

**การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดเพื่อนำตะกอนและไขมันจากบ่อแยกไขมัน
ในระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานผลิตขวดแก้ว
กลับมาใช้ใหม่**

นายโกศล พลานนท์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
แขนงวิชาสาธารณสุขศาสตร์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

พ.ศ. 2551

**Implementation of Cleaner Technology for the Recycle of Sludge and Oil from
Oil-Water Separator Pit in Wastewater Treatment System of a Container
Glass Factory**

Mr. Kosai Palanond

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for
the Degree of Master of Public Health in Industrial Environment Management**

School of Health Science

Sukhothai Thammathirat Open University

2008

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาด เพื่อนำตะกอนและไขมันจากบ่อแยกไขมัน
ในระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานผลิตขวดแก้วกลับมาใช้ใหม่

ชื่อและนามสกุล นายโกศย์ พลานนท์

แขนงวิชา สาธารณสุขศาสตร์

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

อาจารย์ที่ปรึกษา 1. รองศาสตราจารย์ปิติ พูนไชยศรี
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปราโมช เชี่ยวชาญ

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ได้ให้ความเห็นชอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิทยา อยู่สุข)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ปิติ พูนไชยศรี)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปราโมช เชี่ยวชาญ)

คณะกรรมการบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์
ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต แขนงวิชา
สาธารณสุขศาสตร์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

..... ประธานกรรมการบัณฑิตศึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุจินต์ วิสวธีรานนท์)

วันที่ 12 เดือน มีนาคม พ.ศ. 2552

ชื่อวิทยานิพนธ์ การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดเพื่อนำตะกอนและไขมันจากบ่อแยกไขมัน
ในระบบบำบัดน้ำเสีย ของโรงงานผลิตขวดแก้วกลับมาใช้ใหม่

ผู้วิจัย นายโกศัย พลานนท์ **ปริญญา** สาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการสิ่งแวดล้อม
อุตสาหกรรม) **อาจารย์ที่ปรึกษา** (1) รองศาสตราจารย์ปิติ พูนไชยศรี (2) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปราโมช
เจี๊วชาญ **ปีการศึกษา** 2551

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด ในการนำตะกอน
และน้ำมันจากบ่อแยกไขมัน ของโรงงานผลิตขวดแก้ว กลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์ใหม่ ภายใน
โรงงานแหล่งกำเนิด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา (1) ความเหมาะสมในการนำตะกอนกลับไปใช้เป็น
วัตถุดิบใหม่ (2) ความเหมาะสมในการนำน้ำมันไปใช้เป็นเชื้อเพลิง (3) ศึกษามูลค่าจากการประยุกต์ใช้
เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดดังกล่าว

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง ใช้เวลารวบรวมกลุ่มตัวอย่าง คือ ตะกอน และน้ำมันใน
บ่อแยกไขมัน เป็นระยะเวลา 4 เดือน นำตัวอย่างมาวิเคราะห์หาปริมาณการเกิดตะกอนและน้ำมัน
เทียบกับปริมาณการผลิตแก้ว และปริมาณของน้ำเสีย และนำตะกอนมาวิเคราะห์ส่วนประกอบเคมี
และขนาดของตะกอน เครื่องมือที่ใช้ได้แก่ X-Ray Spectrometer เครื่องวัดความชื้นและเครื่องชั่ง ใน
การศึกษาได้ดำเนินการป้อนตะกอนเป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตขวดแก้ว ร่วมกับวัตถุดิบอื่นๆ โดยใช้
กระบวนการผลิตตามปกติของโรงงาน ได้แก่ กระบวนการผสมวัตถุดิบ กระบวนการหลอมแก้ว
กระบวนการขึ้นรูปขวดแก้ว กระบวนการตรวจสอบคุณภาพขวดแก้วของโรงงาน และดำเนินการ
ป้อนน้ำมันผสมกับน้ำมันเตาในถังเก็บน้ำมัน ป้อนน้ำมันเชื้อเพลิงผสม เข้าสู่กระบวนการเผาไหม้ใน
เตาหลอมของโรงงาน และตรวจวัดอากาศเสียที่ระบายออกจากรปล่องควันเตาหลอม สถิติที่ใช้ได้แก่
ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และสถิติทดสอบที่ทดสอบสมมุติฐาน

ผลการวิจัยพบว่า (1) ตะกอนมีส่วนประกอบของ Fe_2O_3 สูง ไม่เหมาะที่จะใช้เป็น
วัตถุดิบแก้วสีขาวแต่สามารถใช้ได้สำหรับการผลิตแก้วสีชา ในอัตราส่วนร้อยละ 3 ขวดแก้วที่ผลิต
ได้ทั้งคุณภาพและประสิทธิภาพการผลิต ยังอยู่ในมาตรฐานของโรงงาน (2) น้ำมัน มีค่าความร้อน
จำเพาะสูง มีกำมะถัน และเถ้าต่ำ เหมาะที่จะป้อนผสมไปกับน้ำมันเตา ในอัตราส่วนร้อยละ 3.5 ของ
ปริมาณการใช้ คุณภาพอากาศเสียที่ระบายออกปล่องไอเสีย อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ปล่อยออกได้
ตามกฎหมาย (3) การนำตะกอนและน้ำมันกลับมาใช้ใหม่ จากการเก็บตัวอย่าง 4 เดือนมีมูลค่า
391,100 บาท หรือ 1,173,300 บาท/ปี

คำสำคัญ เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด บ่อแยกน้ำ-น้ำมัน ของโรงงานผลิตขวดแก้ว

Thesis title: Implementation of Cleaner Technology for the Recycle of Sludge and Oil from Oil-Water Separator Pit in Wastewater Treatment System of a Container Glass Factory

Researcher: Mr. Kosai Palanond; **Degree:** Master of Public Health (Industrial Environment Management); **Thesis advisors:** 1) Peeti Bhoonchaisri, Associate Professor; 2) Promoj Chueychan, Assistance Professor **Academic year:** 2008

Abstract

This research was study to implement cleaner Technology for recycle sludge and oil from oil-water separator pit of container glass factory inside of generative factory. The purpose of this study for (1) The fitting for recycle sludge was raw material of container glass again (2) The fitting for recycle oil was fuel oil in glass furnace (3) The evaluation of There implement cleaner technology.

This research was a quasi-experiment with a 4 months period for collection samples were sludge and oil in oil-water separator pit. These samples were analyzed generative amounts of sludge and oil compare with container glass production out puts and amounts of waste water, and sludge was analyzed chemical composition, grain size, moisture which instruments were x-ray spectrometer, moisture analyzer and weighting scale. The study were fed sludge as a raw materials for produce container glass together with other raw materials by used normal production process of factory i.e. raw materials mixing process, glass melting process, glass forming process, container glass quality control process and were fed oil to mixed with heavy fuel oil in storage tank, mix fuel oil were fed to combustion process in glass furnace of factory and to examined. Waste gas from furnace stack, the statistics were percentage, mean and t-test for hypothesis test.

The results of research showed that ① sludge had high composition of Fe_2O_3 , should not be use as raw material for produce flint glass but it can use for produce amber glass at ratio 3 percent the quality and yield of container glass production were in standards of factory ② oil had high gross heat of combustion, low sulphur and ash content, then fed to mix with heavy fuel oil at ratio 3.5 percent of total fuel oil consumption the quality of waste gas emitted from furnace stack was in standard of waste gas for emission according to emission regulations ③ The recycle of these sludge and oil from oil-water separator pit with 4 months sample collection were value 391,100 baht or 1,173,300 baht per year.

Keywords: Cleaner Technology, Oil-Water separator pit of a container glass factory.

กิตติกรรมประกาศ

การทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาเป็นอย่างยิ่ง จากคณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ ซึ่งประกอบด้วย รองศาสตราจารย์ปีติ พูนไชยศรี อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปราโมช เชื้อวชาญ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม และรองศาสตราจารย์ ดร.วิทยา อยู่สุข กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ ที่ได้เสียสละเวลาในการให้คำแนะนำ ติดตาม ตรวจสอบแก้ไข วิทยานิพนธ์ และข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

วิทยานิพนธ์นี้จะสำเร็จลงไม่ได้ ถ้าไม่ได้รับความร่วมมือจากผู้บริหาร และพนักงานของฝ่ายผสมและหลอม ผู้บริหารและนักวิเคราะห์ ประจำห้องทดลอง ผู้บริหารและพนักงานฝ่ายวิศวกรรม ของบริษัท บางกอกกล๊าส จำกัด ที่ให้ความร่วมมือ ให้คำปรึกษา และดูแลโครงการ ในการดำเนินงานโครงการวิจัยให้แล้วเสร็จไปด้วยดี นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ สำนักเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม ที่ได้จัดทำเอกสารด้านเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด ออกเผยแพร่เป็นวิทยาทาน เป็นแนวทางในการพัฒนาอุตสาหกรรมของประเทศ และเป็นตัวจุดประกายในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ประโยชน์ และคุณค่าอันพึงมีจากการวิจัย ขอมอบให้แก่ คุณพ่อ คุณแม่ และผู้มีพระคุณทุกท่าน รวมถึงผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ทุกท่าน ที่ได้กรุณาให้การสนับสนุน ช่วยเหลือ และให้กำลังใจตลอดมา

โกศชัย พลานนท์

กันยายน 2551

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ความเป็นมา.....	1
ความสำคัญของปัญหา.....	2
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
กรอบแนวคิดของการวิจัย.....	4
สมมติฐานของการวิจัย.....	6
ขอบเขตของการวิจัย.....	7
ข้อจำกัดในการวิจัย.....	8
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	8
ประโยชน์คาดว่าจะได้รับ.....	10
บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง.....	11
ของเสียจากอุตสาหกรรมมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม.....	11
การจัดการกากอุตสาหกรรม.....	12
ความหมายและหลักการเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด.....	16
วิธีการของเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด.....	19
ประโยชน์ของเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด.....	22
กรณีศึกษาที่เกี่ยวข้องในการใช้เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด.....	24
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	27
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	27
ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง.....	28
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	31
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	32

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	33
ผลการประเมินการเกิดตะกอนและน้ำมัน ในบ่อแยกน้ำ-น้ำมันของระบบบำบัด	
น้ำเสียในโรงงานผลิตขวดแก้วแห่งหนึ่ง.....	33
ผลการใช้กากตะกอนจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน นำไปเป็นวัตถุดิบผลิตขวดแก้ว.....	34
ผลการใช้น้ำมันจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน นำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในเตาหลอมแก้ว.....	47
ความคุ้มค่าของการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาด ในการนำของเสีย	
จากระบบบำบัดน้ำเสีย.....	49
บทที่ 5 สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	52
สรุปการวิจัย.....	52
อภิปรายผลการวิจัย.....	56
ข้อเสนอแนะ.....	57
บรรณานุกรม.....	59
ภาคผนวก.....	61
ก แสดงข้อมูลของบ่อแยกน้ำ-น้ำมันที่ใช้เก็บรวบรวม	
ปริมาณตะกอนและปริมาณน้ำมัน.....	62
ข ข้อมูลการทดสอบสมมุติฐานทางสถิติ.....	70
ค ข้อมูลผลวิเคราะห์น้ำมันจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน.....	72
ง ข้อมูลผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ระบายออกจากปล่อง.....	74
ประวัติผู้วิจัย.....	78

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 4.1 ผลการเกิดตะกอนในบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน.....	33
ตารางที่ 4.2 ผลการเกิดน้ำมันในบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน.....	33
ตารางที่ 4.3 แสดงผลการตรวจวัดความชื้นและวัดอุปโลมปนอื่น ของกากตะกอนที่ผึ่งแห้งแล้ว.....	34
ตารางที่ 4.4 แสดงผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี ของตะกอนที่วิเคราะห์ด้วยเครื่อง X-Ray Spectrometer.....	34
ตารางที่ 4.5 แสดงปริมาณการผลิตกากตะกอนกับเศษแก้วที่รับซื้อ จากภายนอกเข้าเก็บใน Foreign Cullet Silo.....	40
ตารางที่ 4.6 ผลการป้อนกากตะกอนเข้าเก็บใน Foreign Cullet Silo.....	40
ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของแก้วที่มีส่วนผสม ของกากตะกอน 3% เป็นวัตถุดิบเทียบกับมาตรฐานโรงงาน จากเตาหลอมที่ 2 แก้วสีขาในแต่ละวัน.....	43
ตารางที่ 4.8 ผลการผลิตขวดแก้วจากเตาหลอมแก้วที่ 2 ที่มีส่วนผสมกากตะกอน จากบ่อแยกน้ำ-น้ำมันเป็นวัตถุดิบ 3% โดยน้ำหนัก.....	44
ตารางที่ 4.9 แสดงผลวิเคราะห์ส่วนประกอบ และค่าความร้อนจำเพาะของน้ำมัน จากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน เทียบกับน้ำมันเตา กำมะถันไม่เกิน 2%.....	46
ตารางที่ 4.10 ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ระบายออกจากปล่องเตาหลอม.....	48

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1.1 กระบวนการผลิตขวดแก้ว เพื่อแสดงการนำตะกอนและไขมัน
จากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน กลับมาใช้ใหม่ และจุดตรวจสอบผลการดำเนินการ.....5

ภาพที่ 2.1 แผนภูมิระบบการจัดการกากอุตสาหกรรม.....11

ภาพที่ 2.2 ระบบเอกสารกำกับการขนส่งสิ่งปฏิกูลและวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว.....15

ภาพที่ 2.3 แสดงภาพรวมของหลักการเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด
ในการป้องกันมลพิษ.....18

ภาพที่ 2.4 วิธีการดำเนินงานเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด.....19

ภาพที่ 2.5 หลักการลดมลพิษที่แหล่งกำเนิด.....19

ภาพที่ 2.6 เจือปนใยในการปรับปรุงเทคโนโลยี.....20

ภาพที่ 2.7 ขั้นตอนการดำเนินงานเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดในโรงงานอุตสาหกรรม.....22

ภาพที่ 4.1 แสดง Flow Diagram การผสมและป้อนวัตถุดิบเข้าเตาหลอม
เพื่อนำไปหลอมเป็นน้ำแก้ว.....36

ภาพที่ 4.2 แสดง Flow ของ Batch เข้าเตาหลอม
และการหลอมน้ำแก้วเข้าเครื่องขึ้นรูป.....37

ภาพที่ 4.3 แสดง Flow Diagram การทดลองนำกากตะกอนไปใช้งาน.....41

ภาพที่ 4.4 แสดง Flow Diagram การนำน้ำมันจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมันไปใช้งาน.....47

บทที่ 1

บทนำ

1. ความเป็นมา

โดยทั่วไปกระบวนการผลิตขวดแก้ว จะเริ่มจากการหาวัตถุดิบในธรรมชาติหลายชนิด ที่ให้แร่ธาตุที่เป็นส่วนประกอบของเนื้อแก้ว โดยทำให้มีขนาดเล็กพอที่จะหลอมละลายได้ง่าย และขนส่งได้ง่ายไม่ฟุ้งกระจาย นำมาจัดเก็บไว้ในไซโลวัตถุดิบตามชนิดของวัตถุดิบนั้นๆ เมื่อต้องการใช้ต้องใช้วิธีผสมที่ละกอง (Batch Process) โดยการแปลงส่วนประกอบทางเคมีของเนื้อแก้วเป็นน้ำหนักของวัตถุดิบแต่ละชนิด ที่ต้องใช้ในแต่ละ Batch หลังจากนั้นชั่งน้ำหนักของวัตถุดิบจนครบทุกชนิดแล้วนำไปผสมให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นนำ Batch วัตถุดิบที่ผสมเข้ากันแล้วไปเก็บไว้ใน Batch ไซโลข้างเตาหลอมพร้อมที่จะป้อนเข้าเตาหลอม ซึ่งในขั้นตอนนี้จะมีการป้อนเศษแก้ว Recycle ตามที่จะหาได้ มาผสมเก็บใน Batch ไซโลด้วย หลังจากนั้นจะป้อน Batch จาก Batch ไซโล เข้าเตาหลอมเป็นลักษณะ Continuous Process ควบคุมด้วยตัววัดระดับน้ำแก้วในเตาหลอม แก้ว เตาหลอมแก้วจะทำหน้าที่หลอมละลาย Batch ด้วยเชื้อเพลิง และ/หรือไฟฟ้า ด้วยอุณหภูมิ ประมาณ 1,600 °C ด้วยความร้อนและเวลาในเตาหลอม ทำให้ Batch วัตถุดิบละลายเป็นน้ำแก้ว น้ำแก้วนี้จะถูกดึงผ่านรางน้ำแก้วที่ทำหน้าที่ปรับอุณหภูมิให้พอเหมาะกับการขึ้นรูป ประมาณ 1,200 °C เข้าสู่เครื่องขึ้นรูป เครื่องขึ้นรูปจะมีแม่แบบขวด (Moulds) ติดตั้งอยู่ น้ำแก้วจะถูกตัดเป็นก้อนตามน้ำหนักของขวดที่ต้องการผลิตหัดใส่แม่แบบ หลังจากนั้นใช้ลมความดันสูงเป่าขึ้นรูปเป็นขวดในแม่แบบ ในขั้นตอนนี้ น้ำแก้วจะเปลี่ยนเป็นเนื้อแก้วแข็งเป็นรูปขวดตามแม่แบบ หลังจากนั้นนำขวดแก้วออกจากแม่แบบ ซึ่งมีอุณหภูมิประมาณ 600 °C-700 °C เข้าสู่เตาอบลดความเครียด (Annealing Lehr) ค่อยๆ ลดอุณหภูมิของขวดแก้วลงให้ถึงอุณหภูมิห้อง หลังจากนั้นนำขวดแก้วเข้าสู่เครื่องตรวจสอบคุณภาพและบรรจุหีบห่อ เพื่อเตรียมส่งให้ลูกค้าที่ต้องการนำขวดแก้ว ไปบรรจุสินค้าของตนเองต่อไป

จากขั้นตอนกระบวนการผลิตขวดแก้วข้างต้น จำเป็นต้องใช้ทรัพยากรธรรมชาติ และพลังงานเป็นจำนวนมาก ซึ่งท่ามกลางการแข่งขันทางธุรกิจ ตลอดจนพลังงาน วัตถุดิบ หายากขึ้น ราคาสูงขึ้น อีกทั้งความเข้มงวดของสังคม ให้โรงงานผู้ผลิตต้องใส่ใจดูแลสิ่งแวดล้อมอย่างมาก ในปัจจุบันและจะสูงขึ้นในอนาคต ทำให้เห็นว่าการใช้เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด มีความสำคัญต่อทุกขั้นตอนการผลิต และเป็นเครื่องมือที่ดีที่สุดชนิดหนึ่ง ที่จะช่วยแก้ปัญหาทั้งด้านเศรษฐศาสตร์

และสิ่งแวดล้อมไปด้วยกัน ความเป็นไปได้ที่จะประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด ในแต่ละขั้นตอนการผลิตขวดแก้ว มีดังนี้

1. ขั้นตอนการผสมวัตถุดิบ มีการใช้พลังงานไฟฟ้ามากเกินไปหรือไม่ สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้หรือไม่ เช่น ลดจำนวนครั้งของการผสมวัตถุดิบ โดยเพิ่มน้ำหนักในแต่ละครั้งของการผสม หรือลดเวลาการเดินเครื่องจักรตัวเปล่าลง เป็นต้น
2. ขั้นตอนการหลอมแก้ว มีการปล่อย CO₂, NO_x มากเกินไปหรือไม่ ใช้ระบบเผาไหม้แบบ Oxy-Fuel Melted ช่วยลดการปล่อย CO₂, NO_x ได้หรือไม่ คู้มค่าหรือไม่ อีกทั้งความร้อนของ Waste gas ที่ปล่อยทิ้งออกปล่อง ที่อุณหภูมิประมาณ 400 °C สามารถนำเอามาใช้ประโยชน์ก่อนที่จะปล่อยทิ้งได้หรือไม่ โดยวิธีใดจึงจะคุ้มค่าที่สุด เป็นต้น
3. ขั้นตอนการขึ้นรูปขวดแก้ว มีการรั่วไหลของอากาศอัดในเครื่องขึ้นรูปหรือไม่ ลดการรั่วไหลได้หรือไม่ ลดการใช้น้ำมันเช็ดแม่แบบขวดได้หรือไม่ ลดการใช้น้ำหล่อเย็นน้ำแก้วได้หรือไม่ ลดเวลาในการแก้ไขข้อบกพร่องในการผลิตขวดแต่ละครั้งได้หรือไม่ เป็นต้น
4. ขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพขวดแก้ว เช่น ลดเวลาในการวิเคราะห์และแจ้งปัญหาขวดที่ไม่ได้คุณภาพได้หรือไม่ ด้วยวิธีใด เป็นต้น
5. ขั้นตอนการบรรจุหีบห่อ เช่น เปลี่ยนวัสดุบรรจุ จาก Pallet ไม้ เป็น Pallet พลาสติกได้หรือไม่, เปลี่ยนถาดรองขวดจากถาดไม้ เป็นถาดกระดาษ หรือถาดพลาสติกได้หรือไม่ เปลี่ยนถุงคลุม Pallet ให้บางลงได้หรือไม่
6. ระบบ Utilities เช่น ลดแรงดันอากาศลงได้หรือไม่, ลดการใช้น้ำหล่อเย็นลงได้หรือไม่ เป็นต้น
7. ระบบบำบัดน้ำเสีย เช่น ตะกอนและน้ำมันจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน สามารถนำกลับมาใช้ในกระบวนการผลิตใหม่ โดยไม่ต้องนำไปกำจัดภายนอกได้หรือไม่ หรือน้ำเสียนำมาปรับสภาพให้พอเหมาะอย่างไร เพียงใด แล้วนำกลับมาใช้ใหม่โดยไม่ต้องปล่อยทิ้งได้หรือไม่ เป็นต้น

2. ความสำคัญของปัญหา

ด้วยความเป็นไปได้ที่จะประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด ในหลายขั้นตอนการผลิตขวดแก้วเหล่านี้ ผู้วิจัยได้พิจารณาแล้วเห็นว่า ควรจะนำเรื่องการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด เพื่อนำตะกอนและน้ำมัน จากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน ในระบบบำบัดน้ำเสีย กลับมาใช้ใหม่ มาเป็นหัวข้องานวิจัย เพราะการลงทุนการวิจัยต่ำ ทำได้ทันที และสอดคล้องกับการศึกษาการจัดการสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม

ในระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานผลิตขวดแก้ว อาจจะใช้ระบบบำบัดหลายประเภทร่วมกัน ขึ้นอยู่กับสภาพของน้ำเสีย ที่ออกจากกระบวนการผลิต และวัตถุประสงค์ของการจัดการน้ำ ขึ้นสุดท้ายว่าจะเอาไปทำอะไร แต่วิธีการบำบัดชนิดหนึ่งที่เป็นต้องใช้ ในระบบบำบัดน้ำเสียอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ คือ การแยกน้ำมัน และไขมันออกจากน้ำเสีย โดยก่อสร้างเป็นบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน (Oil Water Separator Pit) ที่มีขนาดใหญ่เพียงพอเพื่อให้น้ำเสียมีระยะเวลาเก็บกักในบ่อนานพอ และมีสภาพนิ่ง ทำให้ไขมันและน้ำมันลอยขึ้นสู่ผิวน้ำ เมื่อปล่อยน้ำเสียให้ไหลผ่านบ่อแยกน้ำ-น้ำมันเศษแก้วชิ้นเล็กๆ ละอองจะจมสะสมสู่ก้นบ่อพร้อมกับคราบไขมันบางส่วนที่เกาะติดกัน คราบไขมัน น้ำมันส่วนใหญ่ก็จะลอยสู่ผิวน้ำ จะถูกกวาดด้วย Skimmer นำไปกักเก็บรวมกันที่บ่อกักเก็บไขมัน น้ำเสียเมื่อถูกแยกไขมันแล้ว ก็จะถูกปล่อยเข้าสู่ระบบบำบัดอื่นต่อไป เช่น Areated Lagoon เป็นต้น แล้วอาจจะนำกลับมาหมุนเวียนใช้ใหม่ได้อีก ที่บ่อแยกน้ำ-น้ำมัน เมื่อมีการใช้งานไปได้ช่วงระยะเวลาหนึ่ง ปริมาณตะกอนก็จะมากขึ้นจนทำให้ปริมาตรของบ่อแยกน้ำ-น้ำมันเหลือน้อยลงประสิทธิภาพของระบบบำบัดก็ต่ำลงด้วย ต้องมีการโกยกากตะกอนนี้ออกไปจากระบบ ส่วนไขมันและน้ำมันที่กวาดรวบรวมมาก็เช่นกัน เมื่อมีปริมาณมากขึ้นก็ต้องหาวิธีกำจัดต่อไป ถ้ามีการจัดการที่ไม่ถูกต้อง เช่น การนำตะกอนไปถมพื้นที่ จะทำให้เกิดสิ่งแวดล้อมที่เป็นพิษให้กับบริเวณที่นำไปถม เพราะตะกอนเหล่านี้เป็นเศษแก้วละเอียดปนกับคราบน้ำมัน ที่เกาะติดกันแน่นเมื่อถูกน้ำหรือน้ำฝนชะจะเป็นน้ำมัน และกลิ่นเหม็นถ้าหากนำไปกำจัดตามแหล่งรับกำจัดที่ถูกต้องตามกฎหมาย ก็จะมีค่าใช้จ่ายซึ่งเป็นต้นทุนของการดำเนินการของกิจการผลิตด้วย

ดังนั้นการวิจัยนี้ต้องการศึกษาทดลอง เพื่อนำตะกอน และน้ำมัน ที่เกิดจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน ของระบบบำบัดน้ำเสียเหล่านี้กลับมาใช้ประโยชน์ ภายในโรงงานผลิตขวดแก้วใหม่ไม่ปล่อยออกไปกำจัดภายนอก โดยใช้แนวหลักการของเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด พร้อมทั้งวิเคราะห์คุณค่าทางเศรษฐศาสตร์ว่าคุ้มค่ากับการดำเนินการหรือไม่

3. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

3.1 วัตถุประสงค์ทั่วไป

เพื่อศึกษาการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด ช่วยในการนำของเสียที่เกิดจากการผลิตขวดแก้วกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ภายในโรงงานแห่งกำเนิด โดยไม่ต้องนำไปบำบัดหรือกำจัดภายนอก และมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

3.2 วัตถุประสงค์เฉพาะ

3.2.1 เพื่อศึกษาปริมาณตะกอนในบ่อแยกน้ำ-น้ำมันเทียบกับปริมาณการผลิตขวดแก้ว

3.2.2 เพื่อศึกษาการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดช่วยในการนำตะกอนจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมันกลับมาใช้เป็นวัตถุดิบของกระบวนการผลิตใหม่

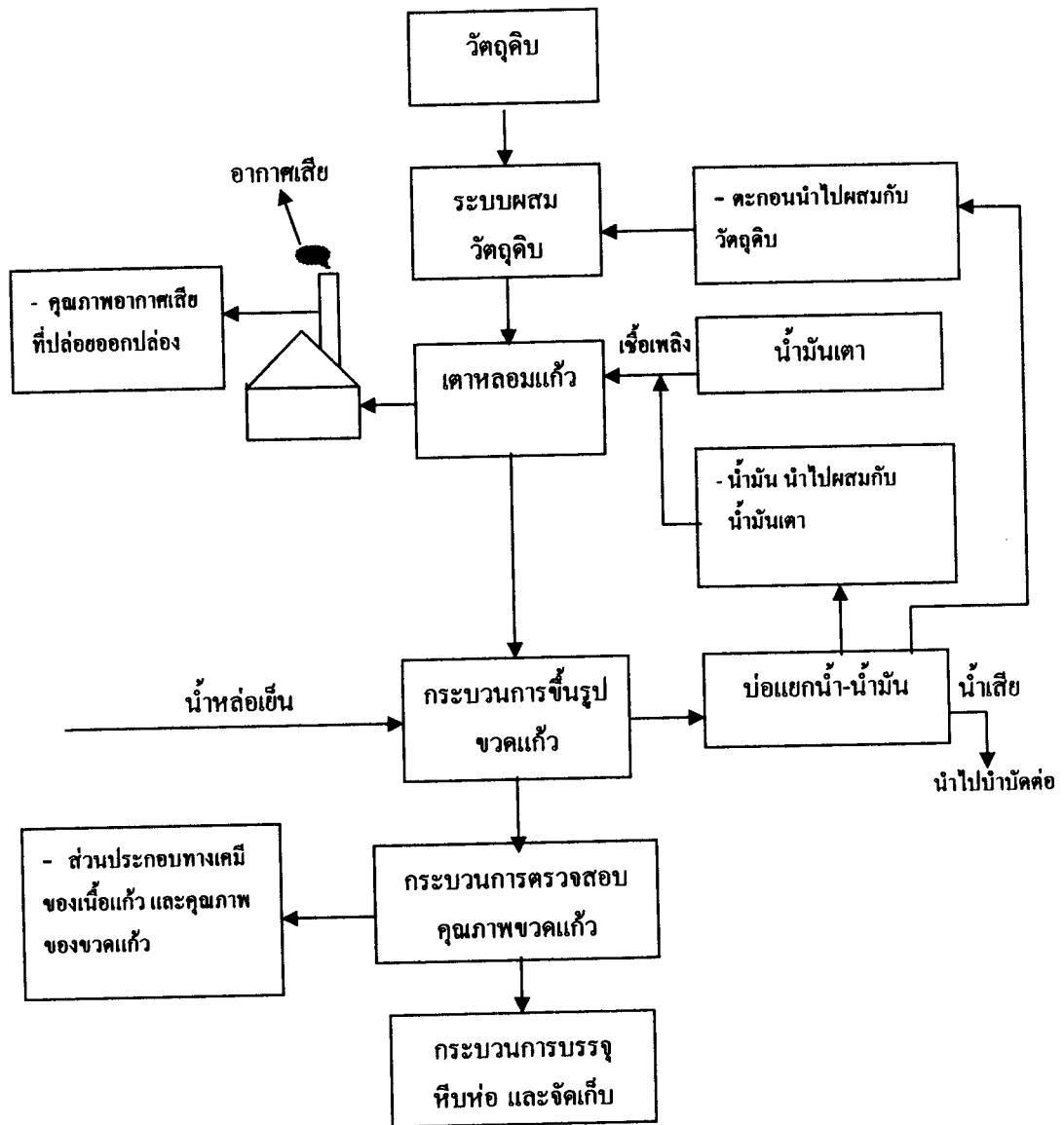
3.2.3 เพื่อศึกษาปริมาณน้ำมัน ในบ่อแยกน้ำ-น้ำมันเทียบกับปริมาณการผลิตขวดแก้ว

3.2.4 เพื่อศึกษาการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดในการนำน้ำมันจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมันเป็นเชื้อเพลิงในเตาหลอมแก้ว โดยผสมรวมไปกับน้ำมันเตา

3.2.5 เพื่อศึกษามูลค่า จากการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด นำตะกอนและน้ำมันกลับมาใช้ใหม่ทดแทนการนำไปกำจัด โดยแหล่งรับกำจัดตามกฎหมาย

4. กรอบแนวทางของการวิจัย

ขั้นตอนของกระบวนการขึ้นรูปขวด เริ่มจากการนำน้ำแก้ว จากรางน้ำแก้วมาเข้าสู่เครื่องขึ้นรูป และการขึ้นรูปเป็นขวดแก้วนั้น ต้องใช้น้ำหล่อเย็นเป็นจำนวนมาก เพื่อหล่อเย็นเครื่องจักร และหล่อเย็นน้ำแก้วที่ปล่อยทิ้งไปไม่ได้นำมาขึ้นรูปเป็นขวด การปล่อยน้ำแก้วทิ้งเกิดได้จากหลายสาเหตุ เช่น น้ำแก้วไม่ได้คุณภาพตามต้องการ หรือเครื่องขึ้นรูปชำรุดต้องหยุดซ่อม หรือมีการเปลี่ยนแม่แบบเป็นขวดชนิดอื่นเป็นต้น นอกจากนั้นใช้น้ำหล่อเย็นขวดแก้วที่ขึ้นรูปแล้ว แต่ไม่ได้คุณภาพตามต้องการ ต้องทิ้งหลังจากขึ้นรูปแล้ว ซึ่งอุณหภูมิยังสูงอยู่มาก โดยน้ำแก้วและขวดแก้วร้อนที่ปล่อยทิ้งพร้อมกับน้ำหล่อเย็นจะไหลมาตามท่อเหล็ก จากกระบวนการขึ้นรูปชั้นบนตกลงไปในรางเหล็กขนาดใหญ่รองรับอยู่ชั้นล่าง ที่มีน้ำหล่อเย็นอยู่เต็มตลอดเวลา รางเหล็กขนาดใหญ่นี้เรียกว่า Cullet Scraper ซึ่งนอกจากจะเป็นรางเหล็กขนาดใหญ่มีน้ำหล่อเย็นเต็มราง เพื่อรองรับน้ำแก้ว และขวดแก้วร้อนๆ ที่ทิ้งลงมาจากกระบวนการขึ้นรูปแล้ว ยังมีคราดเหล็กขนาดใหญ่ยึดติดกับโซ่สายพาน หมุนกวาดเอาเศษแก้วที่เย็นแล้วจมอยู่ด้านล่างของรางเหล็กนี้ไปเข้าสู่ระบบการ Recycle เศษแก้วหมุนเวียนเข้าเตาหลอมใหม่ ส่วนน้ำหล่อเย็นที่ต้องล้างทิ้งออกจากรางเหล็กนี้ตลอดเวลาเป็นน้ำเสีย ที่ต้องรวบรวมนำเข้าสู่บ่อแยกน้ำ-น้ำมัน ในระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงาน



ภาพที่ 1.1 แผนภูมิแสดงกรอบแนวทางการวิจัย เพื่อนำตะกอนและน้ำมันจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน กลับมาใช้ใหม่ ในกระบวนการผลิตขวดแก้ว

ตามภาพที่ 1.1 เป็นแผนภูมิแสดงกรอบแนวทางการวิจัย เพื่อนำตะกอนและน้ำมัน จากบ่อแยกน้ำ-น้ำมันกลับมาใช้ใหม่ในกระบวนการผลิตขวดแก้ว ซึ่งแบ่งประเด็นตาม วัตถุประสงค์ของการวิจัยออกเป็น

4.1 ตะกอนจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน คาดว่ามีคุณสมบัติใช้เป็นวัตถุดิบของการผลิตขวดแก้วได้ เพราะมีแหล่งกำเนิดมาจากน้ำแก้ว หลายเตาหลอม ทั้งสีชา สีขาว หรือสีเขียว โดยการนำตัวอย่างของตะกอนมาตรวจสอบ ส่วนประกอบทางเคมีว่าส่วนประกอบตรง หรือใกล้เคียงกับส่วนประกอบเคมีในเนื้อแก้ว ที่โรงงานต้องการ จากนั้นนำตะกอนไปผึ่งให้มีความชื้นค่าเหมาะสมที่จะผสมและป้อนเข้าเตาหลอมรวมไปกับวัตถุดิบอื่นๆ ได้ จากนั้นทดลองนำตะกอนไปผสมรวมกับวัตถุดิบอื่นๆ ป้อนเข้าสู่กระบวนการผลิตขวดแก้วตามปกติของโรงงาน โดยไม่ต้องเปลี่ยนแปลงวิธีการผลิต แล้วตรวจสอบคุณภาพของขวดแก้วที่ผลิตได้ และประสิทธิภาพการผลิตขวดแก้วจากการใช้ตะกอนที่ผสมเป็นวัตถุดิบด้วยเทียบกับมาตรฐานของโรงงาน

4.2 น้ำมันจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน คาดว่ามีคุณสมบัติที่จะใช้เป็นเชื้อเพลิงในเตาหลอมแก้วได้ เพราะมีแหล่งกำเนิดมาจากน้ำมันที่ใช้หล่อลื่นแม่แบบขวด น้ำมันที่ใช้หล่อลื่นรางส่งน้ำแก้วลงแม่แบบขวด โดยนำตัวอย่างน้ำมันมาตรวจสอบค่าความร้อนจำเพาะ ปริมาณกำมะถัน ปริมาณซีเด้า และความถ่วงจำเพาะ ว่าตรงหรือใกล้เคียงกับน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้อยู่ จากนั้นทดลองนำน้ำมันจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน ไปผสมรวมกับน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้อยู่ป้อนเข้าหัวเผาของเตาหลอมแก้ว แล้วตรวจวัดคุณภาพของอากาศเสียที่ปล่อยออกจากปล่องควัน ของเตาหลอมในขณะนั้น เทียบกับมาตรฐานคุณภาพอากาศที่สามารถปล่อยออกปล่อง ได้ตามมาตรฐานของกรมโรงงานอุตสาหกรรม

5. สมมติฐานของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด ในการบริหารจัดการของเสียจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมันของระบบบำบัดน้ำเสียให้เกิดประโยชน์โดยนำกลับมาใช้ใหม่ ภายในแหล่งกำเนิดเป็นวัตถุดิบและเป็นเชื้อเพลิงนั้น สร้างผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและทำให้คุณภาพของสินค้าต่ำกว่ามาตรฐานหรือไม่เพียงใด ซึ่งมีสมมติฐานการวิจัยดังนี้

5.1 การใช้เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด สามารถนำตะกอนจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมันมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตขวดแก้วใหม่ได้ โดยคุณภาพและประสิทธิภาพการผลิตขวดแก้วยังอยู่ในมาตรฐานของโรงงาน

5.2 การใช้เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด สามารถนำน้ำมันจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมันมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในเตาหลอมแก้วได้ โดยคุณภาพอากาศเสียที่ปล่อยออกปล่องควันยังไม่เกินมาตรฐานของกรมโรงงานอุตสาหกรรม

5.3 การใช้เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด สามารถลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดของเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียได้

6. ขอบเขตของการวิจัย

เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง มีการทดลองโดยการนำหลักเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดเข้าไปจัดการของเสียจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน ซึ่งของเสียเหล่านี้มี 2 ชนิด คือตะกอนที่จมอยู่ก้นบ่อ และน้ำมันที่ลอยอยู่ด้านบน

ขั้นตอนแรก มีการสำรวจเก็บรวบรวมข้อมูลเบื้องต้น เกี่ยวกับปริมาณตะกอน และปริมาณน้ำมันที่เกิดขึ้นในช่วงระยะเวลาหนึ่ง เพื่อหาค่าความสัมพันธ์กับระยะเวลา และปริมาณการผลิตของโรงงาน จากนั้นประเมินค่าใช้จ่ายในการกำจัดตะกอน และน้ำมันเหล่านี้ตามแหล่งรับกำจัดที่ถูกต้องตามกฎหมาย

ขั้นตอนที่สอง ตรวจสอบคุณสมบัติของตะกอนและน้ำมัน ว่ามีศักยภาพเพียงพอที่จะนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ในแหล่งกำเนิดได้หรือไม่ ทั้งนี้โดยตะกอนจะนำมาใช้เป็นวัตถุดิบของการผลิตขวดแก้ว ต้องตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมี และสิ่งปลอมปนอื่นๆ ที่ไม่ต้องการในเนื้อแก้ว ส่วนน้ำมันจะนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการหลอมแก้ว ต้องตรวจสอบค่าความร้อนจำเพาะ, ความถ่วงจำเพาะ, ปริมาณกำมะถัน และปริมาณซีเถ้า เป็นต้น

ขั้นตอนที่สาม นำของเสียเหล่านี้ไปใช้ในกระบวนการผลิตจริงของโรงงาน โดยตั้งเป้าหมายว่าไม่ควรปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตตามปกติของโรงงาน แต่ให้ได้ผลการศึกษาที่เชื่อถือได้ ทั้งนี้โดยวางแผนร่วมกันอย่างใกล้ชิดกับผู้บริหาร และเจ้าหน้าที่ของโรงงานที่รับผิดชอบ จุดที่ต้องการทดลอง ตะกอนที่รวบรวมได้จึงให้มีความชื้นพอเหมาะ คำนวณส่วนผสมที่ต้องการทดลองแล้วป้อนรวมไปกับวัตถุดิบอื่นๆ เข้าเก็บในไซโล จากนั้นปล่อยให้ระบบอัตโนมัติของกระบวนการผลิต นำตะกอนเข้าหลอมในเตาหลอมแก้ว ส่งต่อไปขึ้นรูปเป็นขวดแก้ว จากนั้นก็ตรวจสอบคุณภาพเนื้อแก้วตามกระบวนการผลิตปกติของโรงงานรวบรวมข้อมูลการผลิตที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติตามสมมติฐาน ส่วนน้ำมันที่รวบรวมได้นำไปใช้กับเตาหลอมแก้ว ที่ใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงคำนวณอัตราส่วนผสมที่ต้องการทดลอง ป้อนน้ำมันไปผสมกับน้ำมันเตา แล้วสูบส่งเข้าหัวเผาของเตาหลอมโดยไม่เปลี่ยนพารามิเตอร์ของการควบคุมการเผาไหม้ จากนั้นตรวจวัดคุณภาพของอากาศที่ถูกปล่อยออกจากปล่องควันของเตาหลอม เทียบกับค่ามาตรฐาน

ขั้นตอนที่สี่ ประเมินมูลค่าการนำของเสียเหล่านี้กลับมาใช้ในแหล่งกำเนิด โดยใช้หลักเกณฑ์ 2 ประการคือ ประการที่หนึ่ง มูลค่าของวัตถุดิบที่ได้จากตะกอนและความร้อนที่ได้จาก

น้ำมันประการที่สอง ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเมื่อมีการนำของเสียไปกำจัดตามแหล่งรับกำจัดตาม
กฎหมาย

7. ข้อจำกัดในการวิจัย

เนื่องจากการวิจัยทดลองนี้ทำในกระบวนการผลิตจริง ในโรงงานอุตสาหกรรมหนัก และเป็นเครื่องจักรขนาดใหญ่ทำให้มีข้อจำกัดหลายด้าน เช่น การกำหนดแผนงานที่ต้องสอดคล้องกับแผนการผลิตของโรงงาน การเก็บรวบรวมข้อมูลที่ต้องสอดคล้องกับการผลิต การผสมตะกอนไปกับวัตถุดิบ แล้วต้องคอยเวลาให้ได้ผลเป็นขวดแก้ว รวมทั้งค่าใช้จ่ายในการตรวจวัดตัวอย่าง
อย่างไรก็ตามผู้วิจัยได้พิจารณาทั้งด้านความเที่ยงตรงแม่นยำด้านการวิจัย และด้านการดำเนินกิจการ
ผลิตของโรงงาน และได้รับความร่วมมือกับผู้รับผิดชอบผู้ปฏิบัติงานหลายฝ่ายเพื่อให้การ
ดำเนินการทั้งสองด้านไปด้วยกันได้เป็นอย่างดี โดยพยายามกำหนดแผนงานและดำเนินการวิจัยให้เอื้อ
ประโยชน์กับโรงงานและได้ข้อมูลการศึกษาวิจัยที่ถูกต้องครบถ้วนไป และสามารถนำไปขยายผล
ใช้ในโอกาสต่อไป

ปริมาณตะกอน และน้ำมันที่รวบรวมได้ ตามระยะเวลาที่ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อ
การวิจัยนี้มีจำนวนน้อย เมื่อเทียบกับความต้องการใช้ในการผลิตจริงของโรงงาน เป็นสาเหตุให้การ
ทดลองทำซ้ำหลายครั้งหลายๆ อัตราส่วนทำได้จำกัด จึงได้พิจารณาร่วมกับผู้บริหารที่รับผิดชอบ
เลือกอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุด อัตราส่วนเดียวเท่านั้น

8. นิยามศัพท์เฉพาะ

8.1 วัตถุดิบ (Raw Materials) หมายถึง วัตถุดิบในการผลิตขวดแก้ว ซึ่งมีอยู่ตาม
ธรรมชาติ เช่น ทรายแก้ว, Dolomite, Lime Stone, Feldspar, Soda Ash, Salt Cake

8.2 เศษแก้ว (Cullet) หมายถึง เศษแก้วที่นำผสมกับวัตถุดิบเพื่อทดแทนวัตถุดิบใน
ธรรมชาติ สำหรับผลิตขวดแก้ว ซึ่งมี 2 ประเภท คือ Own Cullet คือ เศษแก้วที่เกิดขึ้นภายในโรงงาน
เช่น จากขวดแตก หรือขวดที่ไม่ได้คุณภาพ และ Foreign Cullet คือ เศษแก้วที่รับซื้อจากผู้ขาย
ภายนอกโรงงาน

8.3 เตาหลอมแก้ว หมายถึง เตาหลอมที่ใช้หลอมวัตถุดิบ และเศษแก้วที่เป็นของแข็ง
ให้หลอมละลายเป็นน้ำแก้วเหลว ด้วยความร้อนสูงถึงประมาณ 1,600 °C โดยใช้เชื้อเพลิงที่ให้
พลังงานความร้อนได้หลายชนิด เช่น น้ำมันเตา, ก๊าซธรรมชาติ หรือไฟฟ้า

8.4 กระบวนการขึ้นรูปขวดแก้ว หมายถึง ระบบเครื่องจักรหลายชนิดที่ทำงานร่วมกัน ในการนำน้ำแก้วที่หลอมละลายแล้ว จากเตาหลอมแก้วมาหยอดใส่แม่แบบขวด แล้วใช้ลมแรงดันสูงเป่าขึ้นรูป จากนั้นปรับอุณหภูมิของขวดแก้วให้เย็นลงช้าๆ จนถึงอุณหภูมิปกติ

8.5 กระบวนการตรวจสอบคุณภาพขวดแก้ว หมายถึง ระบบการตรวจสอบคุณภาพขวดแก้ว โดยเครื่องจักรและโดยคน ทั้งการตรวจทางกายภาพ และทางส่วนประกอบเคมี ทั้งการตรวจชนิด 100% ทุกขวด กับการสุ่มตัวอย่างตรวจ เพื่อเทียบกับมาตรฐานที่กำหนดไว้ในแต่ละมาตรการของการตรวจ ถ้าดีน้อยกว่ามาตรฐานก็ทิ้ง แล้วทำเป็นเศษแก้วนำกลับไปผสมกับวัตถุดิบหมุนเวียนผลิตใหม่

8.6 เทคโนโลยีสะอาด หรือเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด หมายถึง การปรับปรุง หรือเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิต หรือผลิตภัณฑ์ เพื่อให้การใช้วัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากรธรรมชาติ เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ เป็นการลดมลพิษที่แหล่งกำเนิด รวมถึงการเปลี่ยนวัตถุดิบ การใช้ซ้ำและการนำกลับมาใช้ใหม่ เพื่อลดของเสียให้เหลือน้อยที่สุด การดำเนินงานในลักษณะนี้ จะได้ประโยชน์ที่สมประสงค์ไปพร้อมกันทั้งสองด้าน คือ ด้านการผลิตจะช่วยลดต้นทุนการผลิต ด้านสิ่งแวดล้อมจะเป็นการช่วยอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม

8.7 บ่อแยกน้ำ-น้ำมัน หมายถึง ระบบบำบัดน้ำเสียชนิดหนึ่งของโรงงานผลิตขวดแก้ว ที่สร้างด้วยบ่อคอนกรีตขนาดใหญ่ ให้น้ำเสียที่เกิดจากการหล่อเย็นน้ำแก้ว และเครื่องจักรผลิตใน ขบวนการผลิตขวดแก้วไหลเข้าบ่อ น้ำเสียจะใช้เวลาอยู่ในบ่อนี้ประมาณ 4 ชม. อย่างสงบ ทำให้สารแขวนลอยมีเวลาดตกตะกอนลงสู่ก้นบ่อ และน้ำมันหรือไขมันที่มีความถ่วงจำเพาะน้อยกว่าจะลอยตัว อยู่เหนือน้ำ โดยยอมให้เฉพาะส่วนที่เป็นน้ำออกจากบ่อนี้ไปด้วยท่อรูปตัว T ไขมันหรือน้ำมันจะ สะสมตัวอยู่บนผิวน้ำในบ่อ และสามารถกวาดคัดออกเก็บรวบรวมไว้ได้ (ภาคผนวก ก.แสดงข้อมูล ของบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน ที่ใช้เก็บรวบรวมปริมาณตะกอน และปริมาณน้ำมัน)

8.8 ตะกอนจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน หมายถึง สารแขวนลอยในน้ำเสีย จากการหล่อเย็น น้ำแก้วและเครื่องจักรที่ตกตะกอนลงสู่ก้นของบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน เมื่อระยะเวลาผ่านไปจำนวนของ ตะกอนก็เพิ่มมากขึ้น ทำให้ปริมาตรของบ่อลดลง ต้องมีการโคยตะกอนเหล่านี้มากำจัดต่อไป

8.9 น้ำมันจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน หมายถึง ไขมัน หรือน้ำมันในน้ำเสียจากการหล่อเย็น น้ำแก้ว และเครื่องจักรที่มีความถ่วงจำเพาะน้อยกว่าน้ำ ลอยขึ้นสู่ผิวน้ำ เมื่อระยะเวลาผ่านไป จำนวน น้ำมันนี้ก็เพิ่มมากขึ้น ต้องกำจัดออก ไม่ให้หลุดไปกับน้ำเสียที่ไหลออกจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน

9. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 9.1 ช่วยลดภาระการกำจัดของเสีย
- 9.2 เพิ่มมูลค่าของเสียภายในแหล่งกำเนิด
- 9.3 เพื่อภาพพจน์ที่ดี ของโรงงานผลิตในการผลิตที่เป็น Zero Waste ให้มีความสำคัญกับการดูแลรักษาสิ่งแวดล้อม
- 9.4 ช่วยลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานการผลิตได้

บทที่ 2

วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

1. ของเสียจากอุตสาหกรรมมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

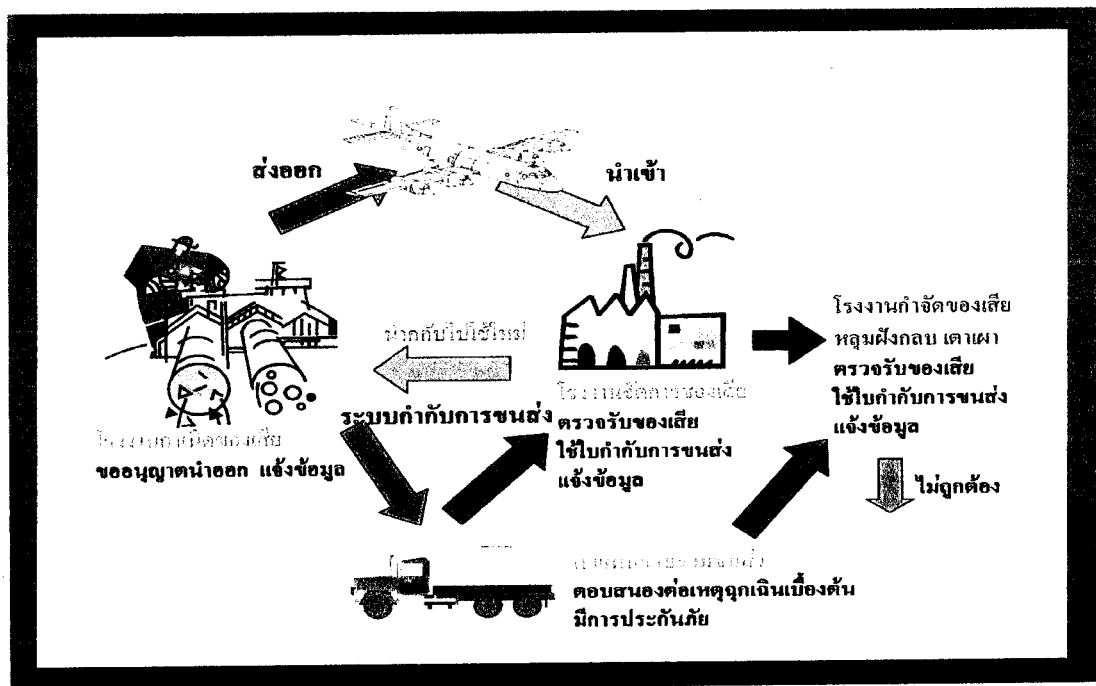
ปัจจุบันสถานการณ์สิ่งแวดล้อมของประเทศไทยแนวโน้มเสื่อมโทรมลง น้ำในแม่น้ำ ลำคลอง และอากาศรอบๆ ตัวเรามีมลพิษสูงขึ้น เกิดโรคร้ายไข้เจ็บกับประชาชน โดยไม่ทราบสาเหตุเพิ่มขึ้น กากของเสียอันตราย หรือกากสารพิษเป็นต้นเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดเหตุการณ์ดังกล่าว การทิ้งของเสียอันตรายอย่างไม่ถูกวิธี เช่น ถักลอบแอบเททิ้งลงท่อ ทั้งรวมกับขยะชุมชนหรือการกำจัดขาดประสิทธิภาพ เหล่านี้ล้วนมีผลต่อสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะน้ำและอากาศ เนื่องจากเมื่อเวลาผ่านไปภาชนะบรรจุ เปลือกที่ห่อหุ้มอาจถูกทำลาย ผุกร่อน ถูกลมพัดฟุ้งกระจาย ไปยังพืชไร่ปะปนไปยังแหล่งน้ำ ลงสู่น้ำบาดาล สารพิษก็จะปนเปื้อนในพืช และสัตว์ซึ่งมนุษย์ใช้เป็นอาหาร สารพิษจะเข้าสู่ร่างกายเกิดโรคร้ายไข้เจ็บ โดยที่ไม่ทราบสาเหตุ สารปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมที่เป็นอันตรายในปัจจุบัน ส่วนมากเป็นพวกสารอินทรีย์คลอรีนที่ซับซ้อน และสารประกอบโลหะหนักต่างๆ ที่เป็นพิษได้แก่ พีซีบี, ยาฆ่าแมลง, โลหะหนัก, ตัวทำละลายไซยาไนด์, กากสี, โซดาไฟ และกรดต่างๆ การเผาของเสียอันตรายอย่างไม่ถูกวิธีจะก่อให้เกิดปัญหามลพิษด้านอากาศตามมา ไอควันที่เกิดขึ้นทั้งที่มองเห็นและไม่เห็น อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพได้และไอควันเหล่านี้ อาจทำปฏิกิริยากันเอง เกิดเป็นสารพิษตัวใหม่ ซึ่งอาจทำอันตรายต่อชั้นโอโซนในบรรยากาศทำให้โลกร้อนขึ้น

นอกจากนี้ก๊าซมลพิษบางตัวก็ยังเป็นอันตรายต่อพืชมาก ได้แก่ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) และไฮโดรเจนฟลูออไรด์ (HF) ซึ่งทำให้ใบของพืชเหี่ยวเฉา ตีซีด ส่วนดินก็ได้รับผลกระทบไปด้วย จากการจัดการของเสียอันตรายที่ไม่ถูกต้อง กล่าวคือปัญหาของเสียอันตราย หรือของเสียที่ปนเปื้อนสารเคมีในดิน เกิดขึ้นมานานแล้ว เมื่อฝนตกก็จะถูกชะลงสู่แหล่งน้ำ หรือกระจายสู่สิ่งแวดล้อม ดังนั้นการจัดการกากอุตสาหกรรมที่มีพิษ หากกระทำไปอย่างไม่ถูกต้อง ทำให้สารพิษกระจายสู่สิ่งแวดล้อม ทั้งในอากาศ, น้ำและดิน ทั้งในรูปสารอินทรีย์สังเคราะห์ เชื้อโรค หรือสารประกอบโลหะหนัก ที่ซับซ้อน และทำให้มนุษย์มีโอกาสสัมผัส, สูด, คม หรือกินสารพิษต่างๆ เข้าไปสะสมในร่างกายทำให้เกิดโรคร้ายต่างๆ ได้มากมาย เช่น โรคมะเร็ง, โรคระบบประสาท และการกลายพันธุ์ เป็นต้น

ปัญหาโรคร้ายไข้เจ็บที่เกิดจากสารพิษ ก็เคยมีตัวอย่างมาแล้วทั้งในและต่างประเทศเช่น ในประเทศญี่ปุ่นโรคมินามาตะ ซึ่งเกิดจากพิษของปรอทเมทิล โรคอิไต-อิไต เกิดจากพิษของ

แคดเมียมทำให้ประเทศญี่ปุ่นต้องเสียเงินรักษาผู้ป่วย และทำให้ต้องขุดลอกพื้นที่ฟุอาวามินามาตะ ในประเทศอเมริกา เคยเกิดกรณี Love Canal ในรัฐนิวยอร์ก ที่น้ำของเสียกองทิ้งไว้อย่างไม่ถูกวิธี แล้วต่อมาปิดทับด้วยดิน ก่อสร้างบ้านเรือนในที่สุดเกิดการฟุ้งกระจายของสารพิษสู่อากาศทำให้ชาวบ้านเจ็บป่วยถึงกับต้องอพยพชุมชน โรงเรียน ออกจากบริเวณดังกล่าว ซึ่งล้วนแล้วแต่ต้องใช้งบประมาณที่สูงมากในการแก้ไขเหตุการณ์ดังกล่าว สำหรับในประเทศไทยเคยมีปัญหาโรคภัยจากสารตะกั่วสะสมในร่างกายที่จังหวัดสมุทรปราการ และพบโรคพิษสารหนูเรื้อรัง (ไข้ดำ) ที่จังหวัดนครศรีธรรมราช เพราะผู้ป่วยดื่มน้ำ กินอาหารที่ปนเปื้อนสารหนูที่เกิดจากกิจการเหมืองแร่และแต่งแร่เข้าไปสะสมในร่างกาย มีผู้กล่าวเสมอว่า สารพิษทำให้อ้อมะเร็ง และ 70-90% ของมะเร็งมีสาเหตุมาจากมลพิษในสิ่งแวดล้อม ในแต่ละปีมีการค้นหา และนำสารเคมีตัวใหม่ออกมาใช้เพิ่มขึ้นอย่างมากมาย ซึ่งของเสียจากการผลิต และการนำสารเคมีมาใช้บางส่วนจะถูกระบายออกสู่สิ่งแวดล้อมไปพร้อมกับน้ำ อากาศ และขยะ เกิดการสะสมในวงจรอาหาร และระบบนิเวศวิทยา ซึ่งหากปล่อยทิ้งไว้จะก่อให้เกิดปัญหาสถานะแวดล้อม เสื่อมโทรม เป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์, สัตว์และพืชได้ (นางอรอนงค์ ทรงกิตติ, สำนักเทคโนโลยีน้ำและการจัดการมลพิษโรงงาน)

2. การจัดการกากอุตสาหกรรม



ภาพที่ 2.1 แผนภูมิระบบการจัดการกากอุตสาหกรรม

การนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ (Reuse/Recycle/Recovery)

การนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ สามารถดำเนินการได้หลายวิธี ดังต่อไปนี้

1. เป็นวัตถุดิบทดแทน (Use as Raw Material Substitution) หมายถึง วัสดุที่ไม่ใช้แล้วที่มีคุณลักษณะ หรือคุณสมบัติเหมาะสมที่ใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนในกระบวนการผลิตของโรงงาน เช่น การนำเศษริมผ้า หรือเศษด้ายจากโรงงานทอผ้าไปใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนในโรงงานปั่นด้าย การนำเศษกระดาษไปเป็นวัตถุดิบทดแทนในโรงงานผลิตกระดาษ การนำเศษเหล็กไปหลอมหล่อใหม่ในโรงงานหลอมเหล็ก การนำเศษพลาสติกไปหลอมใหม่ในโรงงานหลอมเศษพลาสติก การนำเศษแก้วไปหลอมใหม่ในโรงงานผลิตแก้ว หรือการนำถ่านจากการใช้ถ่านหินเป็นเชื้อเพลิงไปใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนปูนซีเมนต์ในโรงงานคอนกรีตผสมเสร็จ ฯลฯ
2. ส่งกลับผู้ขายเพื่อกำจัด (Return to Original Producer for Disposal) หมายถึง การส่งกลับผลิตภัณฑ์ที่หมดอายุการใช้งานแล้วให้แก่โรงงานผู้ผลิต เพื่อนำไปบำบัด หรือกำจัด หรือนำกลับไปใช้ประโยชน์ใหม่ เช่น การส่งยางรถยนต์ใช้แล้วคืนโรงงานผู้ผลิตฯ ทั้งนี้การส่งกลับผู้ขายเพื่อกำจัดนั้น ผู้ขายที่รับวัสดุที่ไม่ใช้แล้วดังกล่าวกลับคืนไป จะต้องขออนุญาตเพื่อนำวัสดุที่ไม่ใช้แล้วไปบำบัด หรือใช้ประโยชน์ใหม่ที่อื่นด้วย
3. ส่งกลับผู้ขายเพื่อนำกลับ ไปบรรจุใหม่หรือใช้ซ้ำ (Reuse Container; to be refilled) หมายถึง การส่งภาชนะบรรจุคืนโรงงานผู้ผลิตเพื่อนำกลับไปบรรจุใหม่หรือใช้ซ้ำ เช่น กรณีการส่งถังบรรจุกรด/ด่าง คืนโรงงานผู้ผลิต หรือโรงงานผลิตหรือแบ่งบรรจุสารเคมีนั้นๆ
4. นำกลับมาใช้ซ้ำด้วยวิธีอื่นๆ (Other reuse methods) หมายถึง การนำกลับไปใช้ซ้ำด้วยวิธีอื่นๆ ที่ไม่ใช่กรณีเป็นวัตถุดิบทดแทนหรือนำกลับไปบรรจุใหม่ เช่น การนำแกนสายไฟ หรือด้ายกลับไปใช้ซ้ำในโรงงานผู้ผลิต
5. เป็นเชื้อเพลิงทดแทน (Use as fuel substitution or burn for energy recovery) หมายถึง การนำของเสียที่มีค่าความร้อน และมีสภาพเหมาะสมไปเป็นเชื้อเพลิงทดแทนในเตาเผาปูนซีเมนต์
6. ทำเชื้อเพลิงผสม (Fuel blending) หมายถึง การนำเอาวัสดุที่ไม่ใช้แล้วมาผ่านกระบวนการปรับคุณภาพ หรือผสมกันเพื่อให้เป็นเชื้อเพลิงสังเคราะห์ ซึ่งได้แก่ การขายหรือส่งให้โรงงานลำดับที่ 106 นำน้ำมันหรือตัวทำละลายที่ใช้จนแล้วไปผลิตเป็นเชื้อเพลิงผสม
7. เผาเพื่อเอาพลังงาน (Burn for energy recovery) ให้ระบุลักษณะการเผา
8. เป็นวัตถุดิบทดแทนในเตาเผาปูนซีเมนต์ (Use as Co-material in cement kiln or rotary kiln) ให้ระบุผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้วัสดุที่ไม่ใช้แล้วที่จะนำไปเป็นวัตถุดิบทดแทนในเตาเผาปูน

ซีเมนต์ จะต้องมียังประกอบของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตปูนซีเมนต์ ได้แก่ แคลเซียม อะลูมินา เหล็ก หรือซิลิกา เช่น ทรายขัดผิวที่ใช้แล้ว Scale เหล็กจากกระบวนการรีดร้อน

9. เข้ากระบวนการนำตัวทำละลายกลับมาใหม่ (Solvent reclamation/regeneration) หมายถึง การนำวัสดุที่ไม่ใช้แล้วประเภทตัวทำละลายไปโรงงานลำดับที่ 106 เพื่อกลั่น และนำกลับมาใช้ใหม่ ได้แก่ ทินเนอร์ โทลูอิน ไซลีน เมธิลีนคลอไรด์ อะซีโตน ไตรคลอโรเอทิลีน ฯลฯ

10. เข้ากระบวนการนำโลหะกลับมาใหม่ (Reclamation/regeneration of metal and metal compounds) หมายถึง การนำวัสดุที่ไม่ใช้แล้วที่มีองค์ประกอบของโลหะมาผ่านกระบวนการสกัดหรือนำโลหะกลับมาใช้ใหม่ เช่น การนำน้ำยาล้างฟิล์ม มาผ่านกระบวนการสกัดเงิน การนำเถ้าจากการหลอมโลหะมีค่าของโรงงานผลิตเครื่องประดับ ไปสกัดโลหะมีค่า ฯลฯ

11. เข้ากระบวนการคืนสภาพกรด/ด่าง (Acid/Base regeneration)

12. เข้ากระบวนการคืนสภาพตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst regeneration)

การบำบัด (Treatment)

การบำบัด (Treatment) สามารถดำเนินการได้หลายวิธี ดังต่อไปนี้

1. บำบัดด้วยวิธีชีวภาพ (Biological Treatment) หมายถึง การบำบัดโดยใช้วิธีระบบตะกอนเร่ง (Activated sludge) ระบบย่อยสลายแบบไร้อากาศ (Anaerobic Digestion) การหมัก (Composting) ระบบบ่อผึ่ง (Stabilization pond) ฯลฯ

2. บำบัดด้วยวิธีทางเคมี (Chemical treatment) หมายถึง การบำบัดโดยใช้วิธี การปรับค่าความเป็นกรดด่าง และทำให้เป็นกลาง (Neutralization and pH adjustment) การทำปฏิกิริยาออกซิเดชัน รีดักชัน (Oxidation / reduction reactions) การแยกด้วยไฟฟ้า (Electro dialysis) การตกตะกอน (Precipitation) การทำลายสารประกอบฮาโลเจน (Dehalogenation) ฯลฯ

3. บำบัดด้วยวิธีทางกายภาพ (Physical treatment) หมายถึง การบำบัดโดยใช้วิธีการเหวี่ยง แยก (Centrifugation) การกลั่นแยกด้วยไอน้ำ (Steam Distillation and Steam stripping) การกรองผ่านตัวกรองหลายชั้น (Multi-media filtration) การทำระเหย (Evaporation) การแยกด้วยแรงโน้มถ่วง (Gravity thickening) การแยกด้วยเครื่องแยกน้ำและน้ำมัน (Oil/Water separator or Coalescence separator) ฯลฯ

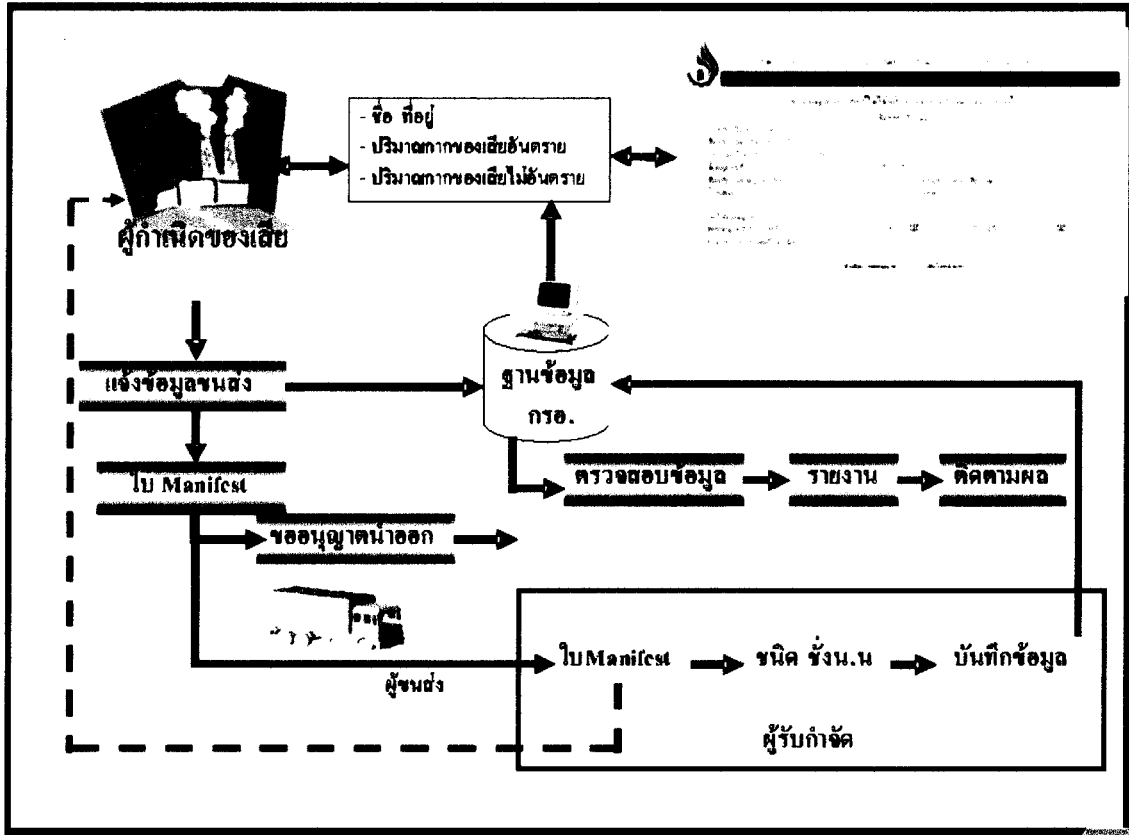
4. บำบัดด้วยวิธีทางเคมีกายภาพ (Physico-chemical treatment) หมายถึง การดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ (Activated carbon adsorption) การแลกเปลี่ยนประจุ (Ion exchange) การกรองรีดน้ำ (Filter press, Dewatering, Vacuum filtration and belt-press filtration) การสกัดของเหลวด้วยของเหลว (Liquid/liquid extraction) ฯลฯ

5. บำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางเคมีกายภาพ (Physico-chemical treatment of wastewater) หมายถึง การนำเอาวัสดุที่ไม่ใช้แล้วที่เป็นของเหลว (Liquid waste of aqueous waste) หรือน้ำเสีย (Wastewater) ไปบำบัดทางเคมี หรือกายภาพเพื่อทำลายฤทธิ์ ได้แก่ การส่งน้ำเสียไปบำบัดด้วยวิธีเคมีกายภาพที่โรงงานลำดับที่ 101 ระบบบำบัดน้ำเสียรวม ซึ่งอยู่นอกบริเวณโรงงาน
6. เข้าระบบบำบัดน้ำเสียรวม (Direct discharge to central wastewater treatment plan)
7. ปรับเสถียรด้วยวิธีทางเคมี (Chemical stabilization)
8. ปรับเสถียร/ตรึงทางเคมีโดยใช้ซีเมนต์ หรือวัสดุ Pozzolanic (Chemical fixation using cementitious and/or pozzolanic material) หมายถึงการบำบัดด้วยวิธีการตรึงด้วยสารเคมี (Chemical fixation)การทำให้เป็นก้อนแข็งด้วยสารประสาน (Pozzolanic & cement base solidification)
9. เผาทำลายในเตาเผาขยะทั่วไป (Burn for destruction) เฉพาะสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วที่ไม่เป็นของเสียอันตรายเท่านั้น
10. เผาทำลายในเตาเผาเฉพาะสำหรับของเสียอันตราย (Burn for destruction in hazardous waste incinerator)
11. เผาทำลายร่วมในเตาเผาปูนซีเมนต์ (Co-incineration in cement kiln) หมายถึง การนำวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว ซึ่งไม่มีคุณลักษณะ หรือคุณสมบัติเป็นวัตถุอันตราย หรือเป็นเชื้อเพลิงทดแทน สำหรับใช้เผาในเตาเผาปูนซีเมนต์ไปผ่านกระบวนการปรับสภาพเพื่อให้อยู่ในรูปที่สามารถนำไปเผาทำลายในเตาเผาปูนซีเมนต์ ก่อนส่งไปเผาทำลายในเตาเผาปูนซีเมนต์

การกำจัด (Disposal)

การกำจัด (Disposal) สามารถดำเนินการได้หลายวิธี ดังต่อไปนี้

1. ฝังกลบตามหลักสุขาภิบาล (Sanitary landfill) เฉพาะสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วที่ไม่เป็นของเสียอันตรายเท่านั้น
2. ฝังกลบอย่างปลอดภัย (Secure landfill) หมายถึง การฝังกลบวัสดุที่ไม่ใช้แล้วที่เป็นของเสียอันตรายที่อยู่ในรูปที่คงตัว (เสถียร) ไปฝังกลบในหลุมฝังกลบแบบ Secure Landfill โดยไม่ต้องนำไปปรับเสถียรก่อน
3. ฝังกลบอย่างปลอดภัยเมื่อทำการปรับเสถียรหรือทำให้เป็นก้อนแข็งแล้ว (Secure landfill of stabilized and/or solidified wastes) หมายถึง การนำเอาวัสดุที่ไม่ใช้แล้วที่เป็นของเสียอันตรายที่ผ่านการปรับเสถียรเพื่อทำลายฤทธิ์ และให้อยู่ในรูปที่คงตัวแล้วไปฝังกลบในหลุมฝังกลบแบบ Secure Landfill



ภาพที่ 2.2 ระบบเอกสารกำกับการณ์การขนส่งสิ่งปฏิภูลหรือวัสดุที่ไม่ใช่แล้ว

(ข้อมูลสารมลพิษอุตสาหกรรม ศูนย์บริการข้อมูล (PIC) สิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม กรมโรงงานอุตสาหกรรม)

3. ความหมายและหลักการเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด

ประเทศไทยได้ประสบผลสำเร็จในการพัฒนาเศรษฐกิจเป็นอย่างมาก ในช่วงหลายสิบปีที่ผ่านมา โดยใช้กลยุทธ์มุ่งพัฒนาเศรษฐกิจไปที่ภาคอุตสาหกรรม โดยเฉพาะอุตสาหกรรมส่งออก โรงงานอุตสาหกรรมจึงขยายตัวเพิ่มจำนวนขึ้นอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมและปัญหามลพิษที่รุนแรงตามมา เช่น ปัญหาน้ำเน่าเสีย ปัญหาอากาศเสีย ปัญหาขยะมูลฝอย ปัญหาสารพิษ ฯลฯ ปัญหาเหล่านี้ย่อมมีผลกระทบต่อคุณภาพชีวิต และความเป็นอยู่ของประชาชน และยังมีผลกระทบต่อการพัฒนาที่ยั่งยืนของประเทศด้วย สำหรับแนวทางในการจัดการมลพิษนั้น มี 2 แนวทาง คือ

1. การจัดการของเสียที่ปลายท่อ ซึ่งเป็นการบำบัดของเสีย ที่จุดสุดท้ายของกระบวนการ (Waste Management at TheEnd of The Pipe) การใช้วิธีการนี้ในกระบวนการผลิตของโรงงาน

อุตสาหกรรมมักจะ ได้ของเสียและน้ำเสียมีปริมาณมาก การบำบัดและกำจัดทำได้ยากต้องใช้งบประมาณดำเนินการสูง

2. การจัดการของเสียที่แหล่งกำเนิด (Waste Management at Source Reduction) ซึ่งจะเป็นการทำให้เกิดของเสีย และน้ำเสียน้อยที่สุด (Waste Minimization) ซึ่งเป็นการจัดการในลักษณะของการป้องกันการเกิดของเสียจากแหล่งกำเนิด (Waste Prevention) วิธีการนี้จะทำให้ของเสีย และน้ำเสียนี้อาจมีปริมาณน้อย และมีลักษณะคุณสมบัติที่ง่ายต่อการบำบัด หรือกำจัด จึงประหยัดงบประมาณในการดำเนินการได้มาก

ในทศวรรษที่ผ่านมาประเทศต่างๆ ทั้งที่พัฒนาแล้ว และกำลังพัฒนา เช่น สหรัฐอเมริกา, แคนาดา, ออสเตรเลีย รวมทั้งประเทศไทยได้มีการเปลี่ยนแนวคิด เปลี่ยนแปลงกระบวนการ การควบคุมมลพิษ (Pollution Control) มาเป็นการป้องกันมลพิษ (Pollution Prevention, P2) อย่างไรก็ตาม คำว่าการป้องกันมลพิษนี้ บางประเทศเรียกชื่อแตกต่างกันไป เช่น เรียกว่าการผลิตที่สะอาด (Cleaner Production , CP) หรือเทคโนโลยีสะอาด (Cleaner Technology, CT) ซึ่งมีความหมายเหมือนกัน คือเป็นการจัดการของเสียที่แหล่งกำเนิดในลักษณะของการป้องกันการเกิดของเสียที่แหล่งกำเนิดนั่นเอง

3.1 ความหมายของเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด (Cleaner Technology)

เทคโนโลยีสะอาด คือ กลยุทธ์ในการปรับปรุงผลิตภัณฑ์บริการ และกระบวนการอย่างต่อเนื่อง เพื่อการจัดการทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ ให้เปลี่ยนเป็นของเสียน้อยที่สุด หรือไม่มีเลย การลดมลพิษที่แหล่งกำเนิด เป็นทั้งการรักษาสิ่งแวดล้อม ลดค่าใช้จ่ายในการผลิตไปพร้อมๆ กันด้วย (กลุ่มงานเทคโนโลยีสะอาด สำนักงานเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2545)

เทคโนโลยีสะอาด คือ การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต การใช้ทรัพยากรและลดมลพิษต่อมนุษย์สิ่งแวดล้อม คือ การลดมลพิษที่แหล่งกำเนิดเพื่อขจัดปัญหาการสูญเสียน้ำ และการเกิดมลพิษที่ต้นทางหากมีของเสียเกิดขึ้นจะพยายามนำของเสียกลับมาใช้ใหม่ ใช้ซ้ำ (Reuse) หรือนำมา Recycle & Recovery เพื่อให้มีของเสียที่ต้องการบำบัดฝังกลบให้น้อยลงหรือไม่มีเลย ของเสียที่ไม่สามารถลดและนำกลับมาใช้ใหม่ได้ จะมีการบำบัดและทิ้งทำลายต่อไป (วารสารอุตสาหกรรมสาร ของกระทรวงอุตสาหกรรม, 2542)

เทคโนโลยีสะอาด คือ เทคโนโลยีการผลิตเชิงอุตสาหกรรม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้วัตถุดิบ และพลังงานในการผลิต ทำให้สามารถลดต้นทุนการผลิต โดยการปรับปรุงผลิตภัณฑ์บริการ และกระบวนการผลิตอย่างต่อเนื่อง เพื่อลดของเสียที่แหล่งกำเนิดเป็นการลดภาวะในแหล่งกำเนิด กำจัดของเสีย เพื่อความปลอดภัยในการทำงาน ช่วยรักษาสิ่งแวดล้อม และช่วยสร้างภาพพจน์

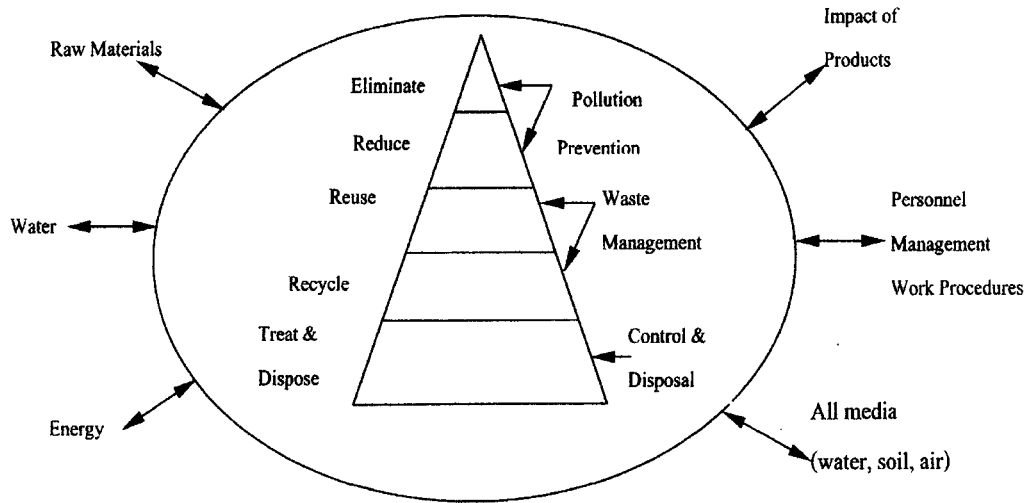
ที่ดีให้ผู้ประกอบการ นอกจากนี้ยังเป็นจุดเริ่มต้นในการก้าวไปสู่มาตรฐาน ISO 14000 ของอุตสาหกรรมอีกด้วย หลักการเทคโนโลยีสะอาดเน้นการแก้ปัญหาที่ต้นเหตุ คือการลดการใช้พลังงาน การใช้น้ำ และทรัพยากรธรรมชาติอื่นๆ ซึ่งจะเห็นได้ว่าหลักการเทคโนโลยีสะอาดเป็นการป้องกันปัญหามากกว่าการแก้ไข (ฉิรวุฑ พงศ์ประยูร, 2542)

Cleaner Technology, Cleaner Production หรือ Waste Minimization ต่างก็มีความหมายใกล้เคียงกัน ซึ่งหมายถึงกระบวนการ หรือการปฏิบัติการที่พยายามลดและขจัด การก่อเกิดของเสีย และ/หรือสารมลพิษสู่สิ่งแวดล้อม โดยมีการลดของเสียที่แหล่งกำเนิด และรีไซเคิลของเสียนั้นกลับมาใช้ใหม่ เมื่อทำการรีไซเคิลถึงที่สุดแล้ว ยังมีของเสียอันตรายขึ้นอีก ก็จะถึงขั้นตอนการบำบัด และการกำจัดทิ้ง รวมถึงการเปลี่ยนวัตถุดิบการใช้ซ้ำ และการนำกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งจะช่วยในด้าน การอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม และการลดต้นทุนการผลิตไปพร้อมกันด้วย (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2545)

เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด (Cleaner Technology) หมายถึงการปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิต หรือผลิตภัณฑ์ เพื่อให้การใช้วัตถุดิบ พลังงาน และทรัพยากรธรรมชาติเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ โดยให้เปลี่ยนเป็นของเสียน้อยที่สุดหรือไม่มีเลย จึงเป็นการลดมลพิษที่แหล่งกำเนิดทั้งนี้รวมถึงการเปลี่ยนวัตถุดิบ การใช้ซ้ำ และการนำกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งจะช่วยอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและลดต้นทุนการผลิตไปพร้อมๆ กัน [หลักปฏิบัติเพื่อการป้องกันมลพิษ (เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด) สำหรับอุตสาหกรรมรายสาขา อุตสาหกรรมพืชผัก และผลไม้ บรรจุกาษณะที่พื้ก (สับปะรดกระป๋อง) กรมโรงงานอุตสาหกรรม, เมษายน 2545]

3.2 หลักการเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด

เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด เป็นหลักการป้องกันมลพิษ (Pollution Prevention) โดยใช้หลักการลดของเสียให้เหลือน้อยที่สุด (Waste Minimization) โดยใช้วิธีการแยกอนุภาคของสารมลพิษที่ปล่อยออกจากทุกขั้นตอนของกระบวนการผลิต หรือลดปริมาณและความเข้มข้นขององค์ประกอบในน้ำเสียหรือกากของเสีย ด้วยการนำกลับไปใช้ซ้ำ (Reuse) หรือการนำกลับไปใช้ใหม่ (Recycle) จนเหลือของเสียหรือวัสดุที่ไม่สามารถหาวิธีการเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ได้แล้ว ก็จะทำ การบำบัดให้ถูกต้องตามหลักวิชาการต่อไป ซึ่งการบำบัดจะเป็นขั้นตอนสุดท้ายที่จะได้นำมาพิจารณา

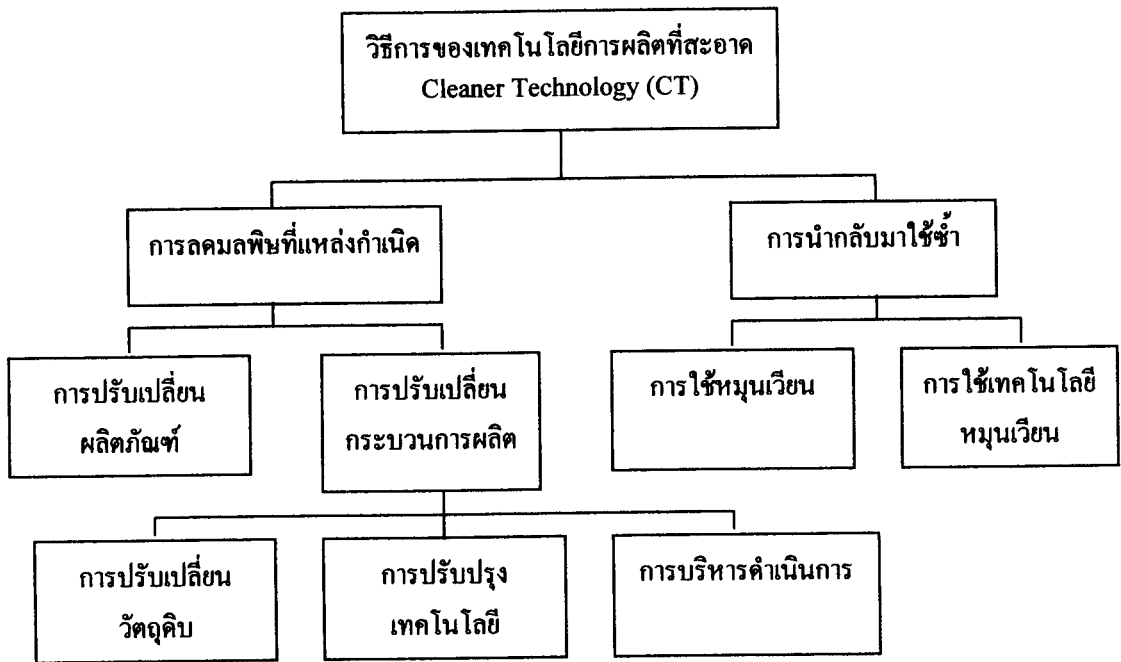


ภาพที่ 2.3 แสดงภาพรวมของหลักการเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดในการป้องกันมลพิษ

การใช้เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด จะลดความเสี่ยงต่อสุขภาพอนามัยและสิ่งแวดล้อม โดยลดของเสียที่ปล่อยออกมาในทุกขั้นตอนการผลิต ประกอบด้วย การเปลี่ยนแปลงกระบวนการผลิตซึ่งอาจน้อยมาก หรือเปลี่ยนแปลงบางขั้นตอนที่จำเป็น หรือเปลี่ยนวัตถุดิบที่ทำให้เกิดผลพลอยได้ที่ไม่เป็นอันตราย ไม่ว่าจะเป็นการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงเครื่องจักรในโรงงานผลิต ผังการผลิต หรือสูตรในการผลิตล้วนแต่เป็นทางเลือกเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดทั้งนั้น แต่สิ่งเหล่านี้จะไม่สามารถดำเนินการได้ ถ้าปราศจากทัศนคติที่ดี และการร่วมมือกันอย่างเต็มที่ของผู้บริหารและปฏิบัติงาน

4. วิธีการของเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด

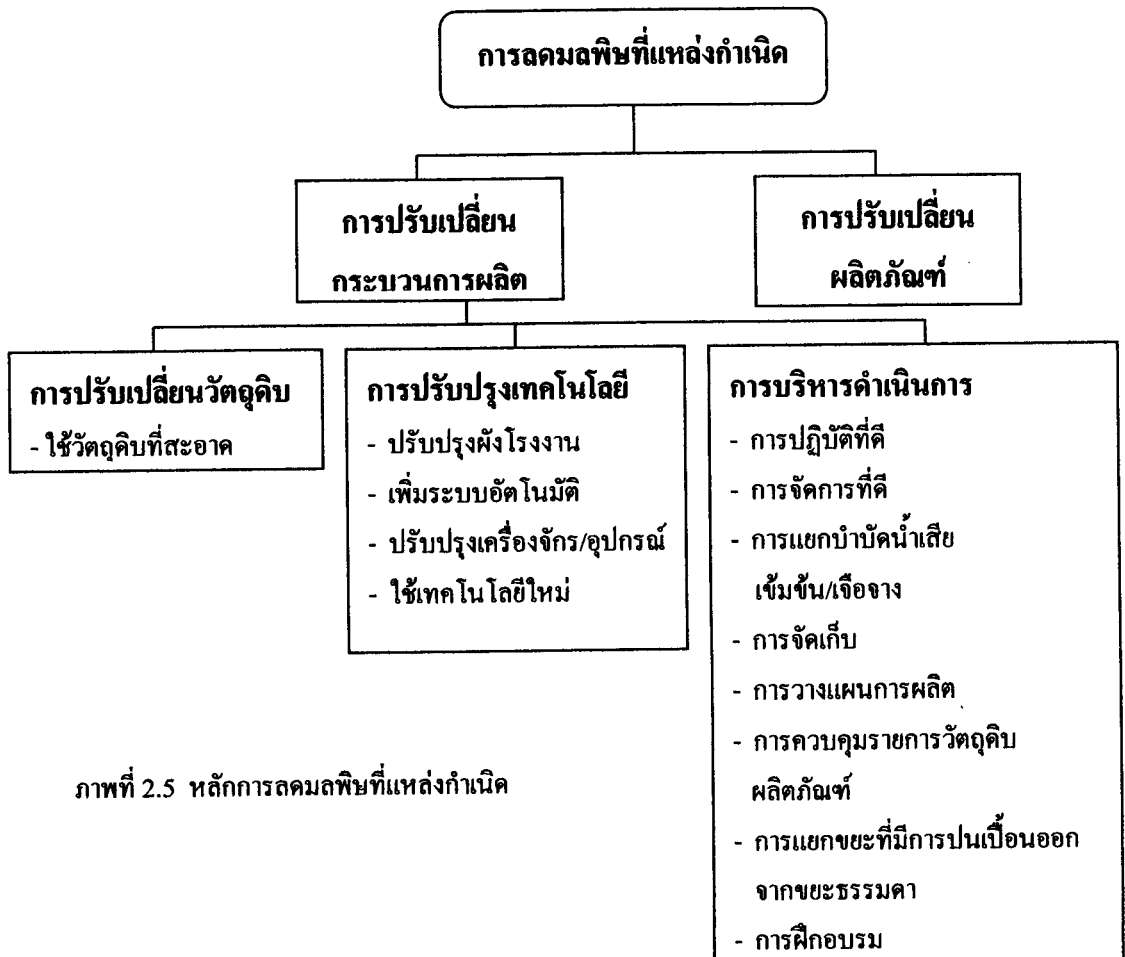
เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด มีวิธีดำเนินงานแบ่งออกเป็น 2 วิธีคือ วิธีลดมลพิษที่แหล่งกำเนิดและวิธีการนำกลับมาใช้ใหม่ หรือการใช้ซ้ำ แสดงดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 วิธีการดำเนินงานเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด

4.1. การลดมลพิษที่แหล่งกำเนิด

แบ่งออกเป็น 2 วิธี แสดงดังภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 หลักการลดมลพิษที่แหล่งกำเนิด

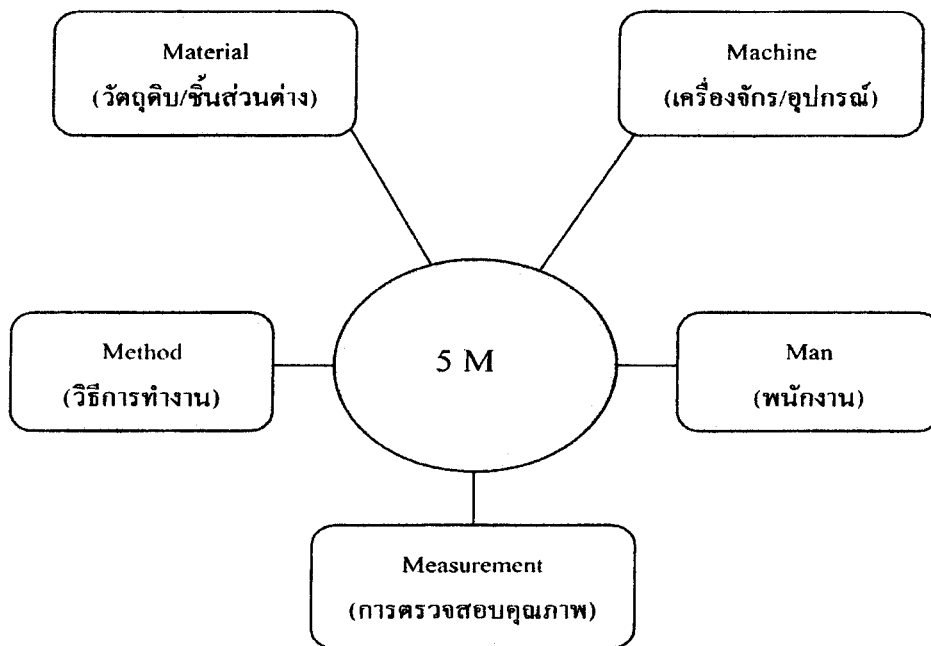
4.1.1 การปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิต (Process Change) แบ่งออกเป็น 3 วิธี คือ

1) การปรับเปลี่ยนวัตถุดิบ (Input Material Change)

เป็นการเลือกใช้วัตถุดิบที่สะอาด หมายถึง คุณสมบัติของวัตถุดิบเอง หรือสิ่งปนเปื้อนมากับวัตถุดิบ สิ่งสกปรกที่ปนเปื้อนมากับวัตถุดิบหากเป็นไปได้ควรมีการกำจัด ออกตั้งแต่ต้น คือ แหล่งที่มาก่อนที่จะขนส่งเข้าสู่โรงงาน เพื่อเข้าสู่กระบวนการผลิตรวมทั้งคุณภาพ ต้องให้ได้ตามมาตรฐานการผลิตของโรงงานด้วย

2) การปรับปรุงเทคโนโลยี (Technology Improvement)

เป็นการเพิ่มศักยภาพการผลิต หรือการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้เกิดของเสียน้อยที่สุด และถ้าหากของเสียไม่สามารถลดหรือกำจัดได้แล้ว ก็ให้หาวิธีนำ เทคโนโลยีเพื่อทำการเคลื่อนย้ายตัวกลางทางสิ่งแวดล้อมเดิมไปสู่ตัวกลางใหม่ ซึ่งเงื่อนไขในการนำ เทคโนโลยีมาปรับปรุงมีองค์ประกอบ 5 ประการ (5M) แสดงดังภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 เงื่อนไขในการปรับปรุงเทคโนโลยี

3) การบริหารการดำเนินงาน (Operational management)

เป็นการบริหารระบบการวางแผน และควบคุมการผลิต เพื่อเพิ่มศักยภาพ ของกระบวนการผลิตให้สามารถลดต้นทุนการผลิตและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

4.1.2 การปรับเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ (Product Reformulation)

ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นอาจมีคุณภาพ รูปลักษณะ ขนาด ภาชนะบรรจุผลิตภัณฑ์ ที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม สามารถทำการปรับปรุงเพื่อลดปัญหาได้ 4 วิธี คือ

- 1) *Product change factor* เป็นการออกแบบใหม่ เพื่อปรับเปลี่ยนผลิตภัณฑ์ โดยมีเงื่อนไขเทคนิคต่างๆ ที่เหมาะสม
- 2) *Product change factor* เป็นการปรับปรุงกระบวนการผลิต วิธีการควบคุม สินค้า การเก็บรักษา
- 3) *Market change factor* ปรับเปลี่ยนวิธีการตลาด ประมาณความต้องการ ตลาด
- 4) *Marketing change factor* ปรับปรุงการบริการ การตลาด

4.2 การนำกลับมาใช้ใหม่หรือการใช้ซ้ำ

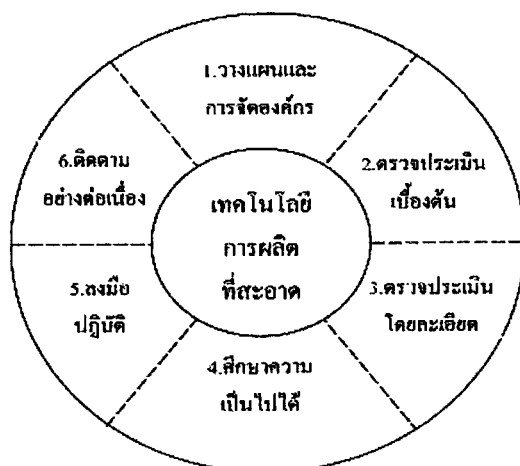
โดยปกติควรดำเนินการลดการสูญเสียก่อนที่จะหาวิธีนำกลับมาใช้หมุนเวียนหรือนำไปสกัดของมีค่ากลับคืน การหมุนเวียนการใช้ เช่น เมื่อนำทรัพยากรมาผ่านการใช้งานครั้งหนึ่งแล้ว ยังมีคุณภาพที่จะนำไปใช้งานในขั้นตอนอื่นได้ ก็ควรหาวิธีที่จะนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ หรือถ้าใช้ในกระบวนการอื่นไม่ได้อีกแล้วก็จะใช้วิธีการศึกษาเทคโนโลยีเพื่อออกแบบกระบวนการนำทรัพยากรน้ำ วัสดุคิบ หรือพลังงานกลับมาใช้อีก หรือทำให้เกิดผลพลอยได้เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับของเสีย

โรงงานอุตสาหกรรมโดยทั่วไป สามารถนำเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดไปใช้เป็นการพัฒนาขีดความสามารถด้านการผลิต เพื่อให้เกิดการแข่งขัน ในภาคอุตสาหกรรมทั้งภายในประเทศ และการค้าของตลาดโลกได้อย่างแน่นอน เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีที่ก่อให้เกิดการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง และให้ประโยชน์อย่างมากมาย ซึ่งบางกรณีการนำเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดไปปฏิบัติใช้โดยไม่เสียค่าใช้จ่ายในการลงทุน แต่ผลที่ได้กลับไม่สามารถลดต้นทุนการผลิตได้มาก หรือถ้ามีการลงทุนก็ต้องได้รับผลตอบแทนภายในระยะเวลาคืนทุน (Payback period) ที่คุ้มค่าต่อการลงทุน

5. ประโยชน์ของเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด

เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาขีดความสามารถด้านการผลิตเพื่อให้เกิดการแข่งขันของภาคอุตสาหกรรม เป็นเทคโนโลยีที่ทำให้เกิดการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง ให้ประโยชน์อย่างมากมาย ทั้งภาคอุตสาหกรรม สังคม และสิ่งแวดล้อม ดังนี้

1. ลดต้นทุนการผลิต เนื่องจากการใช้ทรัพยากรต่างๆ ลดลง ได้แก่ น้ำ วัตถุดิบ พลังงาน (ไฟฟ้า น้ำมันเชื้อเพลิง) เป็นผลให้มีการลดของเสีย (น้ำเสีย กากของแข็ง อากาศเสีย) รวมถึงการลดค่าใช้จ่ายในการบำบัดของเสีย
 2. เพิ่มศักยภาพการผลิต หมายถึงเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิต เพิ่มคุณภาพและปริมาณสินค้าที่ออกจำหน่ายและบริการ
 3. พัฒนาองค์กร เกิดการบริหารงานอย่างเป็นระบบ ภาพพจน์ภายในโรงงานดีขึ้น
 4. เพิ่มความสัมพันธ์ของพนักงาน หน่วยงานราชการ และชุมชนใกล้เคียง
 5. เป็นการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ เนื่องจากการใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุด และหลังจากไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ หรือใช้ซ้ำได้อีกต่อไปแล้ว ก็ทำการบำบัดให้มีคุณภาพใกล้เคียงกับธรรมชาติดั้งเดิม
 6. พัฒนาเศรษฐกิจโดยรวมของประเทศ
- การดำเนินงานเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดใน โรงงานอุตสาหกรรม
- เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด มุ่งเน้นให้สามารถนำไปปรับใช้ได้กับกิจการทุกขนาด และในทุกสภาวะ เพราะเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดเป็นเครื่องมือให้โรงงาน นำไปใช้ควบคุมการสูญเสียต่างๆ และช่วยแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมอย่างเป็นระบบ มีประสิทธิภาพ โดยตัวของระบบงาน เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดเอง ทั้งนี้โรงงานจะมีอิสระในการกำหนดขอบเขตของงานตรวจสอบ ประเมินผลทางเลือกต่างๆ เอง สำหรับสิ่งจูงใจที่ให้ดำเนินงานเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดนั้น ดังนั้น ฝ่ายบริหารของโรงงานระดับสูงที่มองการณ์ไกล ต้องยอมรับและให้การสนับสนุนโครงการต่างๆ ของโรงงานคนก่อน งานนี้จะบรรลุเป้าหมายของเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดที่ตั้งไว้ โดยการดำเนินงานประกอบด้วย 6 ขั้นตอน แสดงดัง ภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.7 ขั้นตอนการดำเนินงานเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดใน โรงงานอุตสาหกรรม

[หลักปฏิบัติเพื่อการป้องกันมลพิษ (เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด) สำหรับอุตสาหกรรมรายสาขา อุตสาหกรรมพืชผัก และผลไม้บรรจุภาชนะที่ผนึก (สับประรดกระป๋อง) กรมโรงงานอุตสาหกรรม, เมษายน 2545]

6. กรณีศึกษาที่เกี่ยวข้องในการใช้เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด

กรณีศึกษาในการใช้เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด และประสบผลสำเร็จในการใช้เป็นอย่างมาก ในที่นี้จะยกตัวอย่างจาก หลักปฏิบัติเพื่อการป้องกันมลพิษ (เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด) สำหรับอุตสาหกรรมรายสาขา ของกรมโรงงานอุตสาหกรรม ที่เผยแพร่ Web Site ของกรมโรงงาน อุตสาหกรรม ซึ่งมี 3 สาขา ดังนี้

กรณีศึกษาจากสาขาที่ 1 อุตสาหกรรมนม และผลิตภัณฑ์นม (นมพร้อมดื่ม) มีวิธีการใช้เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดหลายวิธี เช่น

- การแยกของเสียเพื่อใช้ประโยชน์โดยตรง เช่น การนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์
- การติดตั้งถังเรียกคืนผลิตภัณฑ์ เพื่อการผลิตซ้ำ
- การนำน้ำคอนเดนเสทกลับมาใช้ซ้ำ
- การติดตั้งฉนวนหุ้มท่อไอน้ำ
- การปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้ของหม้อไอน้ำ
- การจัดการที่ดียภายในโรงงานและวิธีทำงานที่ถูกต้อง
- การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

จะยกมา 2 ตัวอย่าง คือ

การแยกของเสียเพื่อใช้ประโยชน์โดยตรง เช่น การนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ ถ้าโรงงานขนาด 50 ตันต่อวัน มีปริมาณน้ำนมสูญเสียที่นำกลับมาขายเป็นอาหารสัตว์ เท่ากับ 2% ต้องลงทุนติดตั้งถังเก็บน้ำนมเพิ่ม มีระยะเวลาคืนทุนประมาณ 3.8 เดือน ลคมลพิษ (BOD Loading) ได้เทียบเท่ากับปริมาณความสกปรกในรูปสมมูลประชากร 9,333 คน

การติดตั้งถังเรียกคืนผลิตภัณฑ์เพื่อการผลิตซ้ำ ถ้าโรงงานขนาด 50 ตันต่อวัน มีปริมาณน้ำนมสูญเสียลดลง 1% ต้องลงทุนติดตั้งถัง รวบรวมน้ำนมเพิ่ม มีระยะเวลาคืนทุนประมาณ 1 เดือน ลคมลพิษ (BOD Loading) ได้เทียบเท่ากับปริมาณความสกปรกในรูปสมมูลประชากร 4,667 คน (หลักปฏิบัติเพื่อการป้องกันมลพิษ เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด สำหรับอุตสาหกรรมรายสาขา อุตสาหกรรมนม และผลิตภัณฑ์นม (นมพร้อมดื่ม) กรม โรงงานอุตสาหกรรม กันยายน, 2544)

กรณีศึกษาจากสาขาที่ 2 อุตสาหกรรมน้ำยางข้น มีวิธีการใช้เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดหลายวิธี เช่น

- ลดการสูญเสียเนื้อยาง
- ลดการแอมโมเนีย
- ลดการใช้น้ำ
- ลดการใช้ Diammonium Hydrogen Phosphate (DAP)
- ลดการใช้ไฟฟ้า
- ลดการใช้กรดซัลฟูริก

จะยกมา 1 ตัวอย่าง คือ

การลดการสูญเสียเนื้อยาง โดยต้องมีการปรับปรุงการผลิต ดังนี้

- เมื่อดังบ่อรับน้ำยางสด มีการนำน้ำยางสดที่ค้างกันบ่อ และน้ำค้างบ่อรับน้ำยางสดในระยะแรกๆ ไปแยกขี้แป้งออกแล้ว นำไปรวมกับหางน้ำยางเพื่อทำการจับตัว
- มีการนำล้างเครื่องปั่นแยกในตอนแรกๆ ที่มีเนื้อยางอยู่มาก มาทำการแยกเนื้อยางต่างหากไม่รวมกับหางน้ำยางในบ่อจับตัว หางน้ำยาง เพราะหางน้ำยางมีความเจือจางมากกว่า
- แยกบ่อคัดยางเป็น 2 บ่อ โดยใช้หลักการของ Equalization Tank โดยแบ่งเป็นบ่อรับน้ำทิ้งจากการผลิตน้ำยางข้น ซึ่งปริมาณน้ำทิ้งหลัก มาจากการล้างเครื่องปั่น ซึ่งมีเนื้อยางมาก และเป็นน้ำที่ทิ้งลงมาเกือบตลอดเวลา และบ่อรับน้ำทิ้งจากการผลิตยางสกิม ซึ่งปริมาณน้ำทิ้งหลักมาจากน้ำเซรุ่มหลังการจับตัว ซึ่งมีความเป็นกรดสูง นานๆ จะมีการถ่ายทิ้ง ขึ้นอยู่กับการผลิตของแต่ละโรงงาน แล้วนำน้ำทิ้งจากทั้ง 2 ส่วนนี้มาผสมกัน การแยกเนื้อยางจึงทำได้ดีขึ้น และระบบบำบัดน้ำเสียก็จะประหยัดค่าสารเคมีในการปรับ pH ด้วย มีการนำยางขึ้นจากบ่อคัดยางวันละครั้ง จึงไม่เกิดการหมักหมม และมีกลิ่นเหม็นทำให้ขายได้ราคาดีกว่า
- เวลาทำความสะอาดถังน้ำยางข้น มีการนำน้ำยางข้นที่อยู่ก้นถังเก็บ มาผสมกับน้ำยางข้นที่ได้จากเครื่องปั่น เพื่อนำเอาไปบรรจุลงถังน้ำยางข้นใหม่ (ถ้าใช้วิธีเป่าน้ำยางข้น ที่ค้างกันถังให้แห้งแล้ว ลอกออกไปขายเพื่อทำยางแท่ง จะให้คุณภาพยางแท่งไม่ดี)

ถ้าโรงงานใช้น้ำยางสด 6,000 ตัน DRC/ปี หลังจากปรับปรุงการผลิต ให้มีการสูญเสียเนื้อยาง ได้ไม่เกิน 5% จะมีรายได้เพิ่มขึ้นประมาณ 3,276,000 บาท/ปี (หลักปฏิบัติเพื่อการป้องกันมลพิษ(เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด) สำหรับอุตสาหกรรมรายสาขา อุตสาหกรรมยางพารา กรมโรงงานอุตสาหกรรม กันยายน, 2544)

กรณีศึกษาจากสาขาที่ 3 อุตสาหกรรมดับประคระป้อง มีวิธีการใช้เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดหลายวิธี เช่น

- การลดปริมาณน้ำใช้
- การลดการใช้ไฟฟ้า
- การลดการใช้น้ำมันเตา
- การลดภาวะความสกปรกในน้ำเสีย

วิธีการลดปริมาณน้ำใช้

- ติดตั้งหัวฉีดแรงดันสูงที่ปลายท่อสายยาง
- นำน้ำล้น (Overflow) หรือน้ำที่กลั่นตัวจากไอน้ำ (Condensate) กลับมาใช้ใหม่
- นำน้ำ Condensate กลับไปใช้ในระบบหม้อไอน้ำ
- ติดตั้งระบบควบคุมอัตราการไหลของน้ำในขั้นตอนการผลิต
- ล้างกระป๋องเปล่าแบบทวนกระแส
- นำน้ำล้างกระป๋อง และน้ำหล่อเย็น ไปล้างทำความสะอาดพื้น
- ติดตั้งมิเตอร์วัดน้ำ

วิธีการลดการใช้ไฟฟ้า

- ติดตั้งระบบควบคุมอัตโนมัติบนสายพานลำเลียง
- ควบคุมบริหารกำลังไฟฟ้า

วิธีการลดการใช้น้ำมันเตา

- นำน้ำล้น (Overflow) และน้ำที่กลั่นตัวจากไอน้ำ (Condensate) ไปล้างวัตถุดิบ
- นำน้ำที่กลั่นตัวจากไอน้ำ (Condensate) กลับไปใช้กับหม้อไอน้ำ
- หุ้มฉนวนท่อส่งไอน้ำ

(หลักปฏิบัติเพื่อการป้องกันมลพิษ (เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด) สำหรับอุตสาหกรรมรายสาขา พืช ผักและผลไม้บรรจุกาษาขณะที่ผนึก ตับปรดกระป๋อง เมษายน, 2545)

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

รูปแบบการวิจัยเป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi Experiment) เพื่อศึกษาและนำแนวทางเทคโนโลยีสะอาดมาใช้ในการจัดการกับกากของเสียที่เกิดจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน (Oil-Water Separator Pit) ในระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานผลิตขวดแก้ว โดยมีขั้นตอนในการดำเนินการดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
2. ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง
3. การวิเคราะห์ข้อมูล
4. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เนื่องจากการวิจัยกึ่งทดลองในกระบวนการผลิตจริง เครื่องที่ใช้จึงมีทั้งที่เป็นเครื่องมือมาตรฐานทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้วัดตัวแปรตามที่สะท้อนถึงตัวแปรอิสระ รวมทั้งเครื่องจักรในกระบวนการผลิตขวดแก้ว ซึ่งเครื่องมือและเครื่องจักรเหล่านี้ได้รับการสอบเทียบ การบำรุงรักษา และตรวจสอบสภาพการใช้งานตามระบบคุณภาพ ISO 9001:2000 ที่โรงงานได้รับการรับรองแล้ว ทำให้มีความตรง ความเที่ยง และความแม่นยำ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.1 เครื่องวิเคราะห์ X-Ray Spectrometer เป็นเครื่องมือประจำห้อง Lab ของโรงงาน ซึ่งการวิจัยนี้จะใช้เพื่อวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของกากตะกอน จากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน (Oil-Water Separator Pit) และใช้เพื่อวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของเนื้อขวดแก้ว ที่ผลิตจากวัตถุดิบที่มีส่วนผสมของกากตะกอนจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน (Oil-Water Separator Pit)

1.2 เครื่องวัดความชื้นของวัตถุดิบ สำหรับการผลิตขวดแก้ว เป็นเครื่องมือประจำห้องควบคุมการผลิตวัตถุดิบ เพื่อตรวจสอบความชื้นวัตถุดิบก่อนนำผสมกัน เพื่อไม่ให้สูตรส่วนผสมวัตถุดิบเปลี่ยนแปลงจากมาตรฐาน อันเนื่องมาจากความชื้นของวัตถุดิบ

1.3 กระบวนการชั่ง และผสมวัตถุดิบของโรงงาน เป็นลักษณะ Batch Process มีหน้าที่นำวัตถุดิบแต่ละประเภท จาก Silo ที่เก็บมาชั่งตามสูตรส่วนผสมแล้วนำไปผสมรวมเข้าด้วยกัน ก่อนลำเลียงป้อนเข้าขบวนการหลอมแก้ว ซึ่งเป็นระบบอัตโนมัติ

1.4 กระบวนการหลอมแก้ว เป็นลักษณะ Continuous Process มีหน้าที่นำวัตถุดิบที่ผสมกันเรียบร้อยแล้วค่อยๆ ทอยป้อนเข้าเตาหลอมแก้ว ตามความต้องการใช้ผลิตขวดแก้ว

โดยเตาหลอมแก้วจะใช้ความร้อนจากเชื้อเพลิงหรือไฟฟ้าหลอมวัตถุดิบให้ละลายและเป็นเนื้อเดียวกันที่อุณหภูมิประมาณ 1600 °C จะได้นำแก้วร้อนๆ ที่พร้อมจะนำไปเป่าขึ้นรูปขวด

1.5 กระบวนการขึ้นรูปขวด เป็นลักษณะ Continuous Process ที่ทำหน้าที่นำแก้วร้อนๆ ตัดให้ได้น้ำหนักตามความต้องการใส่ในแบบขวด (Mould) แล้วใช้ลมเป่าขึ้นรูป เป็นขวดแก้วตามรูปร่างที่ต้องการ จากนั้นลำเลียงผ่านเตาอบเพื่อลดความเครียดในเนื้อแก้ว จนถึงอุณหภูมิห้องปกติ

1.6 กระบวนการตรวจสอบคุณภาพขวดแก้ว เป็นลักษณะ Continuous Process โดยการตรวจสอบทางกายภาพของขวดที่ผลิตเทียบกับมาตรฐาน เพื่อคัดทิ้งที่ผิดมาตรฐาน และตรวจสอบและคัดทิ้งขวดที่มีจุดบกพร่องต่างๆ เช่น รอยร้าว, ฟองอากาศ, เม็ดหิน เป็นต้น

1.7 ระบบจัดเก็บและจ่ายน้ำมันเตา ให้กับเตาหลอมแก้วระบบรับและจัดเก็บ หมายถึง Pump รับน้ำมัน, ใต้กรอง และ Flow Meter เพื่อรับน้ำมันจากรถขนส่งเข้าจัดเก็บในถังพัก (Day Tank) ระบบจ่ายน้ำมันเตา หมายถึง Pump จ่ายน้ำมัน, Heater อุ้มน้ำมัน

1.8 ระบบควบคุมการเผาไหม้ ของเตาหลอมและหัวเผาชนิดใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิง ทำหน้าที่แปลงเชื้อเพลิงให้เป็นพลังงานความร้อนให้กับเตาหลอมแก้ว โดยมีการควบคุมการเผาไหม้อย่างอัตโนมัติ

1.9 การวิเคราะห์อากาศเสีย ที่ปล่อยออกปล่องควันเตาหลอม ดำเนินการโดยหน่วยงานภายนอกที่ให้บริการด้านนี้โดยเฉพาะ

1.10 การวิเคราะห์ส่วนประกอบ และค่าความร้อนจำเพาะของน้ำมัน จากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน ดำเนินการโดยห้องวิเคราะห์ภายนอกที่ให้บริการด้านนี้โดยเฉพาะ

2. ขั้นตอนการดำเนินการทดลอง

การศึกษาวิจัยนี้เป็นการวิจัยแบบกึ่งทดลองในกระบวนการผลิตจริง ทำให้ต้องมีการวางแผนงานและเตรียมการดำเนินการที่สอดคล้อง และไม่กระทบต่อการเดินเครื่องจักรเพื่อการผลิตของโรงงาน โดยแบ่งขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

2.1 กำหนดระยะเวลา ในการรวบรวมตะกอน และน้ำมัน ที่เกิดจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน (Oil-Water Separator Pit) เพื่อใช้ในการวิจัยไว้ 4 เดือน

2.2 ทากตะกอน ที่เกิดจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน โดยใช้เวลารวบรวม 4 เดือน

2.2.1 นำตะกอนที่รวบรวมได้ ไปตากในลานตากตะกอนให้เหลือความชื้นไม่เกิน 10% ตามมาตรฐานความชื้นของวัตถุดิบทั่วไป วัตถุประสงค์ที่รวบรวมได้เป็นน้ำหนักเปรียบเทียบกับ

ปริมาณการผลิตและประสิทธิภาพการผลิต เป็นข้อมูลการวิจัย

2.2.2 นำตัวอย่างตะกอน ไปวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี ด้วยเครื่อง X-Ray Spectrometer และตรวจสอบ Grain Size จากกองตะกอนที่ตากแห้งเสร็จแล้ว เพื่อหาสิ่งปนเปื้อนอื่นที่ไม่สามารถใช้เป็นวัตถุดิบของเนื้อแก้วได้ เป็นข้อมูลการวิจัย

2.2.3 ตะกอนที่ตากแห้ง แล้วนำเข้าเก็บใน Box เก็บวัตถุดิบ เพื่อเตรียมป้อนเข้าสู่กระบวนการผสมวัตถุดิบ โดยการทดลองนี้จะใช้ตะกอนเป็นวัตถุดิบ ให้กับเตาหลอมแก้วที่ผลิตแก้วสีชา ซึ่งเป็นเตาหลอมขนาดกำลังผลิต 200 ตันต่อวัน มีสายการผลิต 2 สายการผลิต

2.2.4 ประชุมหารือร่วมกับผู้บริหาร ฝ่ายผสมและหลอม มีข้อสรุปว่าให้ผสมตะกอนไปกับขบวนการป้อนเศษแก้ว ชนิด Foreign Culletts โดยผสมในอัตราส่วนประมาณ 3% หมายถึงทุกๆ 3 เทียวยของรถขนส่งเศษแก้ว ประมาณ 16-17 ตันต่อเทียวย ที่นำ Foreign Culletts มาเข้า Silo ของ Batch Plants ให้ใช้รถ Front Load ดักตะกอน 1 เทียวย ประมาณ 2.5 ตัน ผสมรวมกันเข้า Silo Foreign Cullet ด้วย

2.2.5 เตาหลอมที่ทดลองใช้ตะกอนผสมกับวัตถุดิบ เป็นเตาหลอมที่ขณะนั้นใช้ผลิตขวดเบียร์สีชา 465,000 ขวดต่อวัน คิดเป็นน้ำหนัก 190 ตันต่อวัน ใช้อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบ ดังนี้ เป็น Raw Materials (Sand, Dolomite, Lime Stone, Feldspar, Soda Ash Salt Cake, Iron Oxide, Coke Dust) 30% เป็น Cullet (เศษแก้ว) 70% ซึ่งแบ่งเป็น

- Own Cullet (เศษแก้วที่เกิดจากกระบวนการผลิตภายในโรงงาน) 10%
- Foreign Cullet (เศษแก้วที่รับซื้อจากภายนอกโรงงาน) 60%

ดังนั้นจะใช้ตะกอนในอัตราส่วน 3% ต่อน้ำหนักวัตถุดิบและเศษแก้วรวม หรือประมาณ 6 ตันต่อวันซึ่งมีรายงานของพนักงานควบคุมการผลิตประจำกะ เป็นข้อมูลของการวิจัย

2.2.6 เตาหลอมแก้วมีพื้นที่หลอม 63 m². ความลึกของน้ำแก้ว 1.2 เมตร น้ำแก้วสีชา มีความถ่วงจำเพาะ เฉลี่ย 2.52 วัตถุดิบมีระยะเวลาอยู่ในเตาหลอมประมาณ 24 ชั่วโมง หมายถึงเมื่อเริ่มป้อนวัตถุดิบและเศษแก้วที่มีตะกอนผสมอยู่ จะได้น้ำแก้วที่มีส่วนผสมเหล่านี้เข้าสู่เครื่องขึ้นรูป ในอีก 24 ชั่วโมงข้างหน้า ดังนั้นขวดแก้วที่ผลิตจากวัตถุดิบและเศษแก้วที่มีตะกอนผสมอยู่จะเกิดขึ้น ในอีก 24 ชั่วโมง หลังจากเริ่มป้อนวัตถุดิบและเศษแก้วที่มีตะกอนผสมเข้าสู่เตาหลอมอย่างต่อเนื่อง

2.2.7 การผลิตขึ้นรูปน้ำแก้วเป็นขวดแก้ว และการตรวจสอบคุณภาพของขวดแก้ว จะดำเนินการต่อเนื่องตลอด 24 ชั่วโมง

2.2.8 การตรวจสอบคุณภาพขวดแก้ว มี 2 ประเภท

ประเภทแรก คือ การตรวจสอบทุกขวดบนสายการผลิต เช่น การตรวจเม็คหิน ฟองอากาศ

ที่ผิวขวด ว่ามีขนาดใหญ่ หรือมากเกินไปมาตรฐานที่ยอมรับได้หรือไม่, ตรวจสอบรอยร้าวมีหรือไม่ ตรวจสอบปากขวด และคอขวดต้องปิดฝาได้, ตรวจสอบความหนาของขวดต้องได้ตามมาตรฐาน เป็นต้น

ประเภทที่สอง คือ การตรวจสอบแบบทำลายโดยทุกๆ 8 ชั่วโมง จะสุ่มเก็บตัวอย่าง ขวดจากสายการผลิตไปทดสอบความแข็งแรง ความทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ เป็นต้น

นอกจากนั้นยังต้องมีการตรวจสอบส่วนประกอบทางเคมีของเนื้อแก้ว โดยห้อง Lab ด้วยเครื่อง X-Ray Spectrometer อีกวันละ 1 ครั้ง ซึ่งรายงานผลการตรวจสอบของพนักงานตรวจสอบ คุณภาพขวดประจำกะ และรายงานส่วนประกอบทางเคมีของเนื้อแก้วประจำสัปดาห์ของเจ้าหน้าที่ ประจำห้อง Lab เป็นข้อมูลการวิจัย

2.3 น้ำมัน ที่เกิดจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน โดยใช้เวลารวบรวม 4 เดือน

2.3.1 น้ำมันที่ถูกรวบรวมไว้ในบ่อเก็บกักน้ำมัน ของบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน (Oil-Water Separator Pit) จะถูกสูบลำไส้ถึง 200 ลิตร เพื่อวัดปริมาณเทียบกับปริมาณการผลิตขวดแก้ว และส่งตัวอย่างของน้ำมันให้กับห้อง Lab ภายนอกเพื่อวิเคราะห์ส่วนผสมต่างๆ และค่าความร้อนจำเพาะ เป็นข้อมูลของการวิจัย

2.3.2 นำน้ำมันที่ได้สูบลำไส้ไปเก็บผสมกับน้ำมันเตา กำมะถัน 2% ใน Day Tank ในอัตรา 3.5% คือน้ำมันเตา 50,000 ลิตร ผสมน้ำมันจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน ไป 1,750 ลิตร

2.3.3 บ่อน้ำมันเตา ที่มีอัตราส่วนผสมของน้ำมันจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน 3.5% นี้ เข้าสู่ระบบการเผาไหม้ของเตาหลอม โดยผ่านไส้กรอง ผ่าน Pump ผ่าน Heater อุ่นน้ำมันเตา ผ่าน Control Valve ผ่าน Flow Meter และเข้าสู่หัวเผาของเตาหลอมที่ใช้ High Pressure Air ทำหน้าที่ Atomizer น้ำมันเตา

2.3.4 ระบบควบคุมการเผาไหม้ของเตาหลอม ยังคงใช้ Ratio ของอากาศ และ เชื้อเพลิงเช่นเดิม

2.3.5 ตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ระบายออกจากปล่อง โดยข้อมูลที่ตรวจ คือ อุณหภูมิ, ความเร็วลมเฉลี่ย, ปริมาณลมเฉลี่ย, ความชื้น, ปริมาณความเข้มข้นฝุ่น, ปริมาณความเข้มข้น SO₂, ปริมาณความเข้มข้น NO₂ เทียบกับมาตรฐานตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เป็นข้อมูลของการวิจัย

2.4 ประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

2.4.1 ประเมินราคาค่าใช้จ่าย ในการนำตะกอนและน้ำมันจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน (Oil-Water Separator Pit) ไปกำจัดภายนอกโรงงาน เป็นข้อมูลการวิจัย

2.4.2 ประเมินราคามูลค่าของตะกอน ถ้าใช้ผสมไปกับวัตถุดิบและเศษแก้ว และ น้ำมันถ้าใช้ผสมไปกับน้ำมันเชื้อเพลิงของเตาหลอมแก้ว เป็นข้อมูลการวิจัย

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 การวิเคราะห์ข้อมูลของตะกอนที่เกิดจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน

3.1.1 อัตราการเกิดตะกอน ในบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน (Oil-Water Separator Pit) เมื่อเทียบกับปริมาณน้ำเสียที่ไหลเข้าสู่ระบบ และเทียบกับปริมาณการผลิตขวดแก้ว และประสิทธิภาพการผลิตขวดแก้ว

3.1.2 ค่าเฉลี่ยขนาด Grain Size ของตะกอน, ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของตะกอน และผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของเนื้อแก้วที่มีส่วนผสมของตะกอน เทียบกับส่วนประกอบทางเคมีมาตรฐานของโรงงาน

3.1.3 ค่าเฉลี่ยร้อยละ ของการปฏิเสธขวดแก้วที่พบสิ่งบกพร่อง ที่ผลิตจากเนื้อแก้วที่มีส่วนผสมของตะกอน เทียบกับค่าเฉลี่ยร้อยละของการปฏิเสธขวดแก้ว ที่พบสิ่งบกพร่องที่ผลิตจากวัตถุดิบปกติ

3.2 การวิเคราะห์ข้อมูลของน้ำมันที่เกิดจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน

3.2.1 อัตราการเกิดน้ำมันในบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน (Oil Water Separator Pit) เมื่อเทียบกับปริมาณน้ำเสียที่ไหลเข้าสู่ระบบ และเทียบกับปริมาณการผลิตขวดแก้ว และประสิทธิภาพการผลิตขวดแก้ว

3.2.2 ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำมันจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน (Oil-Water Separator Pit)

3.2.3 ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ระบายออกจากปล่องไอเสียของเตาหลอม ที่ใช้น้ำมันจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน เป็นส่วนประกอบในน้ำมันเชื้อเพลิง เทียบกับมาตรฐานตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ จากการนำตะกอนและน้ำมัน จากบ่อแยกน้ำ-น้ำมันกลับมาใช้ใหม่ ข้อมูลค่าใช้จ่ายที่ประหยัดค่านต้นทุนการผลิต ที่เกิดจากการนำของเสียกลับมาหมุนเวียนใช้ใหม่ด้วยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดเหล่านี้ เปรียบเทียบระหว่างก่อนดำเนินการ และหลังดำเนินการ โดยพิจารณาแยกแต่ละตัวแปรอิสระดังนี้

3.3.1 ตะกอนจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน มีค่าใช้จ่ายที่ต้องวิเคราะห์เปรียบเทียบดังนี้

- 1) ค่าใช้จ่ายก่อนดำเนินการ เช่น ค่าบำบัดของเสีย เป็นต้น
- 2) มูลค่าในการใช้ตะกอนผสมไปกับวัตถุดิบและเศษแก้ว ในการหลอมแก้ว

3.3.2 น้ำมันจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน มีค่าใช้จ่ายที่ต้องวิเคราะห์เปรียบเทียบดังนี้

- 1) ค่าใช้จ่ายก่อนดำเนินการ เช่น ค่าบำบัดของเสีย เป็นต้น
- 2) มูลค่าในการใช้ไขมัน ผสมกับน้ำมันเชื้อเพลิง ในเตาหลอมแก้ว

4. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 สถิติเชิงพรรณนา แบบการแจกแจงความถี่ เป็นร้อยละ

$$\text{สูตร ร้อยละ (\%)} = \frac{X \times 100}{N}$$

เพื่อใช้วิเคราะห์ และนำเสนอข้อมูลการเกิดตะกอน และน้ำมันในบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน เทียบกับปริมาณน้ำเสียและปริมาณการผลิตน้ำแก้ว, ขวดแก้ว

เมื่อ X แทน ปริมาณตะกอน หรือปริมาณน้ำมันที่เกิดขึ้น

N แทน ปริมาณรวมของน้ำเสีย หรือปริมาณรวมการผลิตเนื้อแก้ว, ขวดแก้ว

4.2 สถิติเชิงพรรณนา แบบการวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลาง ค่าเฉลี่ย (Mean)

$$\text{สูตร } \bar{x} = \frac{\Sigma X}{N}$$

เพื่อใช้วิเคราะห์และนำเสนอข้อมูล การเกิดตะกอนและน้ำมันในบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน

เทียบกับระยะเวลา

เมื่อ ΣX แทน ปริมาณตะกอนหรือปริมาณน้ำมันที่เกิดขึ้น

N แทน ระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรวบรวม

4.3 การทดสอบสมมุติฐานของการวิจัย ซึ่งประกอบไปด้วยสมมุติฐานที่ว่าด้วยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด สามารถนำตะกอนจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน ในระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานผลิตขวดแก้วกลับมาใช้ใหม่ได้ โดยตั้งสมมุติฐานทางสถิติได้ดังนี้

$H_0 : \mu =$ มาตรฐานของโรงงาน

$H_1 : \mu <$ มาตรฐานของโรงงาน

สถิติที่ใช้ คือ T-Test

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยนี้ได้นำหลักแนวทางของเทคโนโลยีสะอาดมาใช้ ในการจัดการของเสียที่เกิดจากการบำบัดน้ำเสียในบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน เพื่อนำของเสียกลับมาใช้ใหม่ ภายในโรงงานแหล่งกำเนิด โดยได้ดำเนินการตามกรอบแนวคิดที่วางไว้ ในบทนี้ จะได้นำเสนอผลการวิจัยในประเด็นหลัก 4 ส่วน ดังนี้

1. ผลการประเมินการเกิดตะกอน และน้ำมันในบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน ของระบบบำบัดน้ำเสียในโรงงานผลิตขวดแก้วแห่งหนึ่ง

บ่อแยกน้ำ-น้ำมันของระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้เก็บรวบรวมการเกิดตะกอนและน้ำมัน เป็นบ่อคอนกรีตมีขนาดปริมาตร รวมประมาณ 600 ลูกบาศก์เมตร สำหรับใช้กับขบวนการผลิตขวดแก้วจำนวน 4 เตาหลอม มีขนาดกำลังผลิตติดตั้งเพื่อผลิตขวดแก้ว รวม 1,100 คันต่อวัน ระยะเวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูล 4 เดือน โดยก่อนเริ่มเก็บข้อมูลนำกากตะกอนและน้ำมันที่สะสมไว้เดิมออกจนหมดแล้วเริ่มเก็บข้อมูล โดยปล่อยน้ำเสียให้ไหลผ่านบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน ตามปกติจนครบกำหนดระยะเวลา แล้วนำตะกอนทั้งหมดที่เกิดขึ้นมาตากในบ่อตากตะกอน และ Box เก็บวัตถุอันตราย ความชื้นไม่เกิน 10% และนำน้ำมันสูบใส่ถัง 200 ลิตร

จำนวนตะกอนที่เก็บรวบรวมได้ 45 คัน

จำนวนน้ำมันที่เก็บรวบรวมได้ 1,750 ลิตร

การเก็บรวบรวมข้อมูลของตะกอน ทำครั้งเดียวหลังการรอเวลาสะสม 4 เดือน เพราะจากการสังเกต การเกิดตะกอนที่สะสมอยู่ก้นบ่อเป็นลักษณะค่อยๆ เกิดขึ้น เนื่องจากบ่อมีขนาดใหญ่พอสมควร ดังนั้นในช่วง 2-3 เดือนแรก ยังไม่มีผลกระทบต่อปริมาตรของบ่อ อีกทั้งการดึงตะกอนจากก้นบ่อออกมาตากแห้งนั้น ต้องใช้แรงงานมาก การทำบ่อยๆ จะเพิ่มภาระให้กับเจ้าหน้าที่ของโรงงานที่มีภารกิจประจำอยู่แล้ว ส่วนน้ำมันนั้นจะมีระบบกวาดน้ำมันจากผิวน้ำในบ่อ มาเก็บรวบรวมไว้ในบ่อรวบรวมน้ำมัน

ตารางที่ 4.1 ผลการเกิดตะกอนในบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน

รายการประเมินการเกิดตะกอน	สถิติ	หมายเหตุ
1. อัตราการเกิดตะกอนเทียบกับระยะเวลา	11.25 ตัน/เดือน	พ.ศ. – ศ.ศ. '49
2. อัตราการเกิดตะกอนเทียบกับการผลิตแก้วทั้งหมด	0.04 %	ผลิตแก้ว 111,670 ตัน
3. ปริมาณตะกอนเทียบกับน้ำเสีย	0.47 kg/m ³ .	ปริมาณน้ำเสีย 94,900 m ³ .

ตารางที่ 4.2 ผลการเกิดน้ำมันในบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน

รายการประเมินการเกิดน้ำมัน	สถิติ	หมายเหตุ
1. อัตราการเกิดน้ำมันเทียบกับระยะเวลา	437.5 ลิตร/เดือน	พ.ศ. – ศ.ศ. '49
2. อัตราการเกิดน้ำมันเทียบกับการผลิตแก้วทั้งหมด	15.67 ml./ตัน	ผลิตแก้ว 111,670 ตัน
3. ปริมาณน้ำมันเทียบกับน้ำเสีย	18.44 ml/m ³ .	ปริมาณน้ำเสีย 94,900 m ³ .

2. ผลการใช้กากตะกอนจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน นำไปผสมกับวัตถุดิบและเศษแก้ว เพื่อผลิตขวดแก้ว

ดำเนินการโดยสูบตะกอนจาก Sludge Pits ของบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน ไปฝังในลานตาก ตะกอนให้แห้งหมาด เป็นเวลา 7 วัน ได้ความชื้นเฉลี่ย 40% จากนั้นขนย้ายไปตากแห้งในลานเก็บ วัตถุดิบของโรงงาน เพื่อฝังต่อเหลือความชื้นไม่เกิน 10% ใช้เวลาฝัง 14 วัน สุ่มตัดตัวอย่างตะกอน จากกองตะกอนในลานเก็บวัตถุดิบ ที่ฝังแห้งแล้ว มาตรวจวัดความชื้น และวัตถุดิบปลอมปนอื่น เช่น เม็ดหิน, กรวด, ทรายเม็ดใหญ่ ฯลฯ ทั้งหมด 7 จุด 7 ตัวอย่าง น้ำหนักประมาณ 100 g./ตัวอย่าง

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการตรวจวัดความชื้น และวัตถุปลอมปนอื่น
ของกากตะกอนที่ผึ่งแห้งแล้ว

	ความชื้นที่วัดได้	วัตถุปลอมปนอื่น ที่ตรวจพบ
ตัวอย่างที่ 1	9.5	ไม่พบ
ตัวอย่างที่ 2	9.8	ไม่พบ
ตัวอย่างที่ 3	10.2	ไม่พบ
ตัวอย่างที่ 4	11.0	ไม่พบ
ตัวอย่างที่ 5	10.5	ไม่พบ
ตัวอย่างที่ 6	9.7	ไม่พบ
ตัวอย่างที่ 7	9.4	ไม่พบ
เฉลี่ย	10.01 %	ไม่พบ

หลังตากตะกอนแห้ง ได้ความชื้นไม่เกินกำหนดตามมาตรฐานขั้นต่ำ ความชื้นของ
วัตถุดิบของโรงงาน คือ 10% และไม่มีวัตถุปลอมปนอื่นแล้ว นำตัวอย่างตะกอนทั้ง 7 ตัวอย่างมาผสม
รวมกัน เพื่อนำไปวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี ด้วยเครื่อง X-Ray Spectrometer

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของตะกอน
ที่วิเคราะห์ด้วยเครื่อง X-Ray Spectrometer

Parameter	% W/W
SiO ₂	63.7
Al ₂ O ₃	2.33
Fe ₂ O ₃	1.7
CaO	10.00
MgO	2.37
Na ₂ O	9.36
K ₂ O	0.18
Loss on Ignition	10.36

กากตะกอนจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมันที่มีความชื้นไม่เกิน 10% จะมีลักษณะเป็นฝุ่นแก้ว ละเอียดมีคาน้ำมันเกาะติดกับฝุ่นแก้ว จากการประชุมหารือร่วมกับผู้บริหารของฝ่ายผสมและ หลอมของ โรงงาน เห็นว่าตะกอนเหล่านี้มีต้นกำเนิดมาจากเตาหลอมแก้ว 4 เตา ซึ่งผลิตทั้งแก้วขาว และแก้วสีชา ตะกอนจึงมีส่วนผสมของฝุ่นแก้วขาว และฝุ่นแก้วสีชาปะปนกันแยกไม่ได้ ถ้าจะใช้ ตะกอนฝุ่นแก้วเป็นวัตถุดิบ สำหรับเตาหลอมแก้วขาวจะต้องมีการเตรียมสูตร Batch ปรับแก้สีให้ใส ซึ่งจะมีต้นทุนของวัตถุดิบสูงขึ้น จึงมีความเห็นร่วมกันว่า กากตะกอนฝุ่นแก้วนี้ไม่เหมาะสมที่จะใช้ เป็นวัตถุดิบ สำหรับการผลิตแก้วขาวควรจะใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตแก้วสีชาเท่านั้น

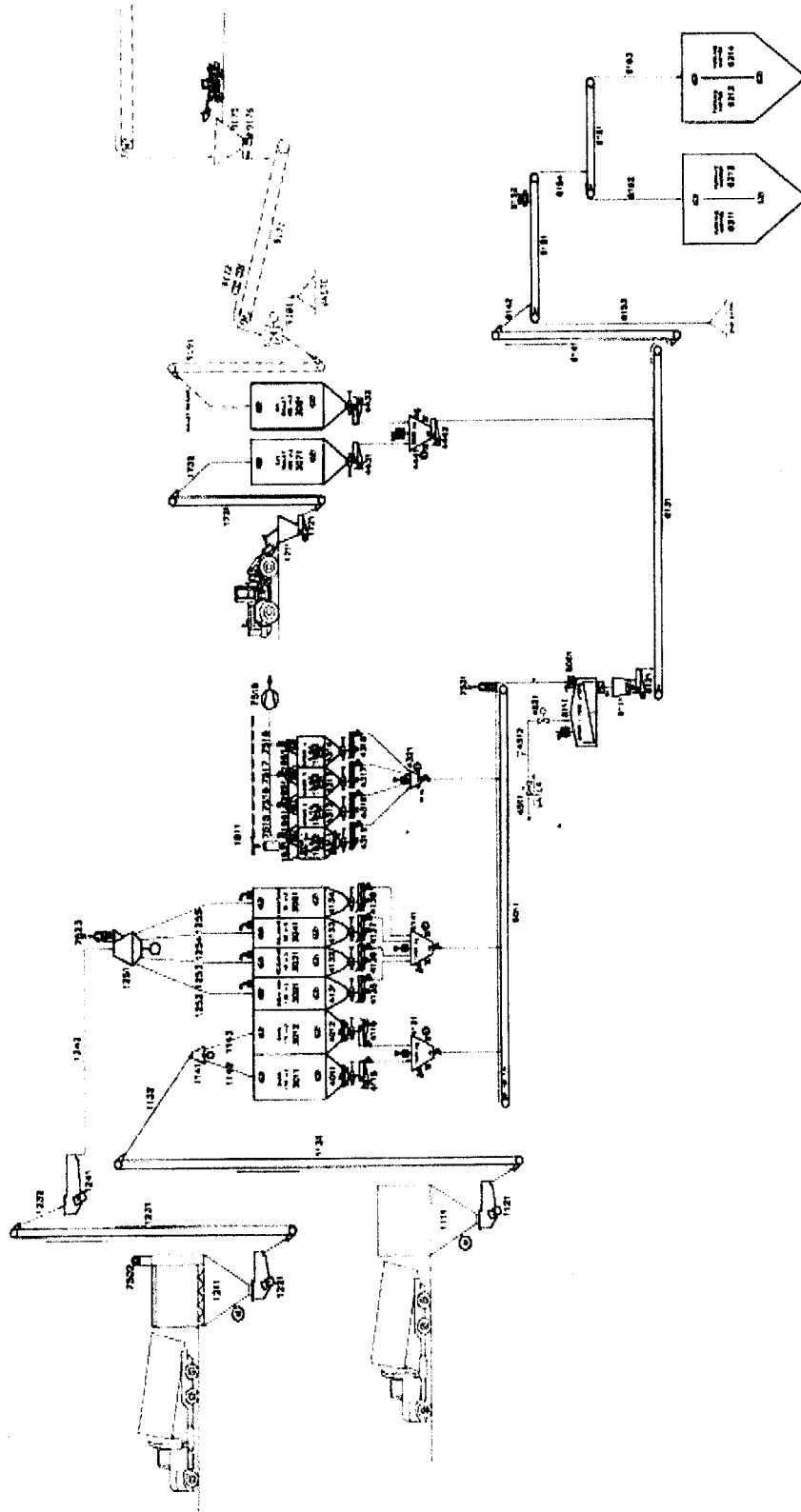
เมื่อพิจารณาด้านการวางแผนการผลิตของ โรงงาน พบว่ามีเตาหลอมที่ 2 ของ โรงงานที่ วางแผนการผลิตเป็นแก้วสีชาตลอดต่อเนื่อง โดยยังไม่มีการเปลี่ยนแปลงผลิตแก้วสีขาวในระยะใกล้ ซึ่งมีความเหมาะสมที่จะใช้กระบวนการผลิตของเตาหลอมแก้วที่ 2 ของ โรงงานเป็นเครื่องทดลองใช้ กากตะกอนฝุ่นแก้วจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน เป็นวัตถุดิบต่อไป

กระบวนการผลิตของเตาหลอมแก้วที่ 2 นี้ มีสายการผลิต 2 สายการผลิต คือ มีเครื่องขึ้น รูปขวดแก้ว 2 เครื่อง มีกำลังการผลิตคิดตั้ง 200 คันต่อวัน ในขณะที่ทดลองทาง โรงงานผลิตขวดเบียร์ ขนาด 630 ml. อย่างต่อเนื่องทั้ง 2 สายการผลิต มีผลผลิตเฉลี่ย 465,000 ขวดต่อวัน คิดเป็นน้ำหนักแก้ว ได้ 190 คันต่อวัน ใช้ส่วนผสมดังนี้

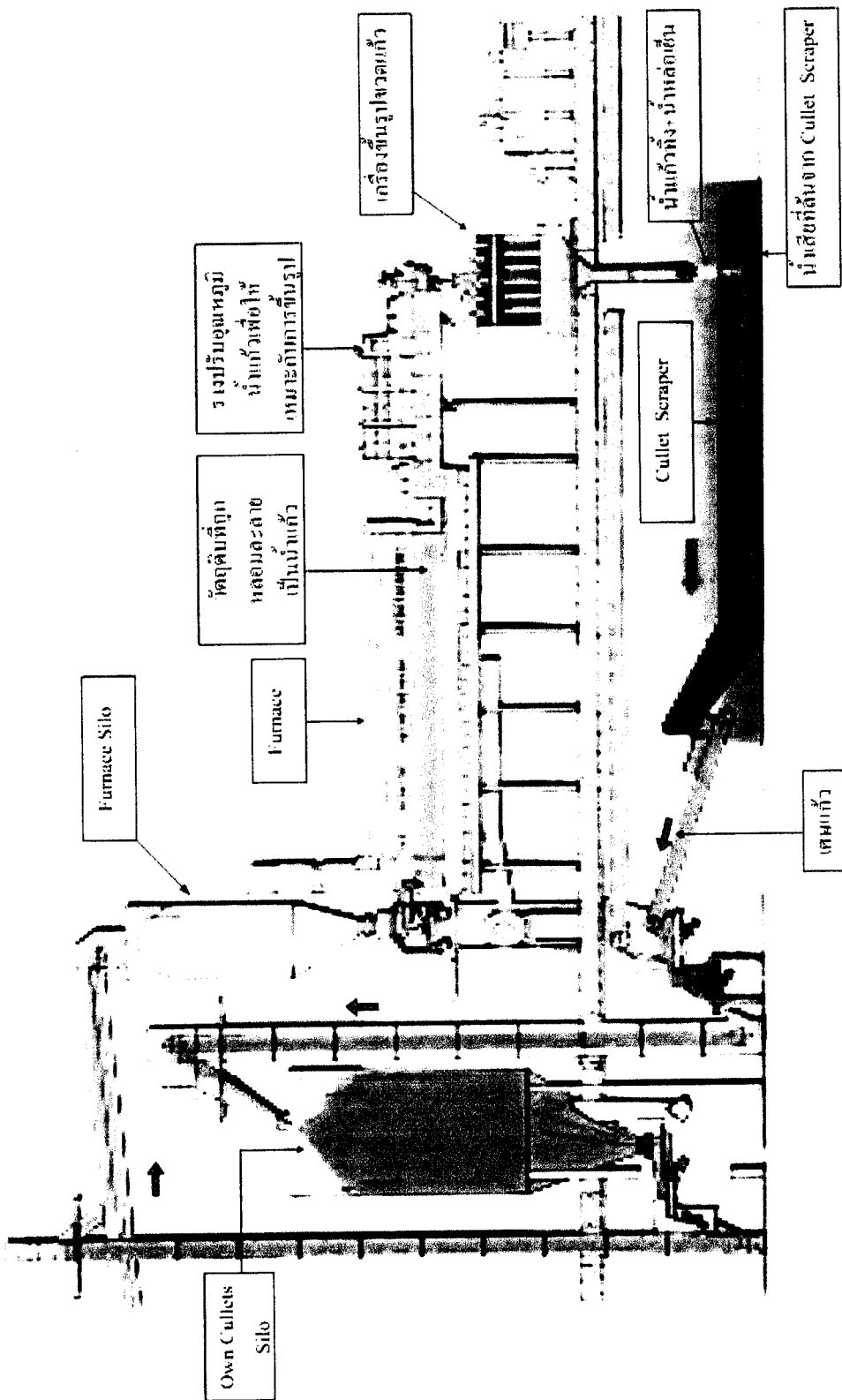
วัตถุดิบ (Raw Materials) 30% ประกอบด้วย Silica Sand, Dolomite, Lime Stone, Feldspar, Soda Ash, Solt Cake, Iron Oxide, Coke Dust เป็นต้น

เศษแก้ว (Cullets) 70% ประกอบด้วย Own Cullets (เศษแก้วที่เกิดขึ้นภายใน โรงงานนำ มา Recycle) 10%, Foreign Cullets (เศษแก้วที่รับซื้อจากภายนอก โรงงาน) 60%

เนื่องจากปริมาณตะกอนมีน้อย เมื่อเทียบกับความต้องการวัตถุดิบและเศษแก้ว เพื่อผลิต ในแต่ละวัน จากการประชุมหารือร่วมกันผู้บริหารฝ่ายผสมและหลอม มีข้อสรุปว่า ถ้าใช้ตะกอนนี้ ไปผสมกับวัตถุดิบและเศษแก้ว ในอัตรา 1-3% โดยน้ำหนักน่าจะดำเนินการได้โดยไม่ต้องเปลี่ยน สูตรการผสมวัตถุดิบ และสูตรเคมีของเนื้อแก้วควรจะไม่เปลี่ยนแปลง ดังนั้นผู้วิจัยจึงขอใช้กาก ตะกอนนี้ไปผสมกับวัตถุดิบและเศษแก้ว ในอัตรา 3% โดยน้ำหนัก ทั้งนี้โดยมีการนำกากตะกอนไป ป้อนผสมไปกับระบบการป้อนเศษแก้ว ชนิด Foreign Cullets.



ภาพที่ 4.1 แสดง Flow Diagram การผสมและป้อนวัตถุดิบเข้าเตาหลอมเพื่อนำไปหลอมเป็นน้ำแก้ว



ภาพที่ 4.2 แสดง Flow ของ Batch เข้าเตาหลอมและการนำแก้วขึ้นเครื่องขึ้นรูป

กระบวนการผสมและป้อนวัตถุดิบและเศษแก้ว เข้าเตาหลอม มีขั้นตอนและวิธีการดังนี้

1. นำวัตถุดิบแต่ละชนิดที่เก็บไว้ใน Silos ของ Batch Plant มาชั่ง ตามสูตร Batch ที่ตั้งไว้ สูตร Batch ที่ได้มาจากส่วนประกอบทางเคมีของเนื้อแก้วที่ต้องการ และความเหมาะสมของวัตถุดิบที่มีอยู่ในขณะนั้น ซึ่งต้องมีการพิจารณาหลายด้านในการตั้งสูตร Batch เพราะเป็นต้นทุนที่สำคัญสำหรับการผลิตของโรงงาน แต่เมื่อได้ชั่งวัตถุดิบตามสูตร Batch ที่ตั้งไว้แล้ว นำมาผสมผสมเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นก็ป้อน Batch วัตถุดิบที่ผสมเสร็จแล้วนี้ไปเก็บไว้ใน Silo วัตถุดิบพร้อมใช้งานข้างเตาหลอม หรือเรียกว่า Furnace Silos หลังจากนั้นก็ดำเนินการชั่งและผสม Batch ต่อไปใหม่ ส่งเข้า Furnace Silos จนเต็มจึงหยุด ถ้าวัตถุดิบพร้อมใช้งานใน Furnace Silos หหมด ก็จะมีการสั่งให้ชั่ง และผสม Batch ใหม่อีกเป็นเช่นนี้ตลอด โดยอัตโนมัติ ดัง Flow Diagram ภาพที่ 4.1

จากภาพที่ 4.1 Silo 3011, 3012 ใช้สำหรับเก็บวัตถุดิบประเภททราย, Silo 3021 เก็บวัตถุดิบประเภท Soda Ash, Silo 3031 เก็บวัตถุดิบประเภท Feldspar, Silo 3041 เก็บวัตถุดิบประเภท Dolomite, Silo 3051 เก็บวัตถุดิบประเภท Line Stone, Silo 1032, 1042, 1052 และ 1062 เป็น Silo เล็กๆ ใช้สำหรับเก็บวัตถุดิบที่ใช้ปรับสีของเนื้อแก้ว เช่น Iron oxide, Salt cake, Coke dust เป็นต้น Silo 3071 ใช้สำหรับเก็บเศษแก้ว Foreign Culletts (เศษแก้วที่รับซื้อจากภายนอก), Silo 3081 ใช้เก็บเศษแก้ว Own Culletts (เศษแก้วที่เกิดขึ้นภายในโรงงาน) ในแต่ละ Batch ของวัตถุดิบจะเริ่มด้วยการชั่งวัตถุดิบให้ได้ตามสูตร Batch ที่ตั้งไว้ โดยทรายใช้ตาชั่ง 4121 ส่วน Soda ash, Feldspar, Dolomite, Line stone ใช้ตาชั่ง 4141 วัตถุดิบปรับสีใช้ตาชั่ง 4321 เมื่อชั่งได้ครบจำนวนตามสูตร Batch แล้ว ก็ปล่อยวัตถุดิบเหล่านี้ไปผสมให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกันใน Mixer 5111 หลังจากผสมให้เข้าเป็นเนื้อเดียวกันแล้วก็ป้อนเข้าสู่ Furnace Silos 6211, 6212, 6213, 6214 โดยในขณะที่ป้อนวัตถุดิบจาก Mixer เข้า Furnace Silo นั้น ก็ป้อนเศษแก้วจาก Silo 3071, 3081 ตามอัตราส่วนที่คำนวณไว้ โดยผ่านตาชั่ง 4441 ไปพร้อมกันเพื่อให้ ในแต่ละ Batch มีส่วนผสมของวัตถุดิบและเศษแก้ว ทุกชนิดครบถ้วน

2. การป้อนวัตถุดิบและเศษแก้ว ที่พร้อมใช้งานจาก Furnace Silos เข้าเตาหลอมเป็นระบบอัตโนมัติด้วยเช่นกัน โดยมีเครื่องวัดระดับน้ำแก้วในเตาหลอมคอยวัด และสั่งให้เครื่องป้อนวัตถุดิบและเศษแก้ว เข้าเตาหลอม (Batch Chargers) ป้อนวัตถุดิบและเศษแก้ว ที่พร้อมใช้งานจาก Furnace Silos เข้าเตาหลอมอย่างต่อเนื่องและนุ่มนวล ดังภาพที่ 4.2 แสดง Flow ของวัตถุดิบและน้ำแก้ว

จากภาพ 4.2 เมื่อวัตถุดิบและเศษแก้ว ถูกส่งเข้ามาเก็บไว้ใน Furnace Silos แล้ว จากนั้นวัตถุดิบและเศษแก้ว ใน Furnace Silos จะถูกป้อนเข้าเตาหลอมเป็นลักษณะ Continuous Process โดยมี Glass Level Controller เป็นตัวควบคุมการป้อนวัตถุดิบและเศษแก้วเข้าเตาหลอม เตาหลอม (Furnace) ทำหน้าที่หลอมละลายวัตถุดิบและเศษแก้วให้เป็นน้ำแก้ว, รางปรับอุณหภูมิน้ำแก้ว (Forehearths)

ทำหน้าที่ปรับอุณหภูมิน้ำแก็วให้พอเหมาะกับการขึ้นรูปเป็นขวด, เครื่องขึ้นรูปขวดแก็วทำหน้าที่ตัดน้ำแก็วเป็นก้อนตามน้ำหนักขวดหยอดน้ำแก็วลงในแม่แบบขวดแล้วใช้ลมแรงดันสูงเป่า เป็นรูปขวดออกมา, น้ำแก็วที่ไม่ได้ขึ้นรูป หรือขวดที่ขึ้นรูปแล้วไม่ได้คุณภาพตามต้องการ จะถูกทิ้งลง Cullet Scraper พร้อมด้วยน้ำหล่อเย็น, Cullet Scraper จะทำหน้าที่กวาดเศษแก็วที่เย็นแล้ว นำไปบดเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วป้อนเข้าไปเก็บไว้ใน Own Cullets Silo เพื่อเตรียมนำมาหมุนเวียนใช้ใหม่ ส่วนน้ำเสียที่ล้นออกจาก Cullet Scraper ก็ถูกนำไปบำบัดในระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงาน

เตาหลอมแก็วที่ 2 ที่ใช้เป็นเครื่องทดลองนี้มีอัตราการผลิตขวดแก็วตามแผนการผลิต 190 ตัน/วัน ทั้งนี้โดยทั่วไปจะมีการสูญเสียวัตถุดิบในการหลอมประมาณ 15% โดยน้ำหนัก ดังนั้นต้อง

ใช้วัตถุดิบและเศษแก็วป้อนเข้าเตาหลอม 218.5 ตัน/วัน ซึ่งการทดลองใช้กากตะกอนนี้จะต้องผสมรวมไปกับ Foreign Cullets ดังนั้นจะพิจารณาเฉพาะขบวนการป้อน Foreign Cullets ซึ่งต้องใช้ตามแผนของโรงงานคือ 60% หรือจำนวน 131.1 ตัน/วัน

การวิจัยทดลองใช้กากตะกอนจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน ผสมรวมไปกับวัตถุดิบและเศษแก็วในอัตรา 3% ครั้งนี้เริ่มด้วยการนำตะกอนที่แห้งมีความชื้นไม่เกิน 10% และไม่มีสิ่งปลอมปนอื่นในลานเก็บวัตถุดิบไปผสมกับขบวนการป้อนเศษแก็ว ชนิด Foreign Cullets โดยเริ่มผสมกันตั้งแต่วินาทีแรกของการขนถ่ายเศษแก็วเข้าไปเก็บใน Foreign Cullets Silo โดยผู้วิจัยเป็นผู้กำหนดอัตราส่วนการขนถ่ายให้เจ้าหน้าที่ส่วนผสมวัตถุดิบดำเนินการขนถ่าย มีวิธีการคำนวณปริมาณการใช้ในแต่ละวันดังนี้

Foreign Cullets ใช้ 60% หรือ 131.1 ตัน/วัน

การวิจัยทดลองต้องการใช้กากตะกอน 3% หรือ 6.55 ตัน/วัน

ดังนั้นเหลือต้องการเศษแก็ว Foreign เพียง 124.55 ตัน/วัน ซึ่งหมายถึงในแต่ละ 131.1 ตัน/วัน ของเศษแก็วจาก Foreign Cullets Silo จะต้องมีการผสมอยู่ด้วย 6.55 ตัน หรืออัตราส่วนกากตะกอน 1 ส่วน เศษแก็วที่รับซื้อจากภายนอก (Foreign Cullets) 19 ส่วน

การเตรียมงานผสมกากตะกอนกับเศษแก็ว เพื่อให้ตะกอนกระจายไปทั่วๆ ทั้ง Silo และไม่ทำให้การปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ส่วนผสมวัตถุดิบยุ่งยากจนเกินไปนั้น มีหลักในการพิจารณาดังนี้ ตามปกติ Suppliers ที่ส่งเศษแก็วมาให้นั้นจะใช้รถบรรทุกเทท้ายขนส่ง ซึ่งมีน้ำหนักเศษแก็วประมาณ 17 ตันต่อเที่ยว และส่วนงานผสมวัตถุดิบก็มีรถ Front Loader ใช้งานเป็นปกติอยู่แล้ว จึงทดลองตั้งตะกอนเต็ม Front Loader ไปซ่งได้น้ำหนักเฉลี่ย 2.5 ตัน ดังนั้นเจ้าหน้าที่ส่วนผสมวัตถุดิบต้องดำเนินการป้อนเศษแก็วจาก Suppliers กับการนำกากตะกอนจากลานเก็บวัตถุดิบ เข้า Foreign Cullets Silo ตามตารางที่ 4.5

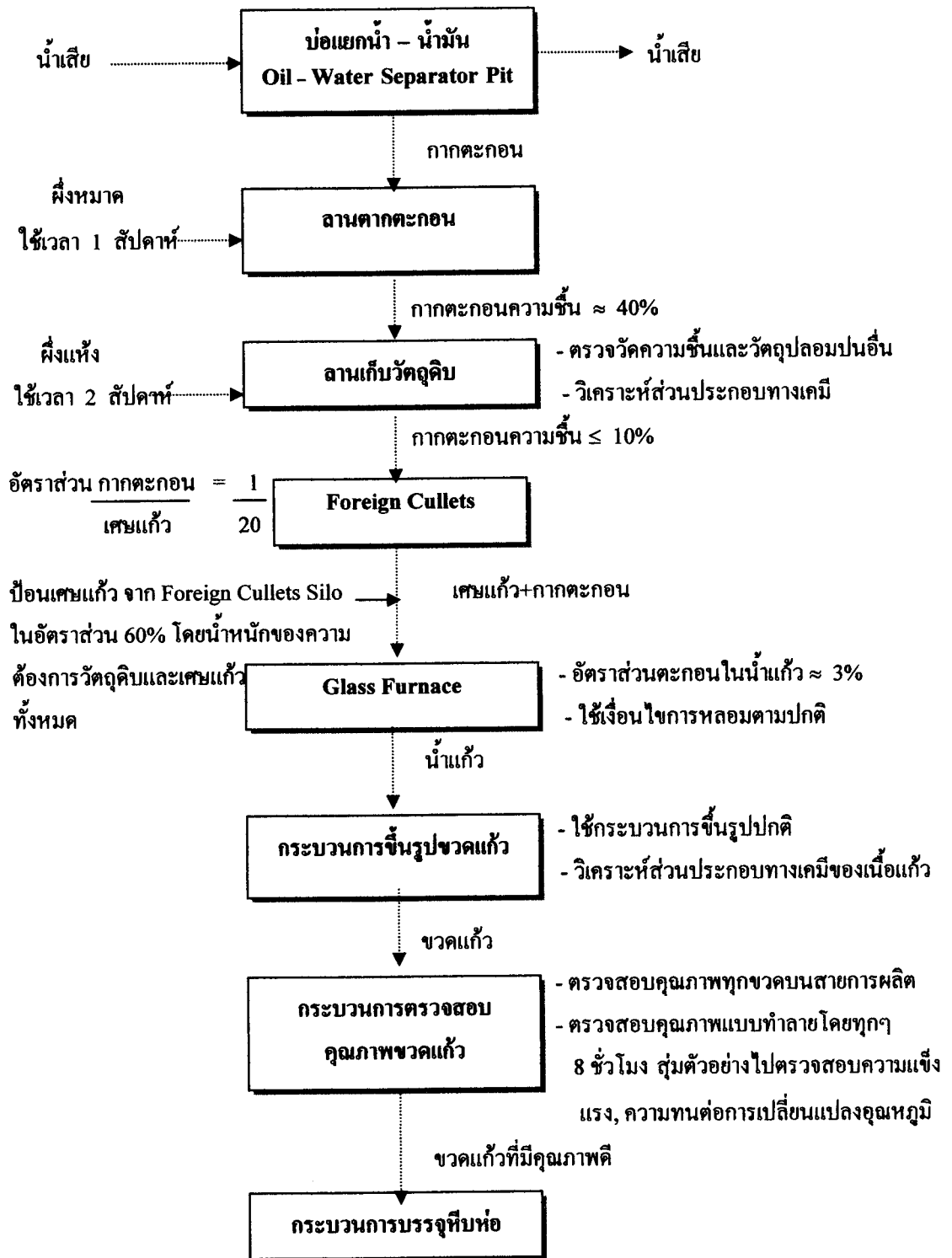
ตารางที่ 4.5 แสดงปริมาณการผสมกากตะกอนกับเศษแก้วที่รับซื้อ
จากภายนอกเข้าเก็บใน Foreign Culletts Silo

อัตราการป้อนวัตถุดิบเข้ากับใน Foreign Culletts Silo	
เศษแก้วจาก Suppliers ต่างๆ 3 เทียวรถบรรทุกเทท้าย (17 คันต่อเทียว)	กากตะกอนจากลานเก็บวัตถุดิบ 1 เทียวรถ Front Loader (2.5 คันต่อเทียว)

การป้อนตะกอนเข้า Foreign Culletts Silo ใช้วิธีป้อนติดต่อกันจนหมดใช้เวลา 5 วัน
ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลการป้อนกากตะกอนเข้าเก็บใน Foreign Culletts Silo

วันที่	จำนวน
1	12.5 คัน
2	7.5 คัน
3	7.5 คัน
4	7.5 คัน
5	10 คัน
รวม	45 คัน



ภาพที่ 4.3 แสดง Flow Diagram การทดลองนำกากตะกอนไปใช้งาน

สูตร Batch กระบวนการขังวัตถุดิบ กระบวนการผสมวัตถุดิบและเศษแก้วใช้เงื่อนไขเดิมไม่เปลี่ยนแปลง ทั้งนี้โดยใช้ Raw Materials (Silica Sand, Dolomite, Lime Stone, Feldspar, Soda Ash, Salt Coke, Iron Oxide, Coke Dust) ในอัตรา 30% โดยน้ำหนัก และเศษแก้ว 70% โดยน้ำหนักทั้งนี้เศษแก้วมี 2 Silos คือ จาก Own Culletts Silo (เศษแก้วที่เกิดขึ้นภายในโรงงาน) ใช้ 10% โดยน้ำหนัก จาก Foreign Culletts Silo (เศษแก้วรับซื้อจากภายนอก+กากตะกอน) ใช้ 60% โดยน้ำหนัก

เมื่อ Batch ของวัตถุดิบและเศษแก้ว ที่มีส่วนผสมของกากตะกอน 3% แล้วจะถูกนำไปเก็บไว้ที่ Furnace Silos ก่อนป้อนเข้าสู่เตาหลอม การป้อนวัตถุดิบและเศษแก้ว เข้าสู่เตาหลอมจะเป็นระบบอัตโนมัติโดยมีเครื่องวัดระดับน้ำแก้วภายในเตาหลอมเป็นเครื่องควบคุม เงื่อนไขการหลอมของเตาหลอมยังคงใช้เงื่อนไขตามปกติไม่เปลี่ยนแปลง เช่น อุณหภูมิการหลอม 1595 °C ที่ Center Crown (หลังคาเตาหลอม) ระดับน้ำแก้วในเตา ความดันภายในเตา ระบบการเผาไหม้ เป็นต้น

ข้อมูลจำเพาะของเตาหลอมแก้วที่โรงงานใช้อยู่ คือเมื่อเริ่มการป้อนวัตถุดิบและเศษแก้วใหม่เข้าสู่เตาหลอมจะมีผลได้น้ำแก้วที่มีวัตถุดิบและเศษแก้วใหม่เป็นเนื้อแก้วไหลเข้าสู่เครื่องขึ้นรูปใช้เวลาประมาณ 24 ชั่วโมง ซึ่งหมายความว่า ถ้าป้อนวัตถุดิบและเศษแก้วที่มีกากตะกอนผสมอยู่วันนี้จะได้ขวดแก้วที่มีกากตะกอนในเนื้อแก้วสมบูรณ์ในวันรุ่งขึ้น ดังนั้นการทดลองครั้งนี้ จะเริ่มเก็บข้อมูลของน้ำแก้วและขวดแก้ว หลังจากป้อนวัตถุดิบและเศษแก้ว ที่มีส่วนผสมของกากตะกอน 3% ไปแล้วในวันที่ 2 เป็นต้นไปจนกากตะกอนใน Foreign Culletts Silo หมด

กระบวนการขึ้นรูปขวดแก้ว เริ่มด้วยการดึงน้ำแก้วที่หลอมละลายเป็นเนื้อเดียวกันเรียบร้อยแล้วจากเตาหลอม มาปรับอุณหภูมิให้พอเหมาะกับการขึ้นรูป โดยผ่านรังกาน้ำแก้ว (Forehearths) อุณหภูมิจุดสุดท้ายของน้ำแก้วก่อนจะถูกตัดเป็นก้อน ป้อนเข้าสู่เครื่องขึ้นรูปอยู่ที่ 1199 °C ซึ่งการปรับแต่งอุณหภูมิของน้ำแก้วในรังกาน้ำแก้ว (Temperature Profile) สำหรับใช้กับการขึ้นรูป น้ำแก้วที่มีส่วนผสมตะกอน 3% ยังคงใช้มาตรฐานเดิมไม่เปลี่ยนแปลง ส่วนการเป่าน้ำแก้วขึ้นรูปเป็นขวดแก้วด้วยเครื่องขึ้นรูป ก็ยังคงใช้ Parameters สำหรับ Functions ต่างๆ ในเครื่องขึ้นรูปสำหรับการขึ้นรูปขวดเบียร์ 630 ml. ด้วยน้ำแก้วปกติคงเดิมไม่เปลี่ยนแปลง

หลังจากป้อนวัตถุดิบและเศษแก้ว ที่มีส่วนผสมตะกอน 3% เข้าสู่เตาหลอมเริ่มเก็บข้อมูลผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของแก้ว และผลการตรวจสอบคุณภาพของขวดแก้วรวมทั้งประสิทธิภาพการผลิต

ทั้งนี้กระบวนการตรวจสอบคุณภาพขวดแก้ว ของฝ่ายตรวจสอบคุณภาพขวดแก้วยังใช้วิธีการปฏิบัติตามปกติไม่เปลี่ยนแปลง วิธีการตรวจสอบคุณภาพมี 2 วิธีหลักคือ วิธีที่หนึ่งตรวจสอบทุกขวดบนสายการผลิตด้วยเครื่องตรวจสอบ เช่น การตรวจปากขวด เพื่อถึงขวดที่ปากกว้าง, ปากไม่เต็ม, ปาก/คอแคบ การตรวจความหนาของขวดเพื่อถึงขวดที่หนาน้อยกว่ามาตรฐาน, การตรวจ

ผิวขวด เพื่อคัดขวดที่มีเม็ดหิน หรือฟองอากาศ ขนาดใหญ่เกินมาตรฐานทิ้ง. วิธีที่สอง การตรวจสอบแบบทำลายโดยทุกๆ 8 ชั่วโมง จะสุ่มตัวอย่างขวดที่ผลิตจากทุก Moulds. Moulds ละสองตัวอย่าง, ตัวอย่างแรกนำมาทดสอบความทนต่อแรงดันภายในขวด (Internal Pressure Tester) ด้วยการอัดน้ำใส่ในขวด ซึ่งตามมาตรฐานขั้นต่ำต้องทนได้ไม่ต่ำกว่า 14 Bar g. ตัวอย่างที่สองนำไปตรวจสอบความทนต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ, ด้วยเครื่อง Thermal Shock Tester โดยนำขวดตัวอย่างแช่ในน้ำเย็นแล้วนำไปแช่ในน้ำร้อน ที่มีอุณหภูมิแตกต่างกันตามมาตรฐานที่ 48 °C ทั้งนี้ถ้าขวดแตกต้องทิ้งขวดทั้งหมด ในช่วงเวลาที่ผลิตนั้น ซึ่งผลการเก็บข้อมูลตามตารางที่ 4.7 และตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.7 ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของแก้วที่มีส่วนผสมของกาก ตะกอน 3% เป็นวัตถุดิบเทียบกับมาตรฐานโรงงาน จากเตาหลอมที่ 2 แก้วสีขาในแต่ละวัน

Descriptions	Fac.'s	Data	Data	Data	Data	Data	Data	Data
	Standard	Day 1	Day 2	Day 3	Day 4	Day 5	Day 6	Day 7
% SiO ₂	71.10 ± 0.6	71.06	71.07	71.08	71.06	71.07	71.06	71.08
% Al ₂ O ₃	2.00 ± 0.2	2.02	2.02	2.01	2.00	2.01	2.01	2.01
% Fe ₂ O ₃	0.30 ± 0.05	0.283	0.283	0.285	0.283	0.283	0.285	0.283
% CaO	10.60 ± 0.50	10.48	10.50	10.48	10.49	10.50	10.48	10.49
% MgO	2.90 ± 0.40	2.94	2.94	2.95	2.96	2.95	2.94	2.94
% Na ₂ O	12.90 ± 0.50	12.84	12.86	12.90	12.92	12.91	12.93	12.91
% K ₂ O	0.10 ± 0.10	0.19	0.18	0.19	0.17	0.18	0.19	0.18
Density (G/Cm ³)	2.52	2.52	2.52	2.52	2.52	2.52	2.52	2.52
Purity	65% Min.	72%	72%	73%	72%	72%	73%	72%

ตารางที่ 4.8 ผลการผลิตขวดแก้วจากเตาหลอมแก้วที่ 2 ที่มีส่วนผสมกากตะกอน
จากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน เป็นวัตถุดิบ 3% โดยน้ำหนัก

Day	Line & Shift	Product	Speed (BPM)	Production Efficiency %	Stone %	Internal Pressure (Bar g) Average	Thermal Shock Tested 48 °C	Remarks
		Beer Bottle 630 ml. 410 gms.	162	≥ 90	0.00	≥ 14	Passed	Fac.'s Standard
1	21/M	BRB 630 ML.	162	95.80	1.18	27	Passed	
	22/M	BRB 630 ML.	162	94.36	1.57	26	Passed	
	21/E	BRB 630 ML.	162	94.72	0.94	27	Passed	
	22/E	BRB 630 ML.	162	82.16	0.97	26	Passed	
	21/N	BRB 630 ML.	162	95.80	0.90	27	Passed	
	22/N	BRB 630 ML.	162	95.44	0.95	26	Passed	
2	21/M	BRB 630 ML.	162	93.65	1.04	26	Passed	
	22/M	BRB 630 ML.	162	88.62	1.16	26	Passed	
	21/E	BRB 630 ML.	162	95.08	0.86	26	Passed	
	22/E	BRB 630 ML.	162	85.03	0.77	27	Passed	
	21/N	BRB 630 ML.	162	94.36	1.14	26	Passed	
	22/N	BRB 630 ML.	162	94.36	0.96	26	Passed	
3	21/M	BRB 630 ML.	162	92.93	1.15	26	Passed	
	22/M	BRB 630 ML.	162	95.08	1.35	26	Passed	
	21/E	BRB 630 ML.	162	95.44	1.30	26	Passed	
	22/E	BRB 630 ML.	162	95.44	1.04	26	Passed	
	21/N	BRB 630 ML.	162	93.29	2.15	26	Passed	
	22/N	BRB 630 ML.	162	92.57	0.97	26	Passed	
4	21/M	BRB 630 ML.	162	91.85	1.03	26	Passed	
	22/M	BRB 630 ML.	162	95.44	1.07	25	Passed	
	21/E	BRB 630 ML.	162	83.60	1.19	25	Passed	
	22/E	BRB 630 ML.	162	95.44	1.30	25	Passed	
	21/N	BRB 630 ML.	162	90.78	1.45	25	Passed	
	22/N	BRB 630 ML.	162	91.49	1.54	25	Passed	
5	21/M	BRB 630 ML.	162	81.09	1.12	25	Passed	
	22/M	BRB 630 ML.	162	94.00	1.13	25	Passed	
	21/E	BRB 630 ML.	162	93.29	1.14	26	Passed	
	22/E	BRB 630 ML.	162	92.93	1.03	25	Passed	
	21/N	BRB 630 ML.	162	95.08	1.32	26	Passed	
	22/N	BRB 630 ML.	162	93.65	1.22	25	Passed	

ตารางที่ 4.8 (ต่อ)

Day	Line & Shift	Product	Speed (BPM)	Production Efficiency %	Stone %	Internal Pressure (Bar g) Average	Thermal Shock Tested 48 °C	Remarks
		Beer Bottle 630 ml. 410 gms.	162	≥ 90	0.00	≥ 14	Passed	Fac.'s Standard
6	21/M	BRB 630 ML.	162	95.44	1.04	26	Passed	
	22/M	BRB 630 ML.	162	96.16	0.91	25	Passed	
	21/E	BRB 630 ML.	162	94.72	1.13	26	Passed	
	22/E	BRB 630 ML.	162	93.29	1.18	26	Passed	
	21/N	BRB 630 ML.	162	94.72	1.45	26	Passed	
	22/N	BRB 630 ML.	162	95.08	1.20	26	Passed	
7	21/M	BRB 630 ML.	162	95.08	1.08	27	Passed	
	22/M	BRB 630 ML.	162	94.36	0.85	26	Passed	
	21/E	BRB 630 ML.	162	96.16	0.92	27	Passed	
	22/E	BRB 630 ML.	162	94.00	0.76	26	Passed	
	21/M	BRB 630 ML.	162	95.44	1.25	27	Passed	
	22/M	BRB 630 ML.	162	95.08	1.44	26	Passed	

จากข้อมูลผลการผลิตแก้ว และขวดแก้วที่มีส่วนผสมตะกอน จากบ่อแยกน้ำ-น้ำมันเป็น วัตถุประสงค์ 3% ในตารางที่ 4.7 และตารางที่ 4.8 เทียบกับมาตรฐานโรงงาน โดยมีสมมติฐานการวิจัยว่า การใช้เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด สามารถนำกากตะกอนจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมันมาใช้เป็นวัตถุประสงค์ในการผลิตขวดแก้วใหม่ได้ โดยคุณภาพและประสิทธิภาพการผลิตขวดแก้ว ไม่ต่ำกว่ามาตรฐานของโรงงานเพื่อทดสอบสมมติฐานการวิจัยนี้ว่าผลการทดลองที่ได้เป็นไปตามมาตรฐานการวิจัยที่ตั้งไว้หรือไม่โดยใช้การทดสอบสมมติฐานทางสถิติ คือ

$$H_0 : \mu = \text{มาตรฐานประสิทธิภาพการผลิตของโรงงาน} = 90\%$$

$$H_1 : \mu < \text{มาตรฐานประสิทธิภาพการผลิตของโรงงาน} = 90\%$$

สำหรับ Production Efficiency

สถิติที่ใช้ทดสอบ คือ One Sample T-Test

เป็นการทดสอบค่าเฉลี่ยของประชากรกลุ่มเดียว ทดสอบทางเดียวแบบน้อยกว่าขอบเขตการปฏิเสธ คือ $t \leq t_\alpha$ นั่นคือจะปฏิเสธ H_0 เมื่อ t ที่คำนวณได้มีค่าน้อยกว่า หรือเท่ากับ t_α จากตาราง t_α ที่ระดับนัยสำคัญ α และระดับความเป็นอิสระ $n-1$

ผลการทดสอบสถิติของประสิทธิภาพการผลิตที่ Line 2/1 ได้ค่า $t = 3.8588$ (แสดงการคำนวณในภาคผนวก ข.) ที่ระดับนัยสำคัญ = 0.05, ระดับความเป็นอิสระ = 20 จากตาราง $t_{(0.05, 20)} = 1.725$ ก็สรุปได้ว่า ค่า t ที่ได้ยอมรับ H_0

ผลการทดสอบสถิติของประสิทธิภาพการผลิตที่ Line 2/2 ได้ค่า $t = 3.8461$ (แสดงการคำนวณในภาคผนวก ข.) ที่ระดับนัยสำคัญ = 0.05, ระดับความเป็นอิสระ = 20 จากตาราง $t_{(0.05, 20)} = 1.725$ ก็สรุปได้ว่า ค่า t ที่ได้ยอมรับ H_0

ดังนั้นการใช้กากตะกอนจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน ผสมรวมไปกับวัตถุดิบและเศษแก้ว ในอัตราส่วนประมาณ 3% เพื่อผลิตขวดแก้วสีชา ไม่ทำให้ประสิทธิภาพการผลิตขวดแก้ว ต่ำกว่ามาตรฐานของโรงงาน

3. ผลการใช้น้ำมันจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน นำไปใช้ผสมกับน้ำมันเชื้อเพลิง

ตัวอย่างของน้ำมันที่สูบเก็บไว้ในถัง 200 ลิตร ทั้งหมด 10 ถัง โดยใช้ถังมาถังละ 0.5 ลิตร ผสมรวมกันในถังขนาด 5 ลิตร นำไปวิเคราะห์ส่วนผสมต่างๆ และค่าความร้อนจำเพาะ

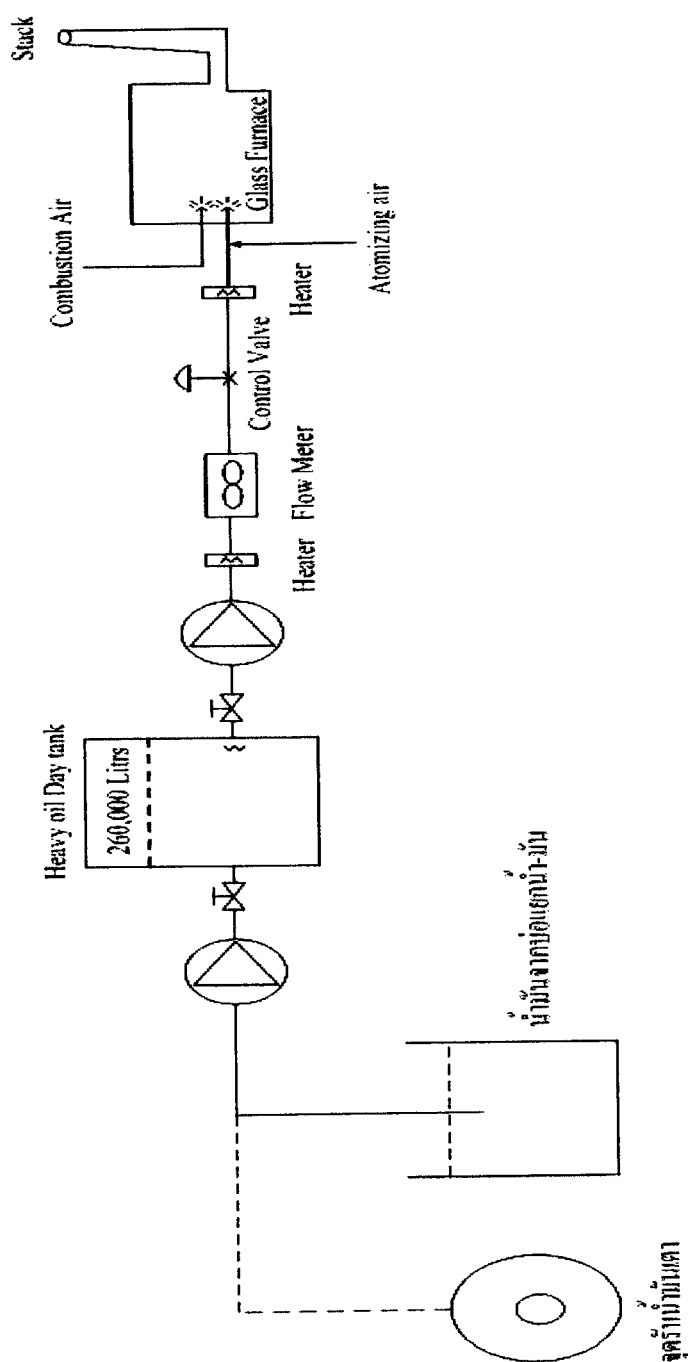
ตารางที่ 4.9 แสดงผลวิเคราะห์ส่วนประกอบ และค่าความร้อนจำเพาะของน้ำมันจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน เทียบกับน้ำมันเตากำมะถันไม่เกิน 2%

ชนิดของเชื้อเพลิง	ถพ.	ส่วนประกอบ % โดยน้ำหนัก		Gross	หมายเหตุ
	@ 30 °C	Sulphur	Ash	Heat of Combustion Kcal/Kg.	
น้ำมัน-จากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน	0.9034 ASTMD-4052-96	0.242 ASTMD-5453-00	0.368 ASTMD-482-000	10,632 ASTMD-240-92	
น้ำมันเตากำมะถัน ≤ 2%	0.9183	1.0-2.0	0.03	9,990	แหล่งข้อมูล จาก ปตท.

เตาหลอมที่ใช้ทดลองนำน้ำมันจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน ไปผสมกับน้ำมันเตากำมะถัน 2% เป็นเชื้อเพลิงในการหลอมแก้ว มีขนาดกำลังผลิต 400 ตัน/วัน. ใช้น้ำมันเตาเฉลี่ย 28,800 ลิตร/วัน ใช้ถังเก็บน้ำมันเตา เพื่อใช้ป้อนให้หัวเผาประจำวัน (Day Tank) ขนาดความจุ 260,000 ลิตร ตามปกติทางโรงงานจะควบคุมปริมาณน้ำมันเตาที่เก็บใน Day Tank ระหว่าง 50,000-200,000 ลิตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแผนการรับน้ำมันเตา ระหว่างโรงงานกับคู่ค้าน้ำมันเตาของโรงงาน ซึ่งการทดลองใช้น้ำมันจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน ในครั้งนี้ได้ดำเนินการในเช้าวันจันทร์ ซึ่งมีระดับน้ำมันเตาในถัง Day Tank ต่ำสุดที่โรงงานยอมรับได้คือที่ระดับ 50,000 ลิตร โดยสูบน้ำมันจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมันจากถัง

200 ลิตร ทั้งหมดเข้าไปใน Day Tank นี้เพื่อให้ผสมกับน้ำมันเตา 50,000 ลิตร ได้อัตราส่วน
 ประมาณน้ำมันจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน 3.5% ของส่วนผสมน้ำมันเตากับน้ำมันจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน

ภาพที่ 4.4 แสดงวิธีการใช้น้ำมันจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน ผสมกับน้ำมันเตา เป็นเชื้อเพลิงในเตาหลอมแก้ว
 โดยผสมในถัง Day-Tank แล้วใช้ระบบควบคุมอุณหภูมิ และการเผาไหม้ของเตาหลอม
 ตามปกติ



ภาพที่ 4.4 แสดง Flow diagram การนำน้ำมันจากบ่อแยกน้ำ - น้ำมัน ไปใช้งาน

น้ำมันจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน ที่เก็บรวบรวมไว้ในระยะ 4 เดือน มีปริมาณน้อยเมื่อเทียบกับขนาดการใช้เชื้อเพลิงของเตาหลอมแก้วที่ใช้ทดลอง ซึ่งปริมาณน้ำมันจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน จำนวน 1,750 ลิตร ผสมกับน้ำมันเตากำมะถัน 2% จำนวน 50,000 ลิตร ในถัง Day Tank ขนาดความจุ 260,000 ลิตรนั้นด้วยปริมาณการใช้ 1,200 ลิตร/ชั่วโมง ทำให้มีเวลาทดลองเพียงประมาณ 8 ชั่วโมงเท่านั้น ทั้งนี้เพื่อความปลอดภัยของการป้อนน้ำมันเตาเข้าหัวเผาของเตาหลอม เพราะระดับของน้ำมันใน Day Tank จะลดลงต่ำมากเกินไป เกินกว่าระดับที่จะยอมรับได้ที่ระดับ 40,000 ลิตร ดังนั้นเมื่อถึงระดับ 40,000 ลิตร ต้องเติมน้ำมันเตาเพิ่มใน Day Tank ทันที ทำให้การทดลองใช้น้ำมันจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน ผสมกับน้ำมันเตาในอัตรา 3.5% เป็นเชื้อเพลิงให้กับเตาหลอมแก้วใช้เวลาไม่

เกิน 8 ชั่วโมง ทำให้การตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ระบายออกจากปล่องควันของเตาหลอมทำได้ครั้งเดียว ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศ ที่ระบายออกจากปล่องเตาหลอม หลังจากใช้น้ำมันเตากำมะถัน 2% ที่มีส่วนผสมของน้ำมันจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน ประมาณ 3.5% แสดงดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ระบายออกจากปล่องเตาหลอม

ข้อมูลที่ตรวจ	ปล่องหรือท่อ	เตาหลอม No.2	มาตรฐาน ตามกฎหมาย
เส้นผ่าศูนย์กลาง (M)		1.52	-
อุณหภูมิ (°C)		331	-
ความเร็วลมเฉลี่ย (M/S)		16.18	-
ปริมาณลมเฉลี่ย (M /S)		45.49	-
ความชื้น (%)		10.23	-
ปริมาณความเข้มข้นฝุ่น (mg./NM ³)		134.83	< 320
ปริมาณความเข้มข้น SO ₂ (PPM)		435.84	< 950
ปริมาณความเข้มข้น NO ₂ (mg./NM ³)		41.66	< 200

4. ความคุ้มค่าของการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด ในการนำของเสียจากระบบบำบัดน้ำเสีย

ชนิดบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน (Oil-Water Separator Pit) กลับมาหมุนเวียนใช้ใหม่ในขบวนการผลิต

4.1 ผลการประเมินค่าใช้จ่ายในการกำจัดสิ่งปฏิกูล หรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน

มีประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่องการกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว พ.ศ. 2548 บังคับให้ผู้ก่อกำเนิดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว ซึ่งหมายถึงผู้ประกอบการโรงงาน ที่ก่อให้เกิด และมีสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วไว้ในครอบครอง ต้องดำเนินการตาม เพื่อป้องกัน สิ่งแวดล้อมเป็นพิษ เช่น ห้ามมิให้นำสิ่งปฏิกูล หรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วออกนอกบริเวณโรงงาน เว้นแต่ จะได้รับอนุญาตจากอธิบดีกรมโรงงานอุตสาหกรรม หรือผู้ซึ่งอธิบดีกรมโรงงานอุตสาหกรรมมอบ หมายให้นำออกไปเพื่อการจัดการด้วยวิธีการและสถานที่ตามหลักเกณฑ์ และวิธีการที่กำหนดใน ภาคผนวกที่ 4 ท้ายประกาศนี้ ต้องส่งสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วที่เป็นของเสียอันตรายให้กับ ผู้รวบรวม และขนส่งหรือผู้บำบัด และกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วเท่านั้น ต้องทำการตรวจ สอบสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว ในกรณีที่ผู้ใช้บริการของผู้อื่นในการจัดการสิ่งปฏิกูล หรือวัสดุ ที่ไม่ใช้แล้วจะต้องได้รับความเห็นชอบจากกรมโรงงานอุตสาหกรรม และต้องรับผิดชอบต่อภาระ ความรับผิด (Liability) ในกรณีสูญหาย เกิดอุบัติเหตุ การทิ้งผิดที่หรือการลักลอบทิ้ง และการรับคืน เนื่องจากข้อขัดแย้งที่ไม่เป็นไปตามสัญญาให้บริการ ระหว่างผู้ก่อกำเนิด และผู้บำบัดและกำจัดสิ่ง ปฏิกูล หรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วจนกว่าผู้บำบัด และกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วจะรับสิ่งปฏิกูล หรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วนั้นไว้ในครอบครอง

ตามประกาศฉบับดังกล่าว ของเสียจากอุปกรณ์แยกน้ำ-น้ำมัน (Oil-Water Separator Contents) ทั้งกากตะกอน และน้ำมัน ถือว่าเป็นสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว ที่มีคุณสมบัติเป็นของ เสียอันตราย ดังนั้นการส่งสิ่งปฏิกูลเหล่านี้ไปให้ผู้รับบำบัดและกำจัด จะต้องมีค่าใช้จ่ายในการ ดำเนินการซึ่งประเมินได้ดังนี้

4.1.1 ค่าบริการบำบัดหรือกำจัดกากตะกอนจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน โดยผู้บำบัดและ กำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว ค่าบำบัด รวมค่าขนส่ง 6,600 บาทต่อตัน

ดังนั้นกากตะกอน 45 ตัน ต้องเสียค่าบำบัด 297,000 บาท

4.1.2 ค่าบริการบำบัดหรือกำจัดน้ำมันจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน โดยผู้บำบัดและกำจัด สิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว ค่าบำบัด รวมค่าขนส่ง 1,200 บาทต่อตัน

ดังนั้นน้ำมัน 1,750 ลิตร ต้องเสียค่าบำบัด 2,100 บาท

∴ ผลการประเมินค่าใช้จ่ายในการกำจัดสิ่งปฏิกูล หรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วจากบ่อแยก น้ำ-น้ำมัน = 299,100 บาท

4.2 ผลการประเมินมูลค่าการใช้สิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว จากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน นำกลับมาใช้ใหม่ในแหล่งกำเนิด

4.2.1 กากตะกอนจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน นำมาฝังให้แห้งความชื้นไม่เกิน 10% ผสมไปกลับ Culletts (เศษแก้ว) เป็นวัตถุดิบในการหลอมแก้วผลิตขวดสีชาได้ การประเมินมูลค่าวัตถุดิบ เนื่องจากมีคุณสมบัติทางเคมีเหมือนเศษแก้ว จึงคำนวณมูลค่าเป็นวัตถุดิบเท่ากับเศษแก้วสีชา ที่รับซื้อจากผู้จำหน่ายภายนอกในราคาเฉลี่ย 1,500 บาทต่อตัน

ดังนั้นกากตะกอน 45 ตัน มีมูลค่าเป็นวัตถุดิบ 67,500 บาท

4.2.2 น้ำมันจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน นำไปเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงของเตาหลอมแก้ว โดยผสมรวมไปกับน้ำมันเตากำมะถัน 2% จึงคำนวณมูลค่าเป็นเชื้อเพลิงเท่ากับราคาน้ำมันเตากำมะถัน 2% ที่รับซื้อจากผู้จำหน่ายในราคาเฉลี่ย 14 บาท/ลิตร

ดังนั้นน้ำมัน 1,750 ลิตร มีมูลค่าเป็นเชื้อเพลิง 24,500 บาท

∴ ผลการประเมินมูลค่าการใช้สิ่งปฏิกูล หรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน
= 92,000 บาท

มูลค่าของการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดในการนำของเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียชนิดบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน (Oil-Water Separator Pit) กลับมาหมุนเวียนใช้ใหม่ ใบบวนการผลิตของโรงงานผลิตขวดแก้วที่ทำการวิจัย ซึ่งมีระยะเวลาในการรวบรวม 4 เดือน มีมูลค่า

= มูลค่าของกากตะกอน + มูลค่าของน้ำมัน

= 391,100 บาท

หรือ คิดเป็นมูลค่า 1,173,300 บาทต่อปี

บทที่ 5

สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นวิจัยที่กึ่งทดลอง มีการทดลองโดยการนำแนวทางเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด เข้าไปใช้ในการจัดการกับสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วที่แหล่งกำเนิด ดำเนินการนำร่องที่ บ่อแยกน้ำ-น้ำมันในระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานผลิตขวดแก้ว ในบทนี้ผู้วิจัยขอเสนอสรุปการวิจัย ตั้งแต่วัตถุประสงค์ของการวิจัย วิธีดำเนินการวิจัย ผลของการวิจัย การอภิปรายผล ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ และข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป ตามลำดับดังนี้

1. สรุปการวิจัย

เนื่องจากกากตะกอนและน้ำมันจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมันในระบบบำบัดน้ำเสีย เป็นสิ่งปฏิกูลที่มีคุณสมบัติเป็นของเสียอันตรายตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่องการกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว พ.ศ. 2548 ถ้ามีการจัดการที่ไม่ถูกต้อง เช่น การนำตะกอน ไปถมพื้นที่ จะทำให้เกิดสิ่งแวดล้อมเป็นพิษให้กับบริเวณที่นำไปถม แต่ถ้านำไปบำบัดหรือกำจัดตามแหล่งรับบำบัดกำจัดตามกฎหมายต้องเสียค่าใช้จ่ายเป็นจำนวนมาก เป็นต้นทุนของการดำเนินการผลิตของโรงงาน

1.1 วัตถุประสงค์การวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ดังนี้

1.1.1 วัตถุประสงค์ทั่วไป

เพื่อศึกษาการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด ช่วยในการนำของเสียที่เกิดจากการผลิตขวดแก้วกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ ภายในโรงงานแหล่งกำเนิด โดยไม่ต้องนำไปบำบัดหรือกำจัดภายนอก และมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

1.1.2 วัตถุประสงค์เฉพาะ

- 1) เพื่อศึกษาปริมาณตะกอนในบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน เทียบกับปริมาณการผลิตขวดแก้ว
- 2) เพื่อศึกษาการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดช่วยในการนำตะกอนจากบ่อแยกน้ำ- น้ำมันกลับมาใช้ เป็นวัตถุดิบของกระบวนการผลิตใหม่
- 3) เพื่อศึกษาปริมาณน้ำมันในบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน เทียบกับปริมาณการผลิตขวดแก้ว

4) เพื่อศึกษาการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด ในการนำน้ำมันจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมันเป็นเชื้อเพลิงในเตาหลอมแก้ว โดยผสมรวมไปกันน้ำมันเตา

5) เพื่อศึกษามูลค่าจากการใช้เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด นำตะกอนและน้ำมันกลับมาใช้ใหม่ทดแทนการนำไปบำบัด หรือกำจัดตามแหล่งรับบำบัด หรือกำจัดตามกฎหมายภายนอก

1.2 สมมติฐานการวิจัย

1.2.1 **การใช้เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด** สามารถนำตะกอนจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมันมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตขวดแก้วใหม่ได้ โดยคุณภาพของขวดแก้วยังอยู่ในมาตรฐานของโรงงาน

1.2.2 **การใช้เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด** สามารถนำน้ำมันจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมันมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในเตาหลอมแก้วได้ โดยคุณภาพของอากาศเสียที่ปล่อยออกปล่องควัน ยังไม่เกินมาตรฐานขั้นต่ำของกรมโรงงานอุตสาหกรรม

1.2.3 **การใช้เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด** สามารถลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดของเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียได้

1.3 วิธีดำเนินการวิจัย

1.3.1 **ประชากรที่ศึกษาประชากร** ที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้ คือ กากตะกอนและน้ำมัน ที่เก็บรวบรวมจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน ของระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานผลิตขวดแก้วแห่งหนึ่ง โดยใช้ระยะเวลาในการเก็บรวบรวม 4 เดือน

1.3.2 **เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย** เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย มี 4 ประเภท คือ

- 1) เครื่องวัด และเครื่องวิเคราะห์ประจำห้อง Lab ของโรงงาน
- 2) กระบวนการผลิต ขวดแก้วสีขาของโรงงาน
- 3) ระบบการรับ/จ่าย น้ำมันเตาเชื้อเพลิง และกระบวนการเผาไหม้ในเตาหลอมแก้วของโรงงาน
- 4) หน่วยงานภายนอก ที่รับตรวจวัดและวิเคราะห์น้ำมัน และคุณภาพอากาศที่ระบายออกปล่องโรงงาน

1.3.3 **การตรวจสอบคุณภาพ** ของเครื่องมือ เครื่องวัด เครื่องวิเคราะห์ประจำห้อง Lab ของโรงงาน กระบวนการผลิตขวดแก้ว และกระบวนการเผาไหม้ในเตาหลอมแก้วของโรงงาน ได้มีการตรวจสอบตามระบบคุณภาพ ISO9001:2000 ที่โรงงาน ได้รับการรับรองอยู่ ทำให้มีความตรง ความเที่ยง ความแม่นยำ ส่วนการตรวจวัดและการวิเคราะห์โดยหน่วยงานภายนอก เป็นหน่วยงานที่ทำงานด้านการตรวจวัดและวิเคราะห์ โดยมีมาตรฐานควบคุม เฉพาะทำให้มีความตรง ความเที่ยง และความแม่นยำ

1.3.4 ขั้นตอนและวิธีการศึกษา

- 1) กำหนดระยะเวลาในการรวบรวมตะกอนและน้ำมัน ที่เกิดจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน 4 เดือน
- 2) กากตะกอนที่เกิดจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน
 - (1) นำตะกอนที่ได้ไปตากและผึ่ง ให้เหลือความชื้นไม่เกิน 10% และตรวจวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี
 - (2) ประชุมหารือร่วมกับผู้บริหารฝ่ายผสมและหลอม ได้ข้อสรุปว่าใช้ตะกอนผสมไปกับวัตถุดิบและเศษแก้ว สำหรับการผลิตขวดแก้วสีชาในอัตราส่วนประมาณ 3% ของน้ำหนักวัตถุดิบและเศษแก้ว โดยป้อนผสมรวมไปกับเศษแก้ว ที่รับซื้อจากภายนอก
 - (3) กระบวนการผลิตขวดแก้วที่ใช้ศึกษาทดลอง เป็นเตาหลอมที่ 2 ของโรงงานมีขนาดกำลังการผลิต 200 ตันต่อวัน ผลิตจริง 190 ตันต่อวัน เป็นขวดแก้วสีชา ในขณะที่ทำการศึกษาดทดลองใช้ อัตราส่วนผสมของวัตถุดิบและเศษแก้วดังนี้ เป็นเศษแก้ว 70% และเป็นวัตถุดิบ (Raw Materials) 30% (Sand, Dolomite, Lime Stone, Feldspar, Soda Ash, Salt Cake, Iron oxide, Coke Dust). เศษแก้ว 70% นั้น แบ่งเป็นเศษแก้วที่เกิดขึ้นจากระบวนการผลิตของโรงงาน ที่นำกลับมาหมุนเวียนใช้ใหม่ 10% เช่น ขวดแตก ขวดที่คุณภาพไม่ได้ตามมาตรฐาน, เศษแก้วที่ยังไม่ได้ขึ้นรูปเป็นตัน อีกประเภทหนึ่ง เป็นเศษแก้วที่รับซื้อจากภายนอก นำหมุนเวียนใช้ใหม่ 60%
 - (4) กากตะกอนจะถูกป้อนเข้าเตาหลอมแก้ว โดยผสมรวมไปกับเศษแก้วที่รับซื้อจากภายนอก โดยไม่ต้องปรับปรุงเครื่องจักร และไม่ต้องเปลี่ยนแปลงสูตร Batch มีเพียงปรับเปลี่ยนขั้นตอนการเติมเศษแก้วที่รับซื้อจากภายนอกเข้าเก็บไว้ใน Silo จากเดิมที่รถบรรทุกเทท้ายที่บรรทุกเศษแก้ว จาก Suppliers ต่างๆ เทเศษแก้วใส่ Hopper ส่งเข้า Silo อย่างต่อเนื่องจนเต็ม Silo เปลี่ยนเป็นเมื่อรถบรรทุกเทท้าย จาก Suppliers ต่างๆ เทเศษแก้วใส่ Hopper 3 เที่ยว ใช้ Front Loader ตักตะกอนเต็มเทใส่ Hopper เดียวกัน 1 เที่ยว ทำเช่นนี้ติดต่อกันจนตะกอนหมด
 - (5) เมื่อวัตถุดิบและเศษแก้ว ที่มีตะกอนผสมอยู่ ถูกป้อนเข้าสู่เตาหลอม จะได้น้ำแก้วที่นำมาเป่าขึ้นรูปเป็นขวดได้ ในอีกประมาณ 24 ชั่วโมง ซึ่งกระบวนการทั้งหมด ตั้งแต่การหลอม การขึ้นรูป การตรวจสอบคุณภาพการบรรจุหีบห่อ ยังใช้วิธีการเดิมไม่เปลี่ยนแปลง
- 3) น้ำมัน ที่เกิดจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน
 - (1) สูบน้ำมันเก็บในถัง 200 ลิตร เพื่อขนถ่ายจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน ไปยังจุดใช้งาน และเก็บตัวอย่างไปวิเคราะห์ส่วนประกอบ และค่าความร้อนจำเพาะ
 - (2) เตาหลอมแก้วที่ใช้ทดลองศึกษา เป็นเตาหลอมที่ใช้ น้ำมันเตา ชนิดกำมะถัน 2% เป็นเชื้อเพลิง ผสมน้ำมันจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน กับน้ำมันเตาในถัง Day-Tank ไปใน

อัตราส่วนประมาณ 3.5% แล้วสูบน้ำมันเชื้อเพลิง จากถัง Day-Tank ไปยังระบบควบคุมการเผาไหม้ของเตาหลอม ทั้งนี้โดยไม่ต้องปรับปรุงเปลี่ยนแปลงวิธีการควบคุมการเผาไหม้แต่อย่างใด

1.3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

- 1) จำนวนอัตราการเกิดตะกอน และน้ำมันในบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน เทียบกับปริมาณน้ำเสียที่ไหลเข้าสู่ระบบ เทียบกับระยะเวลา และเทียบกับปริมาณการผลิต
- 2) ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของตะกอน และผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของเนื้อแก้วที่มีส่วนผสมของตะกอนเป็นวัตถุคิบบเทียบกับส่วนประกอบทางเคมีของเนื้อแก้วมาตรฐานของโรงงาน
- 3) วิเคราะห์ทดสอบค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการผลิตขวดแก้ว โดยใช้ตะกอนผสมไปกับวัตถุคิบบและเศษแก้ว เทียบกับค่ามาตรฐานของโรงงาน
- 4) ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบ และค่าความร้อนจำเพาะ ของน้ำมัน จากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน
- 5) ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศ ที่ระบายออกจากปล่องไอเสียของเตาหลอม ในขณะที่ใช้น้ำมัน จากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน
- 6) จำนวนมูลค่าการนำตะกอน และน้ำมันจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน กลับมาหมุนเวียนใช้ใหม่ที่แหล่งกำเนิด

1.4 ผลจากการศึกษาสรุปได้ดังนี้

1.4.1 ตะกอนที่เกิดจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน มีอัตราการเกิด 11.25 ตันต่อเดือน หรือ 0.04% ของการผลิตแก้ว หรือ 0.47 Kg. ต่อปริมาณน้ำเสีย 1 m³. น้ำมันที่เกิดจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน มีอัตราการเกิด 437.5 ลิตรต่อเดือน หรือ 15.67 ml. ต่อการผลิตแก้ว 1 ตัน หรือ 18.44 ml. ต่อน้ำเสีย 1 m³.

1.4.2 ตะกอนจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน ใช้เวลาตากและผึ่ง 3 สัปดาห์ เหลือความชื้น 10%พร้อมนำไปใช้งานการตรวจด้วยสายคาบพบเป็นผงเศษแก้วละเอียด มีคราบน้ำมันสีดำจับ มีกลิ่นเหม็น มีส่วนประกอบทางเคมี คือ SiO₂ 63.7%, Al₂O₃ 2.33%, Fe₂O₃ 1.7%, CaO 10.0%, MgO 2.37%, Na₂O 9.36%, K₂O 0.18%

1.4.3 ตะกอนที่รวบรวมได้จากระยะเวลา 4 เดือน ใช้ผสมไปกับวัตถุคิบบและเศษแก้ว ในกระบวนการผลิตขวดแก้วสีชา ที่ผลิต 190 ตันต่อวัน ในอัตรา 3% ใช้ได้ประมาณ 7 วัน ผลการใช้โดยไม่มีมีการปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตทั้งสูตร Batch การหลอมและการขึ้นรูป ได้ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของเนื้อแก้ว ยังอยู่ในมาตรฐานของโรงงาน และประสิทธิภาพการผลิตเฉลี่ย ได้ไม่ต่ำกว่ามาตรฐานของโรงงาน

1.4.4 น้ำมันจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน มีค่าความร้อนจำเพาะ 10,632 Kcal/Kg, ความถ่วงจำเพาะ 0.9034, Sulphur 0.242%, Ash 0.368% ป้อนผสมไปกับน้ำมันเตาชนิดกำมะถัน 2% ในอัตราส่วน 3.5% ในถัง Day-Tank เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในเตาหลอมแก้ว ระยะเวลาทดลอง 8 ชั่วโมง ตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ระบายออกจากปล่องได้ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่น 134.83 mg/nm³, ปริมาณความเข้มข้น SO₂ 435.84 PPM, ปริมาณความเข้มข้น NO₂ 41.66 mg/nm³.

1.4.5 มูลค่าของตะกอนทดแทน เศษแก้วสีชา 1,500 บาทต่อตัน ค่าส่งตะกอนไปกำจัด ภายนอก 6,600 บาทต่อตัน ดังนั้นเมื่อนำตะกอนมาใช้เป็นวัตถุดิบในแหล่งกำเนิดไม่ต้องส่งไปกำจัด ภายนอก ทำให้ตะกอนมีมูลค่า 8,100 บาทต่อตัน ในรอบ 4 เดือน ได้ตะกอน 45 ตัน มีมูลค่า 364,500 บาท มูลค่าน้ำมันทดแทนน้ำมันเตา 14 บาทต่อลิตร ค่าส่งน้ำมันไปกำจัดภายนอก 1,200 ต่อตัน ทำให้ในรอบ 4 เดือน ได้น้ำมัน 1,750 ลิตร ดังนั้นเมื่อนำน้ำมันมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในแหล่งกำเนิดไม่ต้องส่งไปกำจัดภายนอก ทำให้น้ำมันมีมูลค่า 26,600 บาท

2. อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาการนำเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด ไปใช้ในการจัดการกับของเสีย ที่เกิดจากการผลิตขวดแก้วกลับมาใช้ประโยชน์ ภายในโรงงานแหล่งกำเนิดใหม่ โดยไม่ต้องนำไปบำบัดหรือกำจัดภายนอกและมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ การดำเนินการดังกล่าวเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้คือ ตะกอนที่เกิดจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน สามารถนำกลับไปใช้ผสมกับวัตถุดิบและเศษแก้วของกระบวนการผลิตใหม่ได้ และน้ำมันที่เกิดจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน ก็สามารถนำไปใช้เป็นผสมกับน้ำมันเชื้อเพลิงในเตาหลอมแก้วได้ โดยผสมไปกับน้ำมันเตา ซึ่งมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์เพราะไม่ต้องลงทุนอะไร เพียงแต่ปรับเพิ่มขึ้นคอนกรีตของพนักงานที่เกี่ยวข้องเล็กน้อย สามารถลดค่าใช้จ่ายในการกำจัด และได้วัตถุดิบกับเชื้อเพลิงมาใช้ในกระบวนการผลิต

ปริมาณของตะกอนที่เกิดขึ้นมีปริมาณน้อยมากเมื่อเทียบกับปริมาณการผลิตขวดแก้ว การศึกษาครั้งนี้ได้ใช้ตะกอนจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน ผสมไปกับวัตถุดิบและเศษแก้ว ในอัตราส่วนเพียง 3% โดยน้ำหนัก ทั้งนี้เพื่อไม่ให้นำมากเกินไปจนต้องปรับสูตร Batch ใหม่ และไม่น้อยเกินไปจนเกิดความสับสนยุ่งยากในการปฏิบัติงานของพนักงานในส่วนผสม ซึ่งอัตราการใช้นี้ตะกอนที่รวบรวมได้ ใช้ได้เพียง 7 วันเท่านั้น แต่เพียงพอที่จะวิเคราะห์ทดสอบสมมุติฐานว่า เมื่อใช้ตะกอนผสมกับวัตถุดิบ และเศษแก้วในอัตราส่วน 3% คุณภาพของขวดแก้วยังคงเดิม และประสิทธิภาพการผลิตไม่ต่ำกว่ามาตรฐานของโรงงานที่กำหนดไว้ ปริมาณน้ำมันที่เกิดขึ้นก็มีปริมาณน้อยมาก เพื่อเทียบกับปริมาณการใช้น้ำมัน

เชื้อเพลิง การกำหนดอัตราส่วนผสม 3.5% เป็นอัตราส่วนสูงสุด ที่เป็นไปได้ในทางปฏิบัติแล้ว สำหรับโรงงานนี้เพื่อวัดผลคุณภาพของอากาศที่ระบายออกปล่อง ทดลองได้เพียง 8 ชั่วโมงเท่านั้น ผลการศึกษาพบว่าทั้งตะกอนและน้ำมันจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมันในระบบบำบัดน้ำเสีย ของโรงงานผลิต ผลิตภัณฑ์แก้ว มีมูลค่าสามารถนำมาหมุนเวียนใช้ใหม่ได้ที่แหล่งกำเนิด เพียงแต่เพิ่มการบริหารจัดการเท่านั้น ไม่ต้องลงทุนปรับเปลี่ยนเครื่องจักร มีประโยชน์ทั้งประหยัดทรัพยากรธรรมชาติ และลดการทำลายสิ่งแวดล้อม

ข้อจำกัดของการวิจัย

1. การวิจัยนี้ได้ทำในกระบวนการผลิตจริง ในโรงงานอุตสาหกรรมหนัก และเป็นเครื่องจักรขนาดใหญ่ ทำให้มีข้อจำกัดหลายด้านที่ต้องคำนึงถึง เช่น การกำหนดแผนงานที่ต้องสอดคล้องกับแผนการผลิตของโรงงาน การเก็บรวบรวมข้อมูลที่ต้องสอดคล้องกับการผลิต การใส่ตัวแปรต้นแล้วต้องคอยเวลาให้ได้ผลเป็นตัวแปรตาม อย่างไรก็ตามผู้วิจัยได้พิจารณาทั้งด้านความเที่ยงตรงแม่นยำด้านการวิจัย และด้านการดำเนินงานการผลิตของโรงงาน และการได้รับความร่วมมือจากผู้รับผิดชอบ ผู้ปฏิบัติงานหลายฝ่ายในโรงงาน เพื่อให้การดำเนินการทั้งสองด้านไปด้วยกันได้เป็นอย่างดี โดย พยายามกำหนดแผนงาน และดำเนินการวิจัยให้เอื้อประโยชน์กับโรงงาน และได้ข้อมูลการศึกษาวิจัยที่ถูกต้องครบถ้วน ไป และสามารถนำไปขยายผลใช้ในโอกาสต่อไปได้

2. ปริมาณตะกอน และปริมาณน้ำมันที่รวบรวมได้ ตามระยะเวลาที่ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัยมีจำนวนน้อย เมื่อเทียบกับความต้องการใช้ในการผลิตจริงของโรงงานเป็นสาเหตุให้การทดลองทำซ้ำหลายครั้ง ในหลายๆ อัตราส่วนทำได้จำกัดมาก จึงได้พิจารณาร่วมกับผู้บริหารที่รับผิดชอบเลือกอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุด อัตราส่วนเดียวเท่านั้น

แต่ข้อมูลที่ได้ ก็เป็นตัวชี้วัดได้ว่า ถ้าใช้ในอัตราส่วนนี้ หรือในอัตราส่วนที่ต่ำกว่าอัตราส่วนที่ทดลองไว้นี้ ก็จะได้ผลตามสมมุติฐานของการวิจัย เช่นกัน

3. ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

จากการดำเนินการนำเทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด ไปใช้ในการจัดการกับสิ่งปฏิกูล ที่เกิดจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของระบบบำบัดน้ำเสียในโรงงานผลิตขวดแก้ว โดยนำกลับมาหมุนเวียนใช้ใหม่ ภายในแหล่งกำเนิดได้ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่าย Variable Cost ของสินค้าได้ การวางแผนและก่อสร้างบ่อแยกน้ำ-น้ำมันที่เหมาะสม มีระบบรางน้ำที่รวบรวมน้ำเสียจาก Cullers

Scrapper ที่ป้องกันวัสดุอื่น เช่น วัสดุก่อสร้างต่างๆ ตกลงไป กากตะกอนที่ได้จะเกิดจากผงเศษแก้ว ละเอียดนำไปหมุนเวียนใช้ใหม่ได้ เพราะตะกอนที่เกิดขึ้นมีปริมาณน้อยเมื่อเทียบกับการผลิต ถ้า โรงงานมีการผลิตขวดแก้วหลายสีควรใช้เป็นวัตถุดิบของแก้วสีขา ไม่ควรใช้เป็นวัตถุดิบของการผลิต แก้วสีขาว ทั้งนี้เพราะส่วนประกอบทางเคมีของตะกอนนั้นมี Fe_2O_3 สูงมาก ส่วนน้ำมันที่เกิดจากบ่อ แยกน้ำ-น้ำมันนี้ ก็มีปริมาณน้อยเมื่อเทียบกับปริมาณการใช้น้ำมันเตา สามารถนำไปผสมใช้งานกับ น้ำมันเตาใช้เป็นเชื้อเพลิงได้

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

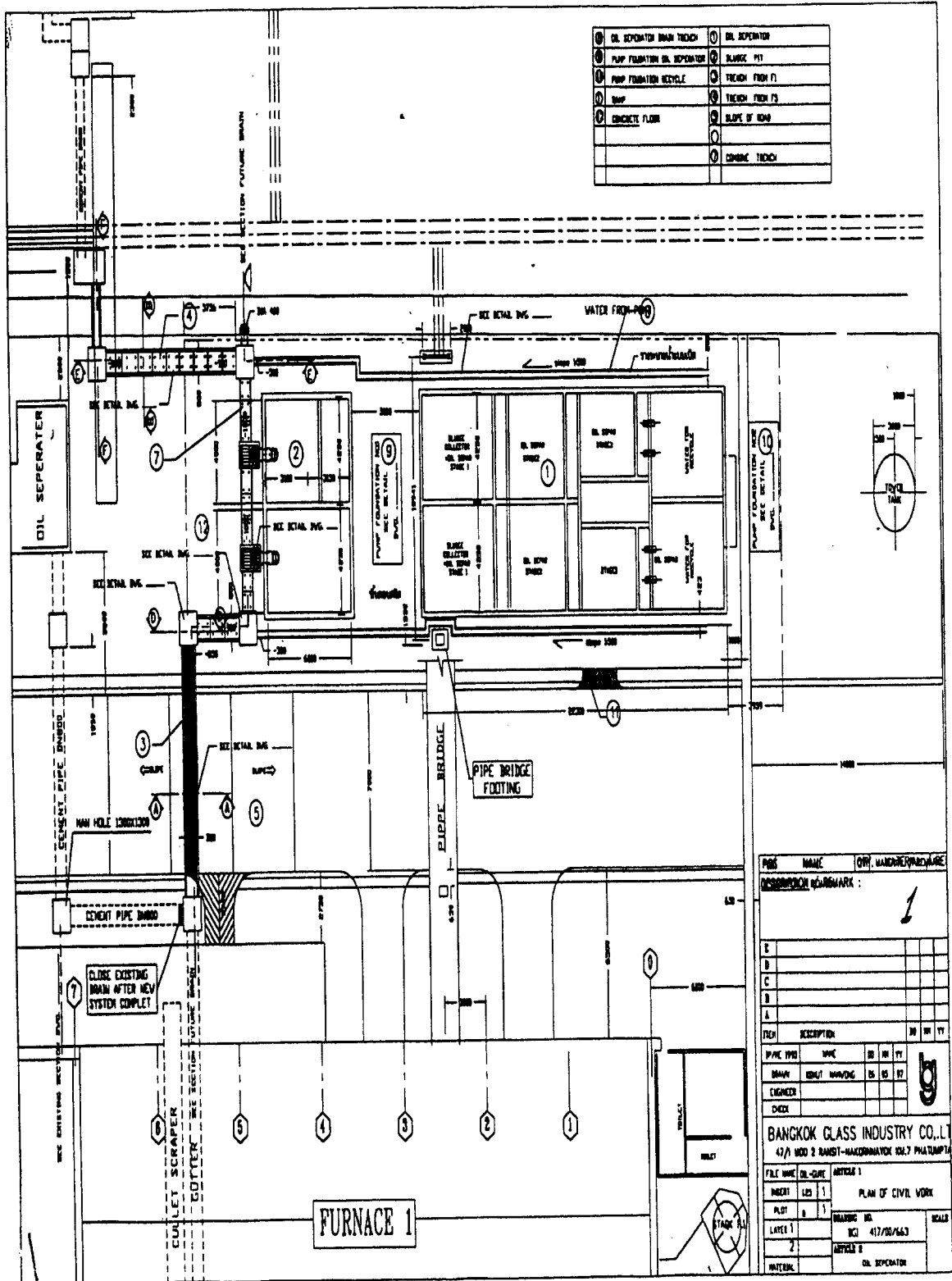
การจัดการด้านสิ่งแวดล้อมของโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อไม่ให้ไปก่อผลกระทบต่อ สิ่งแวดล้อมภายนอกโรงงานนั้นเป็นสิ่งจำเป็น เป็นเป้าหมายหลักของนโยบายสิ่งแวดล้อม และเป็น ต้นทุนของโรงงานด้วยที่ถูกสะท้อน ไปสู่ราคาสินค้าหรือบริการ ดังนั้นการดำเนินการนำเทคโนโลยี การผลิตที่สะอาด ไปประยุกต์ใช้ เพื่อการจัดการด้านสิ่งแวดล้อมของโรงงานอุตสาหกรรม จะช่วย แก้ไขปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม และลดต้นทุนการผลิตได้ ซึ่งการศึกษาวิจัยที่ผู้วิจัยได้ดำเนินการไป แล้วเป็นเพียงส่วนนำร่อง ที่ทำได้จริงยังมีกระบวนการ หรือขั้นตอนการผลิตต่างๆ ที่มีศักยภาพในการ พัฒนา ทั้งเพื่อลดต้นทุนและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้อีก

ภาคผนวก

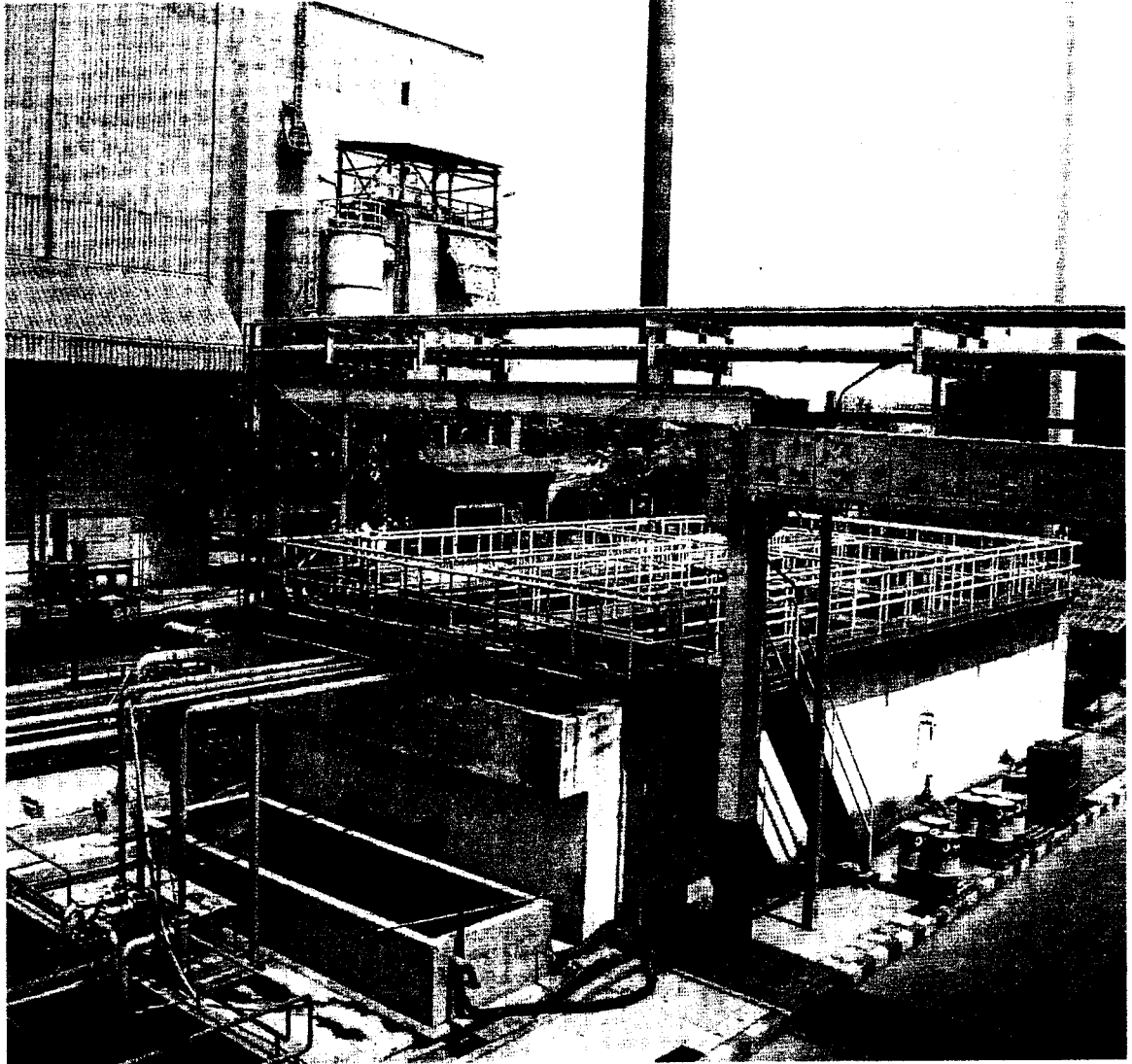
ภาคผนวก ก

ข้อมูลบ่อแยกน้ำ-น้ำมันที่ใช้เก็บรวบรวมปริมาณตะกอนและปริมาณน้ำมัน

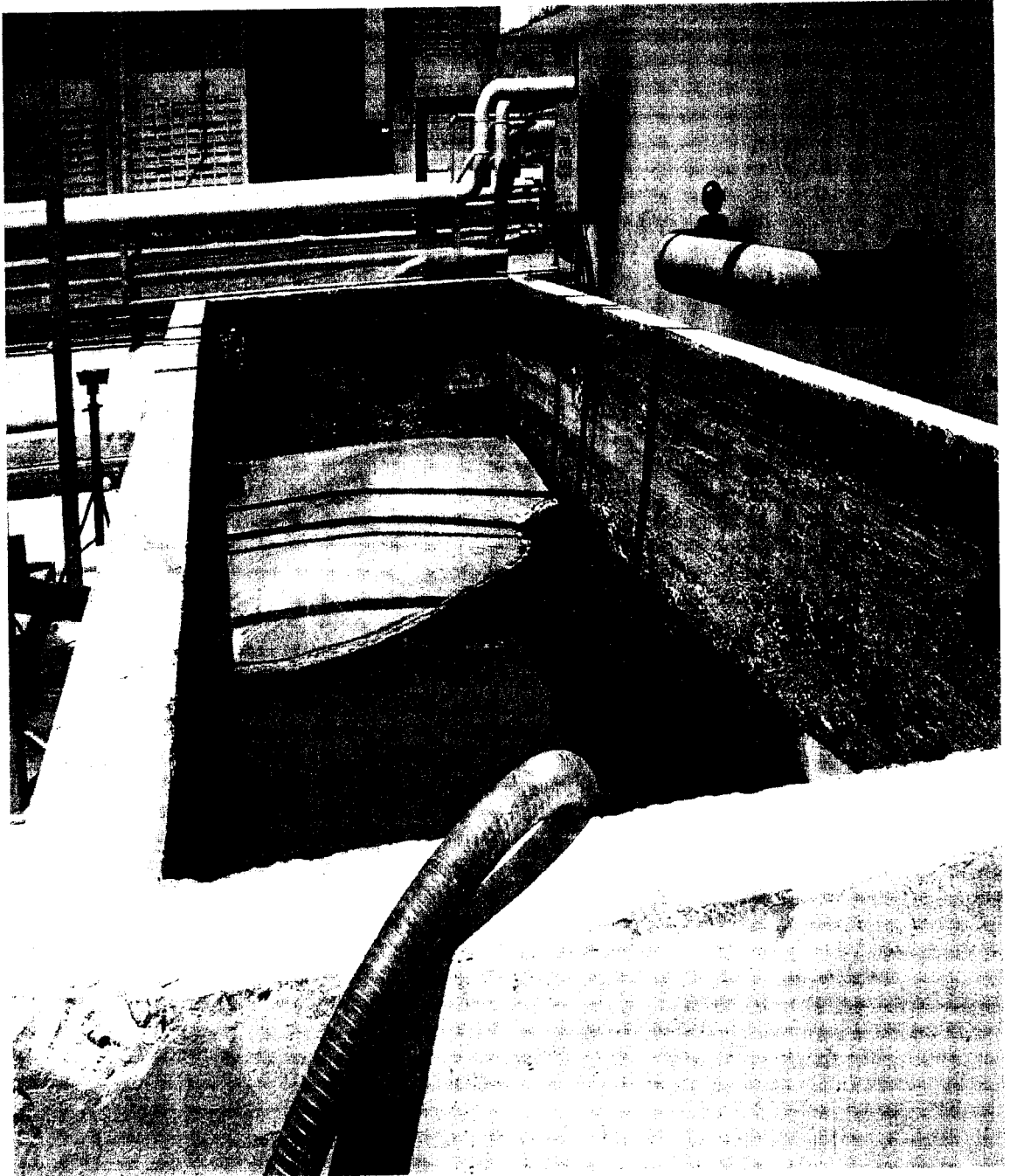
ข้อมูล : ผังบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน ที่รับน้ำเสียจากกระบวนการผลิต
 ที่ใช้เก็บรวบรวมปริมาณตะกอน และปริมาณน้ำมัน



ข้อมูล : บ่อแยกน้ำ-น้ำมัน ที่ใช้เก็บรวบรวมปริมาณตะกอน และปริมาณน้ำมัน



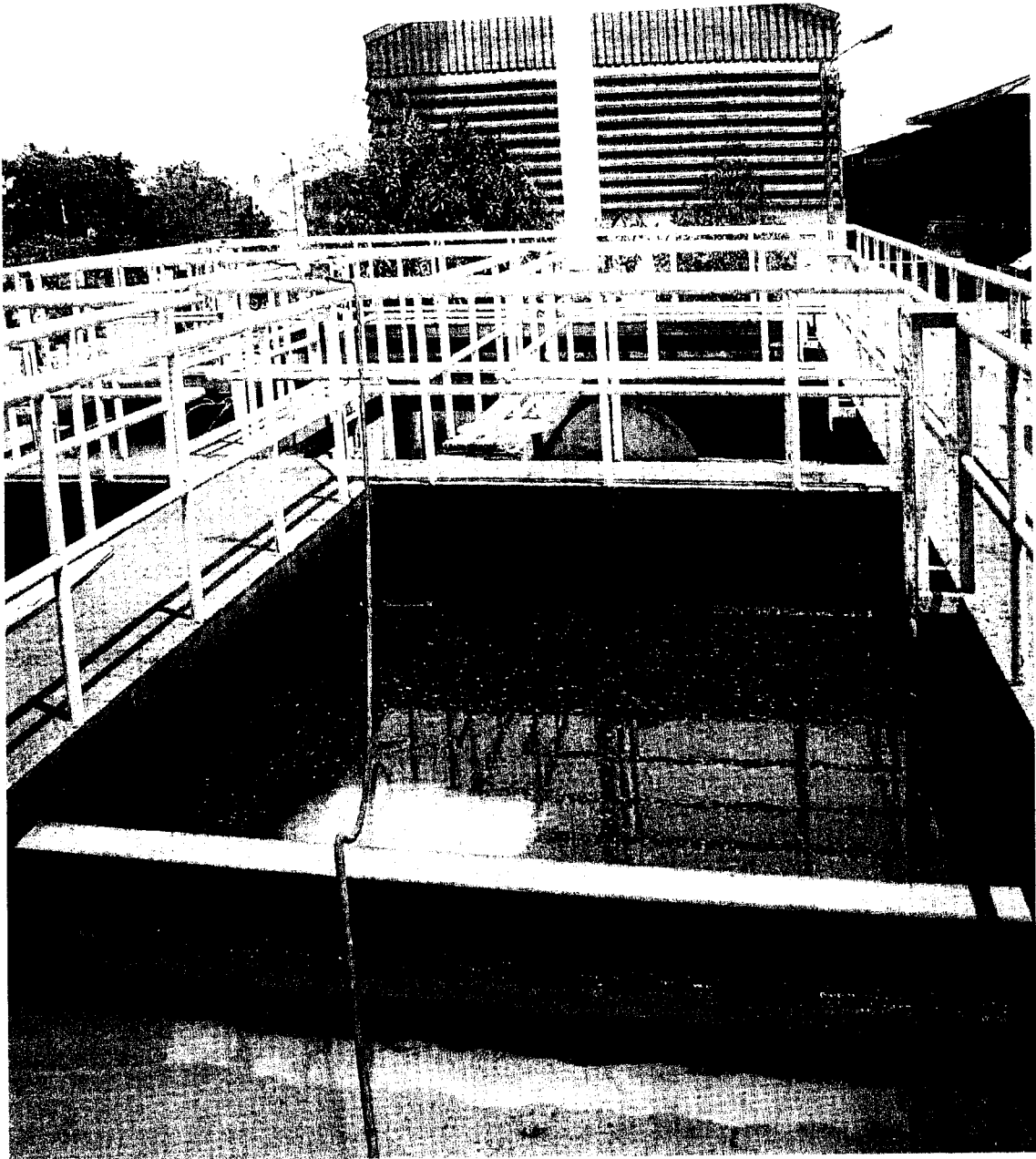
ข้อมูล : บ่อดักตะกอน



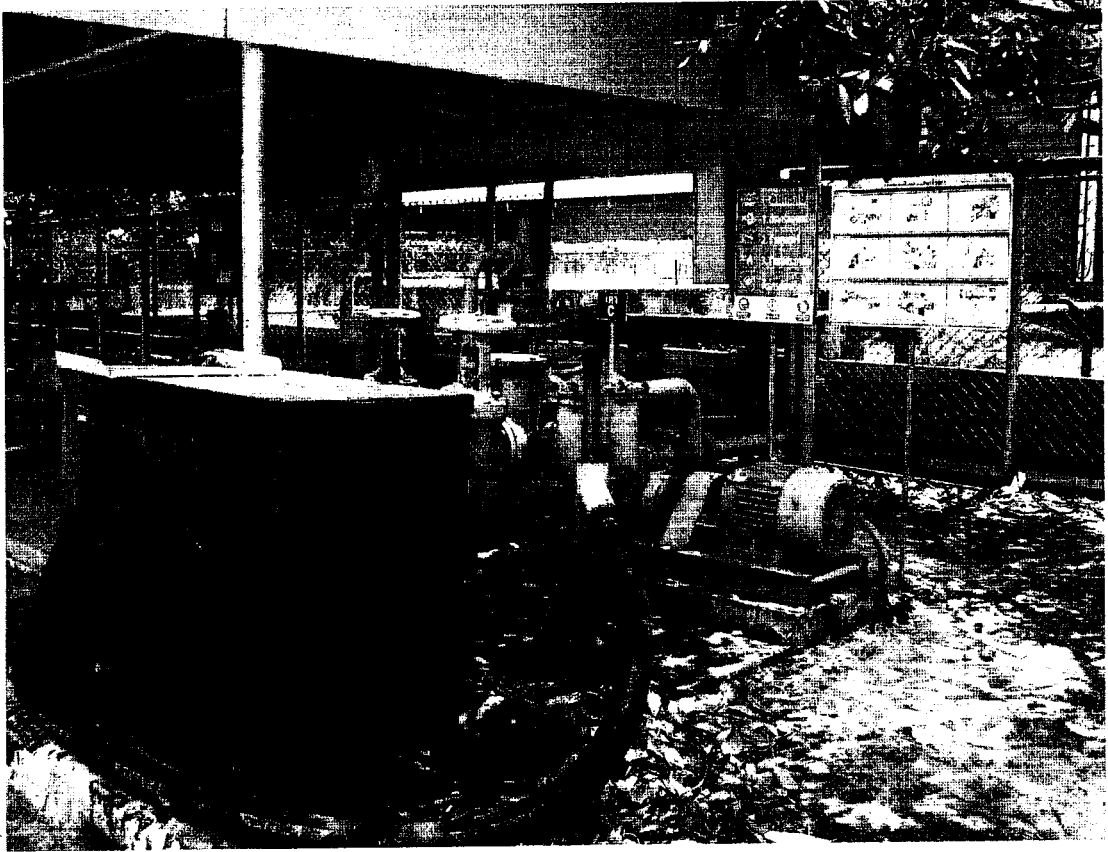
ข้อมูล : Box เก็บวัตถุบั้งตะกอน



ข้อมูล : บ่อรวบรวมปริมาณน้ำมัน



ข้อมูล : จุดป้อนน้ำมันจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน เข้าผสมกับน้ำมันเตาเชื้อเพลิง



ข้อมูล : ถังเก็บน้ำมันเตาเชื้อเพลิง



ภาคผนวก ข
ข้อมูลการทดสอบสมมุติฐานทางสถิติ

1. ทดสอบสมมติฐานการวิจัยว่าผลการทดลองนี้ทำให้ Production Efficiency ของ Line 2/1 ต่ำกว่ามาตรฐานของโรงงาน (90%) หรือไม่ โดยใช้ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

$$H_0 : \mu \geq 90$$

$$H_1 : \mu < 90$$

สถิติทดสอบ คือ

$$t = \frac{\bar{x} - \mu}{s / \sqrt{n}}$$

$$\text{เมื่อ } \bar{x} = \frac{\Sigma X}{N} = \frac{1959.04}{21} = 93.28$$

$$s = \sqrt{\frac{\Sigma (x - \bar{x})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{306.06}{20}} = 3.91$$

$$n = 21, \mu = 90$$

$$t = \frac{93.28 - 90}{3.91 / \sqrt{21}} = \frac{3.28}{0.85} = 3.8588$$

ระดับนัยสำคัญทางสถิติ $\alpha = 0.05$

ระดับขั้นของความเป็นอิสระ $df = n - 1 = 20$

จากตาราง $t_{\alpha} (0.05, 20)$ เท่ากับ 1.725 ค่า t ที่คำนวณได้เท่ากับ 3.8588 ก็สรุปได้ว่าค่า t ที่ได้ยอมรับ H_0

2. ทดสอบสมมติฐานการวิจัยว่าผลการทดลองนี้ทำให้ Production Efficiency ของ Line 2/2 ต่ำกว่ามาตรฐานของโรงงาน (90%) หรือไม่ โดยใช้ระดับนัยสำคัญ $\alpha = 0.05$

$$H_0 : \mu \geq 90$$

$$H_1 : \mu < 90$$

สถิติทดสอบ คือ $t = \frac{\bar{x} - \mu}{s / \sqrt{n}}$

$$\text{เมื่อ } \bar{x} = \frac{\Sigma X}{N} = \frac{1952.98}{21} = 93.00$$

$$s = \sqrt{\frac{\Sigma (x - \bar{x})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{254.33}{20}} = 3.57$$

$$n = 21, \mu = 90$$

$$t = \frac{93.00 - 90}{3.57 / \sqrt{21}} = \frac{3}{0.78} = 3.8461$$

จากตาราง $t_{\alpha} (0.05, 20)$ เท่ากับ 1.725 ค่า t ที่คำนวณได้เท่ากับ 3.8461 ก็สรุปได้ว่าค่า t ที่ได้ยอมรับ H_0

ดังนั้นการใช้กากตะกอนจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมันผสมเป็นวัตถุดิบในอัตราส่วนประมาณ 3% ไม่ทำให้ประสิทธิภาพการผลิตขวดแก้วต่ำกว่ามาตรฐานของโรงงาน.

ภาคผนวก ก

ข้อมูลผลวิเคราะห์น้ำมันจากบ่อแยกน้ำ-น้ำมัน


PTT PUBLIC COMPANY LIMITED

QUALITY CONTROL DIVISION, TERMINAL OPERATIONS, OIL BUSINESS
 555 ARDNARONG RD., KLONGTOEY, BANGKOK 10260, THAILAND.
 TEL. +66 (0) 2239-7148 FAX. +66 (0) 2239-7149 WWW.PTTPLC.COM

Page 1 of 1

Certificate of Analysis
Product : Used Industrial Oil

Cert. No. T-06/19976
 Sample Lab No. : LP-06/18713 Delivery Date : 25 Oct 2006
 Customer/Supplier : Bangkok Glass Co.,Ltd. Date of Test : 25 Oct 2006
 47/1 Moo 2. Rangsit-Nakornnayok Rd.,K.m.7,
 Buengyeetho,ThanyaburiPathumthani 12130
 Sample Location : ระบบบำบัดน้ำเสียชนิด Oil Separator Date of Sampling : 25 Oct 2006
 Sample Condition : Good
 Product Source : Bangkok Glass Industry Co.,Ltd

TEST ITEM	TEST METHOD	LIMIT	RESULT
1. Ash Content,%wt	ASTM D-482 -00a	Report	0.368
2. Sulphur Content,% wt.	ASTM D-5453 -00	Report	0.242
3. Specific Gravity @ 30 °C,	ASTM D-4052 -96	Report	0.9034
4. Gross Heat of Combustion,Kcal/Kg.	ASTM D-240 -92	Report	10632

Remark :

Approved by : *Witthaya* Witthaya Yungkone

Date of Issue : 21 Nov 2006

(This certificate relates only to the sample tested. Reproduction of it or any of its constituent part is not permitted without the consent of Quality Control Division manager)

ภาคผนวก ง

ข้อมูลผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ระบายออกจากปล่อง



สำนักงานบริการเทคโนโลยีสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม
 คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
 The Office of Public Health and Environmental Technology Services.
 Faculty of Public Health, Mahidol University

ผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ระบายออกจากปล่อง

ผู้ติดต่อ	บริษัท บางกอกก๊าส จำกัด
การตรวจวัด	194 ม.4 ถ.เนินไม้หอม ต.กระแสน อ.แก่ง จ.ระยอง
วันที่ทำการตรวจ	คุณภาพอากาศที่ระบายออกจากปล่อง
วันที่รายงานผล	วันที่ 27 - 28 พฤศจิกายน 2549
	วันที่ 18 ธันวาคม 2549

ผลการตรวจวิเคราะห์

ตามที่สำนักงานบริการเทคโนโลยีสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ได้รับการติดต่อจากบริษัท บางกอกก๊าส จำกัด ให้มาดำเนินการตรวจวัดคุณภาพอากาศที่ระบายออกจากปล่องนั้น สำนักงานบริการ ฯ ได้จัดตั้งเจ้าหน้าที่มาดำเนินการตรวจวัดเสร็จเรียบร้อยแล้ว เมื่อวันที่ 27 - 28 พฤศจิกายน 2549 ผลการตรวจวัดสรุปได้ดังนี้

คุณภาพอากาศที่ระบายออกจากปล่อง ตารางที่ 1 ประกอบ

- เตาหลอม NO. 1 ตรวจพบปริมาณความเข้มข้นฝุ่น = 208.17 mg/Nm³, SO₂ = 1,008.74 PPM และ NO₂ = 85.67 mg/Nm³ ทุกค่าเทียบกับมาตรฐานที่หน่วยราชการกำหนดแล้วพบว่า SO₂ ไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน
- เตาหลอม NO. 2 ตรวจพบปริมาณความเข้มข้นฝุ่น = 227.51 mg/Nm³, SO₂ = 909.94 PPM และ NO₂ = 46.86 mg/Nm³ ทุกค่าเทียบกับมาตรฐานที่หน่วยราชการกำหนดแล้วพบว่า อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน
- เตาหลอม NO. 3 ตรวจพบปริมาณความเข้มข้นฝุ่น = 180.15 mg/Nm³, SO₂ = 879.06 PPM และ NO₂ = 71.40 mg/Nm³ ทุกค่าเทียบกับมาตรฐานที่หน่วยราชการกำหนดแล้วพบว่า อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน
- เตาหลอม Reflector ตรวจพบปริมาณความเข้มข้นฝุ่น = 156.53 mg/Nm³, CO = 6.71 PPM และ NO₂ = 26.33 mg/Nm³ ทุกค่าเทียบกับมาตรฐานที่หน่วยราชการกำหนดแล้วพบว่า อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

ข้อเสนอแนะ

คุณภาพอากาศที่ระบายออกจากปล่อง ปริมาณความเข้มข้นฝุ่นและ SO₂ มีแนวโน้มสูงขึ้นจากเดิม โดยเฉพาะที่ปล่องเตาหลอม 1 SO₂ ไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ส่วน NO_x มีแนวโน้มสูงขึ้น แต่ยังคงอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ที่เตาเผาราง Reflector ฝุ่นเพิ่มค่อนข้างสูง แต่เป็นกิจกรรมที่ไม่ได้ทำอย่างต่อเนื่อง แต่ขอให้ระมัดระวังด้วย สำหรับ SO₂ เตาหลอม 1 ที่เพิ่มขึ้น เกิดจากปริมาณกำมะถันในน้ำมันเตา กับที่มีอยู่ในวัตถุดิบกับสัดส่วนในการเผาไหม้กับอากาศ จึงขอให้ควบคุมการเผาไหม้ให้ดีขึ้น

ตารางที่ 1 แสดงผลการตรวจวัดคุณภาพอากาศจากปล่องหรือท่อ
ของ บริษัท บางกอกกล๊าส จำกัด
วันที่ 27 - 28 พฤศจิกายน 2549

ข้อมูลที่ตรวจ	ปล่อง	เตาหลอม	เตาหลอม	เตาหลอม	เตาเผาไรง	มาตรฐาน*
		NO. 1	NO. 2	NO. 3	Reflector	
เส้นผ่าศูนย์กลาง	(m)	1.14	1.52x1.85	1.52x1.85	0.10	-
อุณหภูมิ	(°C)	206	325	352	387	-
ความเร็วลมเฉลี่ย	(m/s)	8.02	6.18	10.99	1.67	-
ปริมาณลมเฉลี่ย	(m ³ /s)**	8.19	17.38	30.90	1.31x10 ²	-
ความชื้น	(%)	14.89	11.34	16.56	12.71	-
ปริมาณความเข้มข้นฝุ่น	(mg/Nm ³)	208.17	227.51	180.15	156.53	240
ปริมาณความเข้มข้น SO ₂	(PPM)	1,008.74	909.94	879.06	-	950
ปริมาณความเข้มข้น NO ₂	(PPM)	85.67	46.86	71.40	26.33	200
ปริมาณความเข้มข้น CO	(PPM)	-	-	-	6.71	690

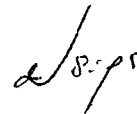
หมายเหตุ * มาตรฐานตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่องการกำหนดค่าปริมาณสารเจือปนใน
อากาศที่ระบายออกจากโรงงาน พ.ศ.2549 ลงวันที่ 31 ต.ค. 2549

** Flue Condition

N = Normal Temperature and Pressure (25° C , 760 mm Hg และ O₂ = 7%)



(รองศาสตราจารย์วิชัย พงษ์ธาราธิกุล)
ผู้วิเคราะห์และแปลผล



(รองศาสตราจารย์ ดร. ประยูร พงษ์พิศมัยกุล)
ผู้อำนวยการ

สำนักงานบริการเทคโนโลยีสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กรมโรงงานอุตสาหกรรม (กันยายน, 2544) หลักปฏิบัติเพื่อการป้องกันมลพิษ
(เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด) สำหรับอุตสาหกรรมรายสาขา
อุตสาหกรรมนมและผลิตภัณฑ์นม (นมพร้อมดื่ม)
ค้นวันที่ 14 มีนาคม 2551 จาก <http://www.diw.go.th/pic/index.asp>
- _____ (กันยายน, 2544) หลักปฏิบัติเพื่อการป้องกันมลพิษ
(เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด) สำหรับอุตสาหกรรมรายสาขาอุตสาหกรรมยางพารา
ค้นวันที่ 14 มีนาคม 2551 จาก <http://www.diw.go.th/pic/index.asp>
- _____ (เมษายน, 2545) หลักปฏิบัติเพื่อการป้องกันมลพิษ
(เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาด) สำหรับอุตสาหกรรมรายสาขา อุตสาหกรรมพืชผัก
และผลไม้บรรจุภาชนะที่ผนึก (สับปะรดกระป๋อง)
ค้นวันที่ 14 มีนาคม 2551 จาก <http://www.diw.go.th/pic/index.asp>
- _____ (2551) ข้อมูลสารมลพิษอุตสาหกรรม
ศูนย์บริการข้อมูล (PIC) สิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม
ค้นวันที่ 8 กุมภาพันธ์ 2551 จาก <http://www.diw.go.th/pic/index.html>
- จันทนา อินทปัญญา (2543) “สถิติเชิงอนุमान” ใน *ประมวลสาระชุดวิชาสถิติและระเบียบวิธีวิจัย
ในงานสาธารณสุขบัณฑิตศึกษา* หน่วยที่ 12 สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาราช หน้า 49-127
- ชนะ ภูมิ (2545) “การใช้เทคโนโลยีสะอาดเพื่อลดวัตถุอันตรายที่สูญเสียในการกระบวนการบดวัตถุดิบ
ในโรงงานปูนซีเมนต์” *วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
แขนงวิชาสาธารณสุขศาสตร์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาราช*
- สมทรง อินสว่าง (2544) “การป้องกันมลพิษและการผลิตที่สะอาด เพื่อลดของเสียและลดการใช้
น้ำในโรงงาน” ใน *ประมวลสาระชุดวิชาการจัดการคุณภาพน้ำในโรงงานอุตสาหกรรม
บัณฑิตศึกษา* หน่วยที่ 13 สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาราช หน้า 122-168
- สายรุ้ง จินตนา (2547) “การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาด ในการจัดการน้ำเสีย และหมุนเวียนกลับ
มาใช้ใหม่ในกระบวนการผลิตของบริษัทเครื่องสุขภัณฑ์” *วิทยานิพนธ์ปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต แขนงวิชาสาธารณสุขศาสตร์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์
สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาราช
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาราช* หน้า 122-168
- อรอนงค์ ทางกิตติ (2549 ?) “ปัจจัยหลักที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม”
สำนักเทคโนโลยีน้ำและการจัดการมลพิษโรงงาน

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นายโกศัย พลานนท์
วัน เดือน ปี เกิด	19 มกราคม 2502
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2525 อุดสาหกรรมศาสตรบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ลาดกระบัง พ.ศ. 2549 นิติศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช
สถานที่ทำงาน	บริษัท บางกอกกล๊าส จำกัด
ตำแหน่ง	ผู้จัดการวางแผนอุตสาหกรรม