

ศึกษาการออกแบบ ทดสอบ และปรับปรุงเครื่องดักฝุ่นแบบเปียกชนิดหอแผ่นปะทะ



นาย นิรุต ปัญญาสิทธิ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2543

ISBN 974-13-0297-5

ลิขสิทธิ์ ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- 3 ก.ย. 2546

I 2011.5039

STUDY OF DESIGN, TESTING AND DEVELOPMENT OF A PLATE TOWER WET SCRUBBER

MR. NIRUT PANYASIT

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degrees of Master of Engineering in Chemical Engineering

Department of Chemical Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2000


ISBN 974-13-0297-5

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ศึกษาการออกแบบ ทดสอบ และปรับปรุงเครื่องเก็บฝุ่นแบบเปียกชนิด หอแผ่นปะทะ
โดย	นายนิรุต ปัญญาสิทธิ์
สาขาวิชา	วิศวกรรมเคมี
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. อูรา ปานเจริญ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	นายธเนตร นราวิวัฒน์


คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

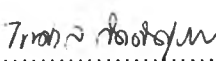

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.ปิยะสาร ประเสริฐธรรม)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร. อูรา ปานเจริญ)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(นายนายธเนตร นราวิวัฒน์)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล กิตติศุภกร)

นิรุต ปัญญาสิทธิ : ศึกษาการออกแบบทดสอบและปรับปรุงเครื่องดักฝุ่นแบบเปียกชนิดหอแผ่นปะทะ (STUDY OF DESIGN, TESTING AND DEVELOPMENT A PLATE TOWER WET SCRUBBER) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร. อูรา ปานเจริญ, อ.ที่ปรึกษาร่วม : นายธนตร นราวิวัฒน์, 154 หน้า. ISBN 974-13-0297-5

งานวิจัยนี้ เป็นการศึกษาการออกแบบ, ทดสอบ และพัฒนาเครื่องดักฝุ่นแบบเปียกชนิดหอแผ่นปะทะชนิดพ่นน้ำโดยมีความสูง 12 เมตร และพื้นที่หน้าตัดเท่ากับ 64 ตารางเมตรเครื่องดักฝุ่นนี้ทำหน้าที่กำจัดฝุ่นในแก๊สเสียที่เกิดจากการเผาไหม้ชานอ้อย ในหม้อไอน้ำแบบท่อน้ำขนาด 250 ตันไอน้ำต่อชั่วโมง

ในการทดสอบได้ทำการศึกษาอัตราส่วนน้ำต่อแก๊สเสียและช่องว่างของแผ่นปะทะมีผลต่อความดันลดของเครื่องกำจัดฝุ่น, ประสิทธิภาพรวมในการดักเก็บอนุภาคและมลสารชนิดต่างๆ ผลสรุปของงานวิจัยนี้เป็นดังนี้

1. ความดันลดของแก๊สเสียผ่าน เครื่องดักฝุ่นแบบเปียกชนิดหอแผ่นปะทะจะเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนของน้ำต่อแก๊สเสียเพิ่มขึ้นโดยความดันลดของเครื่องอยู่ในช่วง 15-140 มิลลิเมตรน้ำ สำหรับช่องว่างแผ่นปะทะเท่ากับ 24 ตารางเมตร และ 5-117 มิลลิเมตรน้ำ สำหรับช่องว่างแผ่นปะทะเท่ากับ 36 ตารางเมตร

2. ประสิทธิภาพรวมในการกำจัดอนุภาคจะเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราส่วนของน้ำต่อแก๊สเสียเพิ่มขึ้นโดยประสิทธิภาพสูงสุดของเครื่องเท่ากับ 90 % ที่อัตราส่วนน้ำต่อแก๊ส เท่ากับหรือมากกว่า 7×10^{-4} ลูกบาศก์เมตรน้ำ ต่อ ลูกบาศก์เมตรแก๊สเสีย

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี
สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี
ปีการศึกษา 2543

ลายมือชื่อนิรุต.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4071438021 :CHEMICAL ENGINEERING

KEYWORD :WET SCRUBBER /AIR POLLUTION / DUST / BOILER

NIRUT PANYASIT :STUDY OF DESIGN, TESTING AND DEVELOPMENT OF

A PLATE TOWER WET SCRUBBER . THESIS ADVISOR :

ASSOC.PROF.URA PANCHAROEN, D.Eng.Sc. THESIS CO- ADVISOR :

MR.TANATE NARAWIWAT,154 pp.ISBN 974-13-0297-5

This research is the study of design, testing and development of a plate tower wet scrubber which is 12 m. height,64 m² crosssection area . The plate tower wet scrubber function as a particles collecting in flue gas from bagasses combustion at 250 x10³ kg-steams per hour water tube boiler.

In the testing to study the water to flue gas ratio and space area of the buffer plate , that effect to pressure drop across a plate tower wet scrubber and overall collecting efficiency .The experiment results can be summarized as follows.

1.The gas pressure drop across a plate tower wet scrubber will increase when the liquid to gas ratio increase. The gas pressure drop range 15-140 mmH₂O for space area of the buffer plate is 24 m² and the gas pressure drop range 5-117 mmH₂O for space area of the buffer plate is 36 m².

2.The overall collecting efficiency will increase when the liquid to gas ratio increase and the maximum efficiency is 90 % at the water to flue gas ratio equal to 7x10⁻⁴ m³ water / m³ flue gas or more than 7 x10⁻⁴ m³ water / m³ flue gas.

Department Chemical Engineering

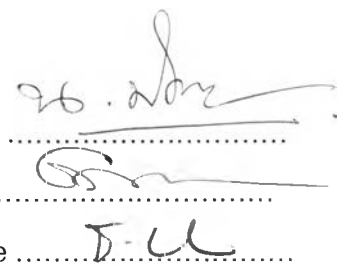
Field of study Chemical Engineering

Academic year 2000

Student's signature

Advisor's signature

Co-advisor's signature



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลงไปได้ดีด้วยความช่วยเหลือของ รศ.ดร. อูรา ปานเจริญ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ศ.ดร. ปิยะสาร ประเสริฐธรรม ประธานกรรมการ อาจารย์ ผศ.ดร.ไพศาล กิตติศุภกร และท่าน ผอ.ฉเนตร นราวิวัฒน์ ซึ่งได้สละเวลาให้คำแนะนำ แนวทางและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ในการวิจัยด้วยดีเสมอมา ผู้วิจัยขอขอบพระคุณท่านอาจารย์อย่างสูง ที่ได้ให้ความกรุณาจนงานวิจัยนี้สำเร็จลงได้

และเนื่องจากงานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนบางส่วนมาจากบัณฑิตวิทยาลัย และจากภาควิชาฯ จึงขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบคุณที่ ๆ เพื่อน ๆ นิสิตปริญญาโททุกท่าน ที่ได้ให้คำปรึกษา ช่วยเหลือ และให้กำลังใจด้วยดีมาตลอดระยะเวลาที่ศึกษา

ขอขอบพระคุณ ครูอาจารย์ทุกท่านที่มีโอกาสกล่าวถึงได้หมด ณ ที่นี้ ที่ได้ให้ความรู้ อบรมสั่งสอน จนสามารถสำเร็จการศึกษา

ท้ายสุดนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณพ่อและแม่ ที่ได้สนับสนุนการศึกษาของผู้วิจัยรวมถึงความเข้าใจและกำลังใจที่มีให้เสมอมา จนสามารถสำเร็จการศึกษา ประโยชน์และคุณค่าอันใดที่ได้รับจากวิทยานิพนธ์นี้ ขอมอบเป็นกตัญญูตราบูชาแต่พ่อและแม่ ครูอาจารย์ ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่าน

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญภาพ	ฎ
บทที่	
1.บทนำ	1
1.1 ที่มาของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
2.ทฤษฎี	
2.1อุตสาหกรรมน้ำตาล	4
2.2 การกำจัดอนุภาคมลสาร.....	7
2.2.1 ห้องตกตะกอน	8
2.2.2 เครื่องแยกด้วยแรงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal Separators)	13
2.2.3 เครื่องกรองใย (fabric filters)	21
2.2.4 เครื่องตกตะกอนไฟฟ้าสถิต	27
2.3 เครื่องล้มฝัสดหรือเครื่องเก็บแบบเปียก (Wet Scrubbers)	35
2.3.1 กลไกการดักเก็บอนุภาค	35
2.3.2 แบบของเครื่องล้มฝัสดแบบเปียก	39
2.3.3 ประสิทธิภาพของเครื่องเก็บแบบเปียก	39
2.4 การเลือกใช้อุปกรณ์กำจัดฝุ่น	44
2.4.1 การเปรียบเทียบอุปกรณ์ในการกำจัด	44
2.4.2 ข้อสรุปในการเลือกใช้อุปกรณ์การกำจัดฝุ่น	47
3.การออกแบบ	50
3.1 ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับหม้อไอน้ำ	50

3.2 เชื้อเพลิงที่ใช้	50
3.2.1 ส่วนประกอบเชื้อเพลิง	50
3.2.2 การคำนวณอัตราการป้อนเชื้อเพลิง	52
3.3 อัตราการไหลของอากาศ	52
3.3.1 อัตราการไหลของอากาศ	52
3.3.2 คุณสมบัติของอากาศ	53
3.4 การออกแบบเครื่องดักฝุ่นแบบเปียกหอแผ่นปะทะ	56
3.4.1 ลักษณะโดยทั่วไป	56
3.4.2 รายละเอียด	56
4. การทดสอบการเดินเครื่องและผลการทดสอบ	59
4.1 การทดสอบการเดินเครื่อง	59
4.1.1 การออกแบบการทดลอง	59
4.1.2 วิธีการทดลอง	60
4.2 การเก็บตัวอย่างและการตรวจวัด	61
4.3 ผลการทดสอบที่สภาวะก่อนการปรับปรุง(ช่องว่างแผ่นปะทะเท่ากับ 24 m ²)	64
4.3.1 ผลการทดลองในส่วนของคุณสมบัติการดักเก็บอนุภาค	64
4.3.2 ผลของอัตราส่วนของน้ำที่ใช้ต่อแก๊สเสียกับความดันลดของเครื่อง	65
4.3.3 ผลของประสิทธิภาพในการกำจัดมลสาร	65
4.3.4 คุณสมบัติของน้ำที่ออกจากเครื่อง.....	68
4.3.5 ผลกระทบต่อประสิทธิภาพการทำงานของหม้อไอน้ำ.....	70
4.4 การปรับปรุง	72
4.5 ผลการทดสอบที่สภาวะหลังปรับปรุง(ช่องว่างแผ่นปะทะเท่ากับ 36 m ²)	73
4.5.1 ผลการทดลองในส่วนของคุณสมบัติการดักเก็บอนุภาค	73
4.5.2 ผลของอัตราส่วนของน้ำที่ใช้ต่อแก๊สเสียกับความดันลดของเครื่อง	74
4.5.3 ผลของประสิทธิภาพในการกำจัดมลสาร	74
4.5.4 คุณสมบัติของน้ำที่ออกจากเครื่อง	77
4.5.5 ผลกระทบต่อประสิทธิภาพการทำงานของหม้อไอน้ำ	79

4.6 วิเคราะห์ผลการทดลอง	80
4.6.1 ประสิทธิภาพการกำจัดอนุภาค	80
4.6.2 ความดันลด	80
4.6.3 ประสิทธิภาพการกำจัดมลสาร	80
5. สรุปผลและข้อเสนอแนะ	83
5.1 สรุปผลการออกแบบ	83
5.2 สรุปผลการทดสอบ	83
5.2.1 สรุปผลประสิทธิภาพรวมในการเก็บอนุภาคของเครื่องเก็บฝุ่นแบบ เปียกหอแผ่นปะทะ	83
5.2.2 สรุปผลความดันลดที่เกิดจาก เครื่องเก็บฝุ่นแบบเปียกหอแผ่นปะทะ	83
5.2.3 ประสิทธิภาพในการกำจัดมลสารชนิดต่างๆของเครื่องเก็บฝุ่นแบบ เปียกหอแผ่นปะทะ	84
5.2.4 ผลกระทบต่อหม้อไอน้ำของเครื่องเก็บฝุ่นแบบเปียกหอแผ่นปะทะ	84
5.3 สรุปผลปัญหาที่เกิดขึ้นและการปรับปรุง	84
5.3.1 ปัญหาความดันลด	84
5.3.2 ปัญหาการหลุดออกของไอน้ำ	85
5.4 ข้อเสนอแนะ	85
รายการอ้างอิง	87
ภาคผนวก.....	88
ภาคผนวก ก รายละเอียดการออกแบบเครื่องดักฝุ่นแบบเปียกหอแผ่นปะทะ	89
ภาคผนวก ข ผลการทดสอบก่อนการปรับปรุง	101
ภาคผนวก ค ผลการทดสอบหลังจากปรับปรุง	104
ภาคผนวก ง การหาความเร็วและปริมาตรอัตราการไหลของก๊าซ	107
ภาคผนวก จ การหาปริมาณความเข้มข้นฝุ่นที่ระบายออกจากปล่อง	127
ภาคผนวก ฉ การตรวจวัดแก๊สชนิดต่างๆ	149
ภาคผนวก ช การตรวจวัดคุณสมบัติของน้ำ	152
ภาคผนวก ซ การตรวจวัดอัตราการไหลของน้ำ	153
ประวัติผู้วิจัย	154

สารบัญตาราง

	หน้า	
ตารางที่ 2.1	เปรียบเทียบค่าความร้อนและส่วนประกอบเชื้อเพลิง	6
ตารางที่ 2.2	การเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตไอน้ำ	7
ตารางที่ 2.3	สัมประสิทธิ์ของแรงลากที่ NRe ต่างๆ	11
ตารางที่ 2.4	ค่า K ที่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางต่างๆ ของไซโคลน	17
ตารางที่ 2.5	ประสิทธิภาพการเก็บผงเถ้าที่มีขนาดเฉลี่ยต่างๆ ของไซโคลน	21
ตารางที่ 2.6	ประสิทธิภาพและปริมาณน้ำที่ต้องการของเครื่องเก็บแบบเปียก	40
ตารางที่ 2.7	ข้อดีและข้อเสียของเครื่องกำจัดฝุ่นแบบเปียกและแบบแห้ง	46
ตารางที่ 2.8	ความดันลดและขนาดอนุภาคที่เล็กที่สุดที่สามารถกำจัดได้สำหรับสกรับเบอร์ แบบต่างๆ	47
ตารางที่ 2.9	การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายของสกรับเบอร์แต่ละแบบ	48
ตารางที่ 2.10	เปรียบเทียบปัจจัยและข้อพิจารณาต่างๆ ของเครื่องเคมีอนุภาค	48
ตารางที่ 3.1	ส่วนประกอบของชานอ้อยที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงในหม้อไอน้ำ	52
ตารางที่ 3.2	การกระจายขนาดของอนุภาคฝุ่นที่ได้จากการเผาไหม้ชานอ้อย	54
ตารางที่ 4.1	แสดงการออกแบบการทดลอง	59
ตารางที่ 4.2	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของน้ำต่อแก๊สเสียกับความรัวรอบการหมุน ของพัดลมดูดและการเปิดของ Damper ที่สภาวะก่อนปรับปรุง.....	70
ตารางที่ 4.3	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของน้ำต่อแก๊สเสียกับความรัวรอบการหมุน ของพัดลมดูดและการเปิดของ Damper ที่สภาวะหลังปรับปรุง.....	79
ตารางที่ ข-1	ผลการทดสอบที่อัตราการผลิตไอน้ำ 90-100 ตัน/ชม.....	101
ตารางที่ ข-2	ผลการทดสอบที่อัตราการผลิตไอน้ำ 150-160 ตัน/ชม.....	102
ตารางที่ ข-3	ผลการทดสอบที่อัตราการผลิตไอน้ำ 240-250 ตัน/ชม.....	103
ตารางที่ ค-1	ผลการทดสอบที่อัตราการผลิตไอน้ำ 90-100 ตัน/ชม.....	104
ตารางที่ ค-2	ผลการทดสอบที่อัตราการผลิตไอน้ำ 150-160 ตัน/ชม.....	105
ตารางที่ ค-3	ผลการทดสอบที่อัตราการผลิตไอน้ำ 240-250 ตัน/ชม.....	106
ตารางที่ ง-1	ตารางหาความเร็วลม ณ ตำแหน่งต่าง ๆ.....	115
ตารางที่ ง-2	แสดงตารางที่ใช้ปรับความแม่นยำ Pitot tube	121
ตารางที่ จ-1	ตารางบันทึกข้อมูลขณะเก็บฝุ่น	136
ตารางที่ จ-2	แสดงตารางวิเคราะห์	141

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 เส้นโค้งสมมติฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการเก็บกับเส้นผ่าศูนย์กลางอนุภาค	8
รูปที่ 2.2 ห้องตกตะกอน.....	9
รูปที่ 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิผล C_0 กับ จำนวนเรย์โนลด์ N_{Re} สำหรับทรงกลม.....	11
รูปที่ 2.4 เครื่องแยกด้วยแรงหนีศูนย์กลาง	15
รูปที่ 2.5 ประสิทธิภาพการเก็บของอนุภาคขนาดต่างๆ สำหรับไซโคลนแบบต่างๆ	18
รูปที่ 2.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของไซโคลนกับอัตราส่วนของขนาดอนุภาค ต่อขนาดตัด	18
รูปที่ 2.7 แสดงแบบของ baghouse และวิธีการแยกอนุภาคจากใยกรอง	23
รูปที่ 2.8 แสดงการไหลผ่านตัวกรอง	24
รูปที่ 2.9 เส้นโค้งแสดงการทำงานของเครื่องกรองใย	27
รูปที่ 2.10 หลักการทำงานของเครื่องตกตะกอนไฟฟ้าสถิต	29
รูปที่ 2.11 กระบวนการตกตะกอนไฟฟ้าสถิต	31
รูปที่ 2.12 การเคลื่อนที่ของอนุภาคในเครื่องทำให้ตกตะกอนให้ไฟฟ้าสถิต	32
รูปที่ 2.13 แสดงกลไกของการดักอนุภาคในเครื่องเก็บอนุภาคแบบเปียก	38
รูปที่ 2.14 เครื่องเก็บแบบเปียก	39
รูปที่ 2.15 การเก็บอนุภาคด้วยการกระทบด้วยแรงเฉื่อยและรับตรง	42
รูปที่ 2.16 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการเก็บด้วยการกระทบกับจำนวนกระทบ.....	42
รูปที่ 2.17 ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่นของอุปกรณ์แบบต่างๆกับขนาดอนุภาค.....	47
รูปที่ 3.1 ลักษณะของหม้อไอน้ำที่ศึกษา	51
รูปที่ 3.2 แผนภาพเตาเผาและระบบกำจัดฝุ่นโดยใช้ Multicyclone	55
รูปที่ 3.3 ลักษณะของเครื่องดักฝุ่นแบบหอแผ่นปะทะ	58
รูปที่ 4.1 แสดงตำแหน่งเก็บตัวอย่าง.....	61
รูปที่ 4.2 พื้นที่หน้าตัดแสดงจำนวนจุดเก็บตัวอย่างทางเข้าเครื่องกำจัด.....	62
รูปที่ 4.3 พื้นที่หน้าตัดแสดงจำนวนจุดเก็บตัวอย่างทางด้านออกเครื่องกำจัด	62

สารบัญรูป(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพรวมดักเก็บอนุภาค(แกน Y)และอัตราส่วนของเหลวต่อแก๊สเสีย(แกน X)ที่ภาวะก่อนปรับปรุง.....	64
รูปที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพรวมดักเก็บอนุภาค(แกนY)และความดันลดของเครื่องเก็บฝุ่น(แกนX)ที่ภาวะก่อนปรับปรุง.....	65
รูปที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของน้ำต่อแก๊สเสีย(แกน X)กับความดันลด(แกนY)ที่ภาวะก่อนปรับปรุง	66
รูปที่ 4.7 แสดงปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์(แกนY)กับอัตราส่วนของน้ำที่ใช้กับแก๊สเสีย (แกน X)ที่ภาวะก่อนปรับปรุง	66
รูปที่ 4.8 แสดงปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์(แกนY)กับอัตราส่วนของน้ำต่อแก๊สเสีย(แกน X)ที่ภาวะก่อนปรับปรุง	67
รูปที่ 4.9 แสดงปริมาณไนโตรเจนไดออกไซด์(แกนY)กับอัตราส่วนของน้ำที่ใช้กับแก๊สเสีย (แกนX)ที่สภาวะก่อนปรับปรุง	67
รูปที่ 4.10 แสดงความสัมพันธ์อัตราส่วนน้ำต่อแก๊สเสีย(แกนX)กับประสิทธิภาพการดักจับมลสาร(แกนY)ที่สภาวะก่อนปรับปรุง	68
รูปที่ 4.11 แสดงความสัมพันธ์อัตราส่วนของน้ำต่อแก๊สเสีย(แกนX)กับ pH ของน้ำ(แกนY)ที่ออกจากเครื่องดักฝุ่นแบบเปียกที่สภาวะก่อนปรับปรุง.....	69
รูปที่ 4.12 แสดงความสัมพันธ์อัตราส่วนของน้ำต่อแก๊สเสีย(แกนX)กับ SS น้ำ(แกนY)ที่ออกจากเครื่องดักฝุ่นที่สภาวะก่อนปรับปรุง	69
รูปที่ 4.13 แสดงแรงดันสภาวะปกติในหม้อไอน้ำขณะทำงาน	71
รูปที่ 4.14 แสดงแผ่นปะทะที่ปรับปรุงโดยการเจาะ Slot	72
รูปที่ 4.15 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพรวมดักเก็บอนุภาค(แกนY)และอัตราส่วนของเหลวต่อแก๊สเสีย(แกนX)ที่สภาวะหลังปรับปรุง.....	73
รูปที่ 4.16 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพ(แกนY)และความดันลด(แกนX)ของเครื่องเก็บฝุ่นที่สภาวะหลังปรับปรุง	74
รูปที่ 4.17 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำต่อแก๊สเสีย(แกนX)กับความดันลด(แกนY)ที่สภาวะหลังปรับปรุง	75
รูปที่ 4.18 แสดงปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์(แกนY)กับอัตราส่วนของน้ำที่ใช้กับแก๊สเสีย (แกนX)ที่สภาวะหลังปรับปรุง.....	75

สารบัญรูป(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.19 แสดงปริมาณซัลเฟอร์ไดออกไซด์(แกนY)กับอัตราส่วนของน้ำที่ใช้กับแก๊สเสีย (แกนX)ที่สภาวะหลังปรับปรุง.....	76
รูปที่ 4.20 แสดงปริมาณออกไซด์ของไนโตรเจน(แกนY)กับอัตราส่วนของน้ำที่ใช้กับแก๊สเสีย (แกนX)ที่สภาวะหลังปรับปรุง	76
รูปที่ 4.21 แสดงความสัมพันธ์อัตราส่วนน้ำต่อแก๊สเสียกับประสิทธิภาพการดักจับมลสารที่ สภาวะหลังปรับปรุง	77
รูปที่ 4.22 แสดงความสัมพันธ์อัตราส่วนของน้ำต่อแก๊สเสีย(แกนX)กับ PH ของน้ำ(แกนY)ที่ ออกจากเครื่องดักฝุ่นแบบเปียกที่สภาวะหลังปรับปรุง.....	78
รูปที่ 4.23 แสดงความสัมพันธ์อัตราส่วนของน้ำต่อแก๊สเสีย(แกนX)กับ SS ของน้ำ(แกนY)ที่ ออกจากเครื่องดักฝุ่นที่สภาวะหลังปรับปรุง.....	78
รูปที่ 4.24 เปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดอนุภาคก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง(แกนY) ที่อัตราส่วนน้ำต่อแก๊สต่างๆ (แกนX).....	81
รูปที่ 4.25 เปรียบเทียบกับความดันลดก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง(แกนY)ที่อัตราส่วนน้ำ ต่อแก๊สต่างๆ (แกนX).....	81
รูปที่ 5.1 แสดงตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ลดอุณหภูมิแก๊สเสียและอุปกรณ์แยกไอน้ำจากเครื่อง จับฝุ่นแบบเปียก.....	86
รูปที่ ก-1 ลักษณะการเชื่อมต่อกานเสาและเหล็กจากผนัง.....	89
รูปที่ ก-2 รายละเอียดเสาและคาน H-beam ภายใน	90
รูปที่ ก-3 แสดงการวางท่อน้ำ	91
รูปที่ ก-4 ภาพการวางท่อน้ำที่มองจากด้านข้าง	92
รูปที่ ก-5 ภาพ Isometric การวางท่อน้ำ	92
รูปที่ ก-6 ภาพการวางท่อน้ำที่มองจากด้านหน้า	93
รูปที่ ก-7 รายละเอียดรูปที่ทำการปล่อยน้ำสเปรย์	93
รูปที่ ก-8 ลักษณะของแผ่นปะทะและการเจาะรู	95
รูปที่ ก-9 การติดตั้งแผ่นปะทะ	96
รูปที่ ก-10 ลักษณะของแผ่นปะทะใน Wet Scrubber	97
รูปที่ ก-11 ส่วนรองรับน้ำด้านล่าง Wet Scrubber	100
รูปที่ ง-1 แสดงการติดตั้ง Pitot tube แบบ S กับ Manometer	107

สารบัญรูป(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ ง-2 แสดงคุณลักษณะต่างๆ ของ Pitot tube แบบ S	108
รูปที่ ง-3 แสดงการเปลี่ยนแปลงของ Pitot tube แบบ S ลักษณะต่าง ๆ ที่ยอมรับได้	109
รูปที่ ง-4 แสดงลักษณะของ Pitot tube แบบมาตรฐาน	112
รูปที่ ง-5 แสดงการติดตั้ง Pitot tube แบบ S เข้ากับหัวเก็บตัวอย่าง	117
รูปที่ ง-6 แสดงการติดตั้งที่วัดอุณหภูมิ กับ Pitot tube แบบ S	118
รูปที่ ง-7 แสดงระยะห่างน้อยสุดที่หัวของ Pitot tube แบบ S อยู่ห่างจากปลายท่อเก็บ ตัวอย่าง	118
รูปที่ ง-8 แสดงการติดตั้ง ที่หุ้มท่อเก็บตัวอย่างและที่หุ้มท่อเก็บตัวอย่างกับ Pitot tube ...	123
รูปที่ จ-1 แสดงชุดเก็บตัวอย่างในปล่อง	127
รูปที่ จ-2 แสดงลักษณะหัวเก็บตัวอย่าง	128
รูปที่ จ-3 การตรวจสอบการรั่วไหลของชุดวัดปริมาตร	143
รูปที่ ฉ-1 ลักษณะของ Industrial Probes	149
รูปที่ ฉ-2 ลักษณะของ Compact gas preparation/ Gas drier.....	149
รูปที่ ฉ-3 แสดงลักษณะของ The Analyser Unit	150
รูปที่ ฉ-4 แสดงลักษณะ Hand –held instrument.....	150
รูปที่ ฉ-5 แสดงลักษณะเครื่องพิมพ์	151
รูปที่ ช-1 เครื่องวัด pH	152
รูปที่ ช-1 เครื่องวัดอัตราการไหล	153