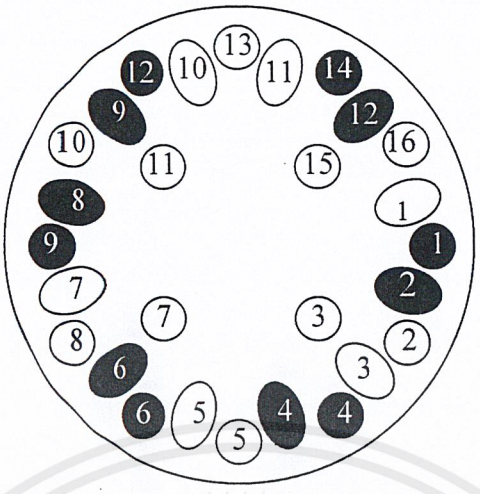


รูปที่ ง.11 จำนวนหัวฉีดสเลอรี่ที่เปิด 18 หัว

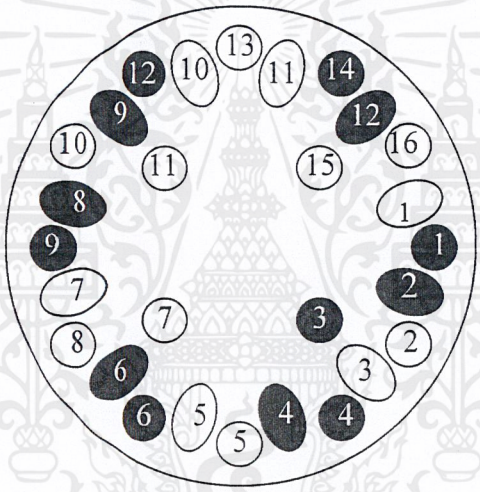


รูปที่ ง.12 จำนวนหัวฉีดสเลอรี่ที่เปิด 17 หัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ง.13 จำนวนหัวฉีดสเลอรี่ที่เปิด 16 หัว



รูปที่ ง.14 จำนวนหัวฉีดสเลอรี่ที่เปิด 15 หัว

<u>หมายเหตุ</u>

1. = ตำแหน่งหัวฉีดสเลอรี่วงแหวนล่าง
   = ตำแหน่งหัวฉีดสเลอรี่วงแหวนบน
2. = ตำแหน่งหัวฉีดสเลอรี่ที่ปิด
   = ตำแหน่งหัวฉีดสเลอรี่ที่เปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ
การคำนวณปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ใช้ลดลงต่อสเลอรี่ที่ใช้ในการทดลองปรับวาล์วควบคุมอัตราการไหลของอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ใช้ลดลงสามารถคำนวณได้จากปริมาณความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ของก๊าซธรรมชาติเท่ากับผลต่างของปริมาณความร้อนของอากาศที่สภาวะการเดินเครื่องปกติ กับปริมาณความร้อนของอากาศเมื่อโรงซัลโฟเนชั่นหยุดทำการผลิตและตำแหน่งของวาล์วควบคุมการไหลของอากาศที่ Main Air Line และ Secondary Air Line เปิด 100 เปอร์เซ็นต์

1. ปริมาณความร้อนของอากาศในท่อ Main Air Line ที่สภาวะการเดินเครื่องปกติ

ปริมาณความร้อนของอากาศที่สภาวะปกติ = $(m_{main\ air}/m_{air}) \times C_{p\ air} \times (T_{main\ air} - T_{ref})$ ...(จ.1)

เมื่อ $m_{main\ air}$ คือ อัตราการไหลของอากาศใน Main Air Line (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)

m_{air} คือ อัตราการไหลของอากาศทั้งหมดก่อนเข้าเตาเผา (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)

$C_{p\ air}$ คือ ค่าความจุความร้อนของอากาศ เท่ากับ 0.24 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัมของอากาศ-องศาเซลเซียส

$T_{main\ air}$ คือ อุณหภูมิของอากาศใน Main Air Line (องศาเซลเซียส)

T_{ref} คือ อุณหภูมิอ้างอิง(องศาเซลเซียส) โดยในการคำนวณใช้ เท่ากับ 0 องศาเซลเซียส

2. ปริมาณความร้อนของอากาศในท่อ Main Air Line เมื่อโรงซัลโฟเนชั่นหยุดทำการผลิตและตำแหน่งของวาล์วควบคุมการไหลของอากาศที่ Main Air Line และ Secondary Air Line เปิด 100 เปอร์เซ็นต์

อุณหภูมิของอากาศใน Main Air Line เป็น 28 องศาเซลเซียส และอัตราการไหลของอากาศใน Main Air Line ต่ออัตราการไหลของอากาศทั้งหมดก่อนเข้าเตาเผา เป็น 0.61

ปริมาณความร้อนของอากาศ = 0.61 x 0.24 x (28 – 0) ...(จ.2)

= 4.1 กิโลแคลอรี-ชั่วโมงต่อกิโลกรัมของอากาศ

3. ประสิทธิภาพของเตาเผา

ปริมาณความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ของก๊าซธรรมชาติ = ปริมาณความร้อนที่ใช้เพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้กับอากาศก่อนเข้าเตาเผา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\eta \times G_{act} \times H_G = m_{air.act} \times C_{p\,air} \times (HIT_{act} - FIT_{act}) \quad ...(จ.3)$$

$$FIT_{act} = T_{atm} + \{[m_{main\,air} \times (T_{main\,air} - T_{atm})]/ m_{air}\} \quad ...(จ.4)$$

เมื่อ η คือ ประสิทธิภาพของเตาเผา

G_{act} คือ อัตราการไหลของก๊าซธรรมชาติจริง (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)

H_G คือ Heating Value ของก๊าซธรรมชาติ เท่ากับ 9,638 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัมของก๊าซธรรมชาติ

$m_{air.act}$ คือ อัตราการไหลของอากาศทั้งหมดก่อนเข้าเตาเผาจริง (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)

HIT_{act} คือ อุณหภูมิของอากาศร้อนก่อนเข้าเครื่องอบแห้งจริง (องศาเซลเซียส)

FIT_{act} คือ อุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าเตาเผาจริง (องศาเซลเซียส)

T_{atm} คือ อุณหภูมิบรรยากาศ (องศาเซลเซียส) โดยในการคำนวณใช้ เท่ากับ 30 องศาเซลเซียส

4. ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ใช้ลดลง

$$\eta \times H_G \times \Delta G = [(m_{main\,air}/m_{air}) \times C_{p\,air} \times (T_{main\,air} - T_{ref})] - 4.7 \quad ...(จ.5)$$

$$\Delta G = \frac{[(m_{main\,air}/m_{air}) \times C_{p\,air} \times (T_{main\,air} - T_{ref})] - 4.7}{\eta \times H_G} \quad ...(จ.6)$$

โดย ΔG คือ ผลต่างของอัตราการไหลของก๊าซธรรมชาติระหว่างก่อนทำการทดลองกับหลังการทำการทดลอง (กิโลกรัมของก๊าซต่อกิโลกรัมของอากาศ)

ตัวอย่างการคำนวณ จากข้อมูลวันที่ 12 ธันวาคม 2544

$m_{main\,air}$	=	40,428	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
m_{air}	=	65,055	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
$C_{p\,air}$	=	0.24	กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัมของอากาศ-องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$T_{main\ air}$	=	57	องศาเซลเซียส
T_{ref}	=	0	องศาเซลเซียส
G_{act}	=	793	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
H_G	=	9,638	กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัมของก๊าซธรรมชาติ
HIT_{act}	=	351.1	องศาเซลเซียส
T_{atm}	=	30	องศาเซลเซียส

ปริมาณความร้อนของอากาศที่สภาวะปกติ $= (40{,}428/65{,}055) \times 0.24 \times (57 - 0)$

$= 8.50$ กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัมของอากาศ

$$FIT_{act} = T_{atm} + \{[m_{main\ air} \times (T_{main\ air} - T_{atm})]/ m_{air}\}$$

$$= 30 + \{[40{,}428 \times (57 - 30)]/ 65{,}055\}$$

$= 46.78$ องศาเซลเซียส

ประสิทธิภาพของเตาเผา

$$= \frac{m_{air.act} \times C_{p\ air} \times (HIT_{act} - FIT_{act}) \times 100}{G_{act} \times H_G}$$

$$= \frac{65{,}055 \times 0.24 \times (351.1 - 46.78) \times 100}{793 \times 9{,}638}$$

$= 62.17\%$

ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ใช้ลดลง

$$= \frac{[(m_{main\ air}/m_{air}) \times C_{p\ air} \times (T_{main\ air} - T_{ref})] - 4.1}{\eta \times H_G}$$

$= 6.75 \times 10^{-4}\ kg_{gas}/kg_{air}$

ถ้าปริมาณอากาศก่อนเข้าเครื่องอบแห้ง = 65,000 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ระยะเวลาดำเนินงาน = 5,472 ชั่วโมงต่อปี ความหนาแน่นของก๊าซธรรมชาติ = 0.817 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และราคาของก๊าซธรรมชาติ = 5.6 บาทต่อลูกบาศก์เมตร

ปริมาณก๊าซธรรมชาติที่ใช้ลดลง $= 6.75 \times 10^{-4} \times 65{,}000 \times 5{,}472 \times 5.6 / 0.817$

$= 1.65 \times 10^{6}$ บาทต่อปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ฉ
การคำนวณอัตราการไหลของก๊าซธรรมชาติที่ใช้ในกระบวนการผลิต เพื่อนำไปทำโปรแกรมคำนวณเปอร์เซ็นต์การเปิดวาล์วควบคุมอัตราการไหลของก๊าซธรรมชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ปริมาณความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ของก๊าซธรรมชาติ

$$Q_2 = \eta \times G \times H_G \quad \ldots(ฉ.1)$$

เมื่อ Q_2 คือ ปริมาณความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ของก๊าซธรรมชาติ (กิโลแคลอรีต่อชั่วโมง)

η คือ ประสิทธิภาพของเตาเผา

G คือ อัตราการไหลของก๊าซธรรมชาติ (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)

H_G คือ Heating Value ของก๊าซธรรมชาติ เท่ากับ 9,638 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม

2. ปริมาณความร้อนที่ใช้เพิ่มอุณหภูมิของอากาศจากอุณหภูมิก่อนเข้าเตาเผาเป็นอุณหภูมิเป้าหมายที่กำหนดก่อนเข้าเครื่องอบแห้ง

$$Q_3 = m_{air} \times C_{p\,air} \times (HIT - FIT) \quad \ldots(ฉ.2)$$

$$FIT = T_{atm} + \{[m_{main\,air} \times (T_{main\,air} - T_{atm})]/ m_{air}\} \quad \ldots(ฉ.3)$$

เมื่อ Q_3 คือ ปริมาณความร้อนที่ใช้เพิ่มอุณหภูมิของอากาศ (กิโลแคลอรีต่อชั่วโมง)

m_{air} คือ อัตราการไหลของอากาศร้อนก่อนเข้าเครื่องอบแห้ง(กิโลกรัมต่อชั่วโมง)

$C_{p\,air}$ คือ ความจุความร้อนของอากาศ เท่ากับ 0.24 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม-องศาเซลเซียส

HIT คือ อุณหภูมิของอากาศร้อนก่อนเข้าเครื่องอบแห้ง (องศาเซลเซียส)

FIT คือ อุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าเตาเผา (องศาเซลเซียส)

T_{atm} คือ อุณหภูมิบรรยากาศ (องศาเซลเซียส)

$m_{main\,air}$ คือ อัตราการไหลของอากาศร้อนใน Main Air Line (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)

$T_{main\,air}$ คือ อุณหภูมิของอากาศร้อนใน Main Air Line (องศาเซลเซียส)

ดังนั้น อัตราการไหลของก๊าซธรรมชาติที่ใช้ในการผลิตเท่ากับ

$$G = \frac{m_{air} \times C_{p\,air} \times (HIT - FIT)}{\eta \times H_G} \quad \ldots(ฉ.4)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการคำนวณ จากข้อมูลวันที่ 11 มีนาคม พ.ศ.2545

$m_{main\ air}$	=	41,024	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
m_{air}	=	67,080	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
$C_{p\ air}$	=	0.24	กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัมของอากาศ-องศาเซลเซียส
$T_{main\ air}$	=	38.5	องศาเซลเซียส
T_{ref}	=	0	องศาเซลเซียส
G_{act}	=	933	กิโลกรัมต่อชั่วโมง
H_G	=	9,638	กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัมของก๊าซธรรมชาติ
HIT_{act}	=	380.4	องศาเซลเซียส
T_{atm}	=	30	องศาเซลเซียส

$$FIT_{act} = T_{atm} + \{[m_{main\ air} \times (T_{main\ air} - T_{atm})]/\ m_{air}\}$$

$$= 30 + \{[41,024 \times (38.5 - 30)]/\ 67,080\}$$

$$= 35.2 \quad \text{องศาเซลเซียส}$$

ประสิทธิภาพของเตาเผา

$$= \frac{m_{air.act} \times C_{p\ air} \times (HIT_{act} - FIT_{act}) \times 100}{G_{act} \times H_G}$$

$$= \frac{67,080 \times 0.24 \times (380.4 - 35.2) \times 100}{933 \times 9,638}$$

$$= 61.80\%$$

ดังนั้น อัตราการไหลของก๊าซธรรมชาติที่ใช้ในการผลิตเท่ากับ

$$G = \frac{m_{air} \times C_{p\ air} \times (HIT - FIT)}{\eta \times H_G}$$

$$= \frac{67,000 \times 0.24 \times (380 - 35.2)}{0.618 \times 9,638}$$

$$= 931 \text{ กิโลกรัมต่อชั่วโมง}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ช
การคำนวณความร้อนสูญเสียเนื่องจากการพาความร้อนที่ผนังรอบนอกของเครื่องอบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการคำนวณจากข้อมูลวันที่ 8 มีนาคม 2545

1. การหาความร้อนที่สูญเสียจากการพาความร้อนที่ผนังรอบนอกของเครื่องอบแห้งที่จุดล่างหน้าตัด 7-7 จำนวน 1 จุด

อุณหภูมิที่ผนังรอบนอกเครื่องอบแห้ง	=	30.9	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมรอบผนัง	=	29.6	องศาเซลเซียส
ความสูงของเครื่องอบแห้งในช่วงที่วัดอุณหภูมินี้	=	2.4	เมตร
รัศมีของเครื่องอบแห้ง	=	3.7	เมตร

ดังนั้น $T_f = (30.9+29.6)/2 = 30.25$ องศาเซลเซียส

ที่อุณหภูมิ 30.25 องศาเซลเซียส

$\beta = 1/(273+30.25)$

$\nu = 1.6 \times 10^{-5}$ m^2/s

$k = 0.0265$ $W/m\,^{O}C$

$Pr = 0.7073$

$$Gr_f = \frac{g\beta(T_W - T_\infty)x^3}{\nu^2}$$

$$= \frac{(9.81 \times 0.0331 \times (30.9-29.6) \times 2.4^3)}{(1.6 \times 10^{-5})^2}$$

$$= 2.27 \times 10^{10}$$

ดังนั้น $Gr_f Pr_f = 1.61 \times 10^{10}$

เนื่องจาก $Gr_f Pr_f > 10^9$ ดังนั้น $C = 0.1$ $m = 1/3$ [9]

$$\overline{Nu_f} = C(Gr_f Pr_f)^m$$

$$= 0.1 \times (1.61 \times 10^{10})^{1/3}$$

$$= 252.31$$

$$\bar{h} = \frac{\overline{Nu_f}\, k}{x} = \frac{252.31 \times 0.0265}{2.4} = 2.78 \ W/m^2\,^{O}C$$

จากสมการ (6.2)

$$q = \bar{h}A(T_W - T_\infty)$$

$$= 2.78 \times (0.25 \times \pi \times 3.7 \times 2.4) \times (30.9-29.6)$$

$$= 25.21 \ W$$

$$= 1{,}512.6 \ J/h$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>หมายเหตุ</u> วัดอุณหภูมิที่ผนังของเครื่องอบแห้งและอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม 8 ชั้น ชั้นละ 4 จุด (ข้อมูลแสดงในภาคผนวก ซ.1)

การหาความร้อนที่สูญเสียจากการพาความร้อนที่ผนังรอบนอกของเครื่องอบแห้งทั้งหมดได้จากการคิดความร้อนที่สูญเสียจากการพาความร้อนที่ผนังรอบนอกของเครื่องอบแห้งแต่ละจุดทุก ๆ จุด จากนั้นนำความร้อนที่หาได้มารวมกัน

ดังนั้นความร้อนที่สูญเสียจากการพาความร้อนที่ผนังรอบนอกของเครื่องอบแห้งทั้งหมดเท่ากับ 2.46×10^4 กิโลจูลต่อชั่วโมง

2. การหาความร้อนที่ได้จากการเปลี่ยนอุณหภูมิของอากาศร้อนก่อนเข้าเครื่องอบแห้งเป็นอุณหภูมิที่ออกจากเครื่องอบแห้ง

ความชื้นในสเลอรี่ = 40.22

ความชื้นในผงพื้นฐาน = 9.70

อัตราการฉีดสเลอรี่ = 29,560.7 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

อัตราการไหลของอากาศที่เข้าเครื่องอบแห้ง = 67,000 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

อุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าเครื่องอบแห้ง = 425 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิของอากาศที่ออกจากเครื่องอบแห้ง = 97.8 องศาเซลเซียส

ความชื้นของอากาศในบรรยากาศที่ 31.4°ซ = 0.022 กิโลกรัมน้ำต่อกิโลกรัมอากาศ

จากสมการ (6.6)

$$Q_1 = m_{dry\ air} \times C_{p\ air} \times (HIT - HOT)$$

$$C_{p\ air} = 1.005 + 1.88\ H$$

ดังนั้น $H = 0.022$

$$m_{dry\ air} = \frac{67,000}{1.022}$$

$$= 65,557.7 \text{ kg}$$

$$C_{p\ air} = 1.005 + (1.88 \times 0.022)$$

$$= 1.05 \text{ kJ/kg } ^{O}C$$

$$Q_1 = 65,557.7 \times 1.05 \times (425 - 97.8)$$

$$= 2.25 \times 10^7 \text{ kJ/h}$$

ดังนั้นความร้อนที่ได้จากการเปลี่ยนอุณหภูมิของอากาศร้อนก่อนเข้าเครื่องอบแห้งเป็นอุณหภูมิที่ออกจากเครื่องอบแห้ง เท่ากับ 2.25×10^7 กิโลจูลต่อชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้