

การพัฒนาเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซ  
โดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ

DEVELOPMENT OF GAS VAPORIZER  
USING STEAM HEAT

ปิยะพล เครือรัตน์  
PIYAPON KRUERAT

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์  
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
พ.ศ.2556

KMITL-2013-ED-M-232-007

DEVELOPMENT OF GAS VAPORIZER  
USING STEAM HEAT

PIYAPON KRUERAT

A THESIS SUBMITTED IN PARTAIL FULFILLMENT  
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF  
MASTER OF SCIENCE INDUSTRIAL EDUCATION  
ELECTRONICS  
FACULTY OF INDUSTRIAL EDUCATION  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG  
2013  
KMITL-2013-ED-M-232-007

COPYRIGHT 2013

FACULTY OF INDUSTRIAL EDUCATION

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การพัฒนาเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซ โดยใช้พลังงานความร้อน  
จากไอน้ำ

Development of Gas Vaporizer Using Steam Heat

นักศึกษา

นายปิยะพล เครือรัตน์

รหัสประจำตัว

51064305

ปริญญา

ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาวิชา

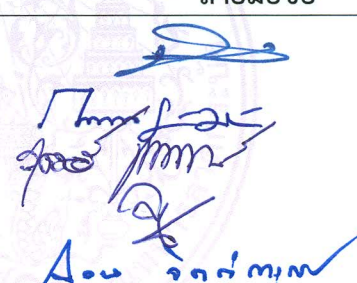
อิเล็กทรอนิกส์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

รศ.กิติพงษ์ มะโน

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

รศ.ดร.วิสุทธิ สุนทรกนกพงศ์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
รศ.พีระวุฒิ	สุวรรณจันทร์	
รศ.กิติพงษ์	มะโน	
รศ.ดร.วิสุทธิ	สุนทรกนกพงศ์	
ดร.วินัย	ใจกล้า	
รศ.ดร.กัลยาณี	จิตต์การุณย์	

วัน / เดือน / ปี ที่สอบ 18 กรกฎาคม 2555 เวลา 09.00 น. เป็นต้นไป

สถานที่สอบ ณ ห้องสมาคมศิษย์เก่าบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมรับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์)

คณบดี คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

วันที่ 1 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2555

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ
นักศึกษา	นายปิยะพล เครือรัตน์
รหัสประจำตัว	51064305
ปริญญา	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	อิเล็กทรอนิกส์
พ.ศ.	2556
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.กิติพงศ์ มะโน
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	รศ.ดร.วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์

### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนา หาคุณภาพและประสิทธิภาพของเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบไปด้วย แบบประเมินคุณภาพ 5 ด้าน คือ ด้านการใช้งาน ด้านการออกแบบ ด้านความปลอดภัย ด้านการดูแลรักษา และด้านการตรวจสอบเครื่องมือก่อนนำไปใช้งาน และแบบการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ ซึ่งตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย คือ ก๊าซเหลวที่มีใบรับรองคุณภาพ ประกอบไปด้วยก๊าซ 3 ชนิด คือ ก๊าซ MAPD ก๊าซโพรเพน ก๊าซโพรพิลีน จ่ายให้กับเครื่องมือทำการเปลี่ยนสถานะให้เป็นไอก๊าซ สถิติที่ใช้ในการวิจัย คือ การหาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของค่าความเข้มข้นของก๊าซ ซึ่งนำค่ามาเปรียบเทียบกับใบรับรองคุณภาพก๊าซ และหาค่าเฉลี่ยความผิดพลาดของเครื่องมือ โดยทำการทดสอบประสิทธิภาพทั้งหมด 50 ครั้งของก๊าซแต่ละชนิด

ผลการวิจัย พบว่าคุณภาพของเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ ที่ได้จากการผลการประเมินคุณภาพของผู้ทรงคุณวุฒิมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับดีมาก ( $\bar{x}=4.69$ ,  $S.D =0.318$ ) และผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องมือมีค่าเฉลี่ยความผิดพลาดไม่เกิน  $\pm 2\%$  ซึ่งเป็นไปตามสมมุติฐานที่ตั้งไว้

<b>Thesis Title</b>	Development of Gas Vaporizer Using Steam Heat
<b>Student</b>	Mr. Piyapon Kruerat
<b>Student ID</b>	51064305
<b>Degree</b>	Master of Industrial Education
<b>Programme</b>	Electronics
<b>Year</b>	2012
<b>Thesis Advisor</b>	Assoc. Prof. Kitipong Mano
<b>Thesis Co-Advisor</b>	Assoc. Prof. Dr. Wisuit Sunthonkanokpong

### **ABSTRACT**

The purpose of this research was to develop the quality and the efficiency of gas vaporizer using steam heat. The variable utilized in this study consisted three types as follow: 1) MAPD gas 2) Propane gas and 3) propylene gas, which would be generated to gas vaporizer using steam heat. Tool for data collection were a quality evaluation composed of: operation, Design, Safety, Maintenance, and inspection prior to operation and test: The static this utilized for data analysis were mean and standard deviation the concentration of gas value which would be comparable with the certificate and the average error of gas test 50 time error at sometimes of testing each type of gas.

The results showed that quality of gas vaporizer using steam heat which was evaluation by the experts was at the great level ( $\bar{x}=4.69$ , S.D =0.318). The efficiency of gas vaporizer using steam heat has its error not more than  $\pm 2\%$  as the specified hypothesis.

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษา รศ.กิติพงษ์ มะโน ซึ่งท่านได้เอาใจใส่ติดตามดูแลการทำงานพร้อมทั้งให้ความรู้ แนวคิด คำปรึกษาที่เป็นประโยชน์ ข้อเสนอแนะ ตลอดจนการแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จนกระทั่งทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาให้คำแนะนำเกี่ยวกับการปรับปรุงเครื่องมือในการวิจัยครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณ คุณศศิภุชงค์ แซ่อ่อง คุณจักรพัทธ์ ศรีสว่าง และคุณสมโภชน์ ตันประเสริฐ แผนกงานบำรุงรักษาเครื่องมือวัดหน่วยงานอู่แทนแครงเกอร์ บริษัทพีทีทีโพลีเอทิลีน จำกัด ซึ่งเป็นผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบประเมินคุณภาพของเครื่องมือรวมทั้งกรุณาให้คำแนะนำเกี่ยวกับเรื่องการปรับปรุงเครื่องมือในครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณ หน่วยงานบำรุงรักษาเครื่องมือวัด 4 บริษัท พีทีทีแมนแทนแนนซ์ แอนด์ เอนจิเนียริงจำกัด ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือในการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องมือในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณกลุ่มเพื่อนปริญญาโท สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกคนที่คอยเป็นกำลังใจมาโดยตลอด

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับ บิดานาย พยอม เครือรัตน์ และมารดานางอำพร เครือรัตน์ ซึ่งเป็นที่เคารพยกย่อง ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า

ปิยะพล เครือรัตน์

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญภาพ.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
1.3 สมมุติฐานการวิจัย.....	3
1.4 กรอบแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย.....	3
1.5 ขอบเขตของการวิจัย.....	4
1.6 ข้อตกลงเบื้องต้น.....	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 ทฤษฎีก๊าซธรรมชาติและการนำก๊าซมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรม.....	5
2.2 เครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซ.....	13
2.3 เครื่องมือแลกเปลี่ยนความร้อนที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม.....	17
2.4 ทฤษฎีเครื่องมือวัด Gas Chromatography .....	23
2.5 อุปกรณ์ที่ใช้ในการพัฒนาเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยใช้พลังงานความร้อนจาก ไอน้ำ.....	25
2.6 หลักการออกแบบและการพัฒนาเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยใช้พลังงานความร้อนจาก ไอน้ำ.....	29
2.7 การประเมินคุณภาพ.....	30
2.8 การหาประสิทธิภาพ.....	30
2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	31

## สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
<b>บทที่ 3</b> วิธีการดำเนินการวิจัย.....	35
3.1 ประชากรกลุ่มตัวอย่าง.....	35
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	35
3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	38
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	38
3.5 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	39
<b>บทที่ 4</b> ผลการวิจัย.....	40
4.1 ผลการหาคุณภาพของชุดเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงาน ความร้อนจากไอน้ำที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ .....	40
4.2 ผลการหาประสิทธิภาพเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงาน ความร้อนจากไอน้ำที่พัฒนาขึ้นมาใหม่.....	42
<b>บทที่ 5</b> สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ.....	52
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	52
5.2 อภิปรายผลการวิจัย.....	54
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	56
<b>บรรณานุกรม</b> .....	59
<b>ภาคผนวก</b> .....	61
<b>ประวัติผู้เขียน</b> .....	97

# สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 การผลิตและการนำเข้าก๊าซธรรมชาติของประเทศไทยปี พ.ศ. 2544-2549.....	9
2.2 ชนิดของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่ใช้ในอุตสาหกรรม.....	18
2.3 คุณสมบัติของชุดตัวตรวจวัดก๊าซของเครื่องมือวัดและวิเคราะห์ก๊าซ.....	27
2.4 การเลือก mobile phase ขึ้นอยู่กับชนิดของ detector.....	28
2.5 ขนาดของท่อสแตนเลส.....	27
2.6 ขนาดท่อสแตนเลสของบริษัท swagelok.....	28
2.7 ขนาดความหนาและคุณสมบัติท่อสแตนเลสของบริษัท swagelok.....	28
4.1 ผลการประเมินคุณภาพเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงาน ความร้อนจากไอน้ำ.....	41
4.2 ผลการหาประสิทธิภาพเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงาน ความร้อนจากไอน้ำ ครั้งที่ 1.....	43
4.3 ผลการหาประสิทธิภาพเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงาน ความร้อนจากไอน้ำ ครั้งที่ 2.....	45
4.4 ผลการหาประสิทธิภาพเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงาน ความร้อนจากไอน้ำ ครั้งที่ 3.....	47
4.5 ผลการหาประสิทธิภาพเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงาน ความร้อนจากไอน้ำ ครั้งที่ 4.....	49
4.6 สรุปผลการทดสอบการหาประสิทธิภาพของเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซ โดยใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ จำนวน 50 ครั้ง.....	51

# สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 แท่นชุดเจาะก๊าซธรรมชาติของบริษัท ปตท. จำกัด.....	6
2.2 การแยกองค์ประกอบของก๊าซธรรมชาติของบริษัท ปตท. จำกัด.....	7
2.3 เม็ดพลาสติก HDPE และผลิตภัณฑ์ท่อร้อยสาย.....	11
2.4 เม็ดพลาสติก LDPE และผลิตภัณฑ์ขวดยา ถุงน้ำเกลือ.....	11
2.5 เม็ดพลาสติก LLDPE และผลิตภัณฑ์ถุงพลาสติกใส่สิ่งของ.....	12
2.6 การผลิตก๊าซเอทิลีนของบริษัท พีทีทีโพลีเอทิลีน จำกัด .....	13
2.7 วัฏจักรของก๊าซในการเปลี่ยนสถานะด้วยวิธีต่างๆ.....	14
2.8 เครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซที่ใช้ตามปั๊มเติมก๊าซเอนจิวิให้กับรถยนต์.....	15
2.9 เครื่องมือเปลี่ยนสถานะก๊าซ Steam Heated Regulators HPR-2 Series บริษัท GO Company.....	15
2.10 เครื่องมือเปลี่ยนสถานะก๊าซ Steam Heated Regulators AVR3 Series บริษัท Parker Company.....	16
2.11 เครื่องมือแลกเปลี่ยนความร้อน ชนิดมีเปลือกหุ้มอยู่ภายนอก(Shell and Tube).....	19
2.12 เครื่องมือแลกเปลี่ยนความร้อน แบบแผ่นมีโครง (Plate and Frame).....	20
2.13 หลักการทำงานของเครื่องมือวัดและวิเคราะห์ก๊าซ.....	23
2.14 โครงสร้างชุดตัวตรวจวัดก๊าซ ชนิด Thermal Conductivity Detector.....	24
2.15 โครงสร้างชุดตัวตรวจวัดก๊าซ ชนิด Flame Ionization Detector.....	25
2.16 โครงสร้างชุดตัวตรวจวัดก๊าซ ชนิด Flame Photometric Detector.....	25
2.17 การทำงานของชุดเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซ.....	26
2.18 บอลวาล์วของบริษัท swagelok.....	29
3.1 ขั้นตอนดำเนินการพัฒนาเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้ พลังงานความร้อนจากไอน้ำ.....	37
3.2 ออกแบบเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจาก ไอน้ำที่พัฒนาขึ้นมาใหม่.....	38
3.3 ขนาดของเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจาก ไอน้ำที่พัฒนาขึ้นมาใหม่.....	39

## สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.4 มาตรฐานการวาง Tube ตามสมาคมวิศวกรเครื่องกลชาวอเมริกัน.....	40
3.5 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซ โดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำที่พัฒนาขึ้นมาใหม่.....	42

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยได้นำก๊าซธรรมชาติมาใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมอย่างแพร่หลายส่วนใหญ่นำมาใช้ในเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า และใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิต ผลิตภัณฑ์ เม็ดพลาสติกโดยโรงงานพีทีทีโพลีเอทิลีน จำกัดเป็นโรงงานที่นำก๊าซธรรมชาติมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์เคมี จำพวกผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติก ซึ่งเม็ดพลาสติกที่ทางโรงงานผลิตได้จะมี 3 ประเภทคือ เม็ดพลาสติกชนิดที่มีความหนาแน่นต่ำ เม็ดพลาสติกชนิดที่มีความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น และเม็ดพลาสติกชนิดที่มีความหนาแน่นสูง ซึ่งกระบวนการผลิตของโรงงานจะซื้อก๊าซโอเทนจากโรงแยกก๊าซธรรมชาติระยอง ของบริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) นำมาผ่านกระบวนการผลิตของโรงงานการด้วยวิธีการให้ความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 800-1000 องศาเซลเซียส ทำให้ก๊าซเกิดปฏิกิริยาทางเคมี ทำก๊าซแยกองค์ประกอบของก๊าซแต่ละชนิดออกจากกัน ทำได้ก๊าซชนิดต่างๆขึ้นมา คือก๊าซมีเทนก๊าซโอเทน ก๊าซไฮโดรเจน ก๊าซเอทิลีน ก๊าซโพรเพน ก๊าซโพรพิลีน ก๊าซซัลเฟอร์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โรงงานจะนำก๊าซเหล่านี้ไปกลั่นเพื่อแยกองค์ประกอบของก๊าซแต่ละชนิดออกจากกัน เพื่อให้ได้ก๊าซที่โรงงานต้องการคือก๊าซเอทิลีนที่บริสุทธิ์เพียงก๊าซเดียวซึ่งจะใช้เป็นสารเคมีตั้งต้นในการผลิตเม็ดพลาสติกของโรงงาน ส่วนก๊าซชนิดต่างๆที่เหลือจากกระบวนการผลิต โรงงานจะขายให้กับโรงงานในเขตนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในด้านอื่นๆต่อไปในกระบวนการผลิตก๊าซของโรงงานการวัดและการตรวจสอบค่าของก๊าซ จะใช้เครื่องมือวัดและวิเคราะห์ก๊าซที่มีชื่อว่า ก๊าซโครโมโทกราฟี (Gas chromatography) เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดและวิเคราะห์ก๊าซเพื่อแยกองค์ประกอบและหาค่าความเข้มข้นของก๊าซแต่ละชนิดในกระบวนการผลิตทางผู้ปฏิบัติงานควบคุมการผลิตในโรงงานสามารถรับรู้ได้ว่าก๊าซที่อยู่ในหน่วยการผลิตประกอบไปด้วยก๊าซชนิดใดบ้าง มีค่าความเข้มข้นของก๊าซอยู่เท่าไรโดยเครื่องมือวัดและวิเคราะห์ก๊าซชนิดนี้จะแสดงผลการวัดวิเคราะห์ก๊าซออกมาในรูปของ ตัวเลข และกราฟ จากการได้ใช้เครื่องมือวัดและวิเคราะห์ก๊าซชนิดนี้จึงรู้ว่าเครื่องมือวัดและวิเคราะห์ก๊าซชนิดนี้มีขีดจำกัดของเครื่องมือตรงที่สามารถวัดและวิเคราะห์ก๊าซได้เฉพาะก๊าซที่มีสถานะเป็นไอก๊าซเท่านั้น ไม่สามารถวัดและวิเคราะห์ก๊าซที่ก๊าซมีสถานะเป็นก๊าซเหลวหรือไอก๊าซรวมกับก๊าซเหลวได้ ทางโรงงานจึงต้องมีเครื่องมือการเปลี่ยนสถานะของก๊าซในกระบวนการผลิตเพราะก๊าซในกระบวนการผลิตของโรงงานมีทั้งก๊าซที่มีสถานะเป็นก๊าซเหลวและไอก๊าซรวมกันอยู่ ด้วยเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซที่มีชื่อเรียกว่าเปลี่ยนสถานะของเหลว (Liquid Vaporizer)

เครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซเหลว คือเครื่องมือที่ใช้สำหรับการเปลี่ยนสถานะของก๊าซจากก๊าซที่มีสถานะเป็นก๊าซเหลว ให้เปลี่ยนสถานะเป็นไอก๊าซเพื่อจ่ายก๊าซให้กับเครื่องมือวัดและ

วิเคราะห์ก๊าซเพื่อแยกองค์ประกอบและหาค่าความเข้มข้นของก๊าซแต่ละชนิดในกระบวนการผลิตของโรงงาน ปัจจุบันโรงงานใช้งานเครื่องมือวัดและวิเคราะห์ก๊าซจำนวนทั้งหมด 22 เครื่อง ใช้วัดก๊าซในหน่วยการผลิตที่เป็นก๊าซเหลว จำนวน 10 เครื่องและใช้วัดก๊าซในหน่วยการผลิตที่เป็นไอก๊าซจำนวน 12 เครื่อง จึงจำเป็นต้องสั่งซื้อเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซมาใช้งานครบตามจำนวนเครื่องมือวัดและวิเคราะห์ก๊าซทั้งหมด คือ 22 ชุด เพราะโรงงานเห็นว่าแม้ก๊าซจะอยู่ในหน่วยการผลิตที่เป็นไอก๊าซก็ตาม ยังมีโอกาสที่ก๊าซจะเปลี่ยนสถานะเป็นก๊าซเหลวได้ เพราะระยะทางของท่อก๊าซมีระยะไกลทำให้ก๊าซเกิดการเปลี่ยนสถานะของก๊าซระหว่างทางได้หรือที่เรียกกันว่า การเกิดคอนเดนเซต (Condensates) และทางโรงงานจำเป็นต้องสั่งซื้อเก็บไว้เป็นอะไหล่อีก จำนวน 5 ชุด ซึ่งในปัจจุบันทางโรงงานใช้เครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซ รุ่น HPR-2 Series Steam Heated ของ บริษัท จีโอ เร็กกูเลเตอร์ (GO Regulator Company) เว็บไซต์ <http://www.goreg.com/> ผลิตมาจากประเทศสหรัฐอเมริกาจัดว่าเป็นเครื่องมือที่มีคุณภาพดีในการใช้งานเปลี่ยนสถานะของก๊าซ

จากการใช้เครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซเหลว รุ่น HPR-2 Series Steam Heated ของ บริษัท จีโอ เร็กกูเลเตอร์ปัจจุบันพบปัญหาในด้านราคาของเครื่องมือ เนื่องจากเครื่องมือมีราคาที่สูงมาก ราคาชุดละ 50,000 บาท ทางโรงงานสั่งซื้อทั้งหมด 27 ชุด คิดเป็นจำนวนเงิน 1,350,000 บาท ของการสั่งซื้อเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซในแต่ละครั้งและโรงงานยังต้องมีค่าใช้จ่ายด้านการบำรุงรักษาเครื่องมือเพิ่มขึ้นอีกเพราะในการบำรุงรักษาเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซแต่ละครั้งจำเป็นต้องมีการเปลี่ยนอะไหล่สิ้นเปลืองชนิดต่างๆเช่น ชุดกรองสิ่งสกปรก ยางรองกันรั่ว ชุดสปริง ชุดแผ่นไดอะแฟรมซึ่งล้าแล้วแต่เป็นอุปกรณ์ที่มีราคาสูงและไม่สามารถหาซื้อได้ในประเทศไทยต้องสั่งนำเข้ามาจากต่างประเทศและในการสั่งซื้ออะไหล่แต่ละครั้งนั้นใช้ระยะเวลาที่นาน เนื่องจากโรงงานผลิตอยู่ต่างประเทศ ต้องติดต่อซื้อผ่านตัวแทนจำหน่ายเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซในประเทศไทยเป็นคนกลางในการติดต่อซื้อโรงงานไม่สามารถซื้อได้โดยตรงเพราะโรงงานต่างประเทศมีสัญญาผูกขาดการซื้อขายกับตัวแทนจำหน่ายในประเทศเท่านั้นซึ่งอย่างรวดเร็วที่สุดของการซื้ออะไหล่แต่ละครั้งจะอยู่ที่ประมาณ 45 วันนับตั้งแต่วันออกใบสั่งซื้อ ซึ่งโรงงานมีแผนที่จะต้องบำรุงรักษาเครื่องมืออยู่ทีละระยะเวลาคือ 2 เดือนทำการบำรุงรักษา 1 ครั้ง ซึ่งในการบำรุงรักษาบางครั้งโรงงานไม่มีอะไหล่เปลี่ยนหรือสั่งซื้อแล้วอะไหล่ส่งมาไม่ทันตามกำหนดเวลาจำต้องใช้อะไหล่ชุดเก่าใส่กลับคืนมีผลทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซลดลงและส่งผลให้เครื่องมือไม่มีประสิทธิภาพในการทำงาน โดยก๊าซที่ออกจากเครื่องมือมีสถานะของก๊าซมีสถานะเป็นก๊าซเหลวมรวมกับไอก๊าซ และเมื่อจ่ายเข้าเครื่องมือวัดและวิเคราะห์ก๊าซค่าก๊าซที่วัดออกมาจะได้ค่าไม่ถูกต้องส่งผลกระทบต่อารเดินเครื่องของโรงงานเนื่องจากใช้ค่าพารามิเตอร์ที่ผิดในการเดินเครื่อง ทำให้ก๊าซที่โรงงานผลิตออกมาไม่สามารถส่งขายให้กับลูกค้าได้ต้องเผาก๊าซทิ้ง นอกจากนี้ยังส่งผลทำให้เครื่องมือวัดและวิเคราะห์ก๊าซเสียหายเพราะก๊าซเหลวจะเข้าไปอุดตันตามชุดของวาล์ว ชุดของคอลัมส์ และชุดวัดและวิเคราะห์ก๊าซ ส่งผลให้โรงงานต้องมีค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเครื่องมือวัดและวิเคราะห์ก๊าซเพิ่มมากขึ้น

จากปัญหาดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะพัฒนาเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซ โดยการใช้หลักการ การแลกเปลี่ยนความร้อนด้วยพลังงานความร้อนของไอน้ำ ที่มีคุณภาพและ ประสิทธิภาพ ซึ่งจะออกแบบให้เหมาะสมและสอดคล้องกับความต้องการใช้งานจริง ซึ่งจะช่วยลด ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อเครื่องมือที่ราคาแพงจากต่างประเทศและเป็นการช่วยทดแทนการนำเข้า เครื่องมือจากต่างประเทศอีกทางหนึ่งด้วย รวมถึงการแก้ปัญหาในเรื่องการสั่งซื้ออะไหล่ที่ใช้เวลานาน เนื่องจากเครื่องมือที่สร้างขึ้น อะไหล่ต่างๆสามารถหาซื้อได้ในประเทศไทย ซึ่งจะ เป็นต้นแบบของการ พัฒนาและสร้างเครื่องมือขึ้นใช้ในประเทศต่อไปในอนาคต

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนาเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ ที่มีคุณภาพ

1.2.2 เพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อน จากไอน้ำ

## 1.3 สมมติฐานการวิจัย

1.3.1 เครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำที่สร้างขึ้นมีคุณภาพในระดับดี ( $\bar{X} \geq 3.50$ ) ขึ้นไป

1.3.2 เครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำที่สร้างขึ้นจะมีประสิทธิภาพโดยมีค่าเฉลี่ยความผิดพลาดไม่เกิน  $\pm 2\%$

## 1.4 กรอบความคิดและทฤษฎีที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยมีแนวความคิดที่จะพัฒนาเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ โดยได้นำกรอบแนวคิดของ วัลลภ จันทร์ตระกูล (2530:25-45, 2552:27) มาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อน จากไอน้ำซึ่งมีขั้นตอน ดังนี้

1.4.1 กำหนดจุดมุ่งหมายในการนำเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำไปใช้งานในการเปลี่ยนสถานะของก๊าซ จากก๊าซที่มีสถานะเป็นก๊าซเหลวให้เปลี่ยนสถานะเป็นไอก๊าซ เพื่อจ่ายให้เครื่องมือวัดและวิเคราะห์ก๊าซ วัดหาค่าองค์ประกอบและค่าความเข้มข้นของก๊าซในกระบวนการการผลิตของโรงงาน

1.4.2 วิเคราะห์และตัดสินใจเลือกชิ้นส่วนประกอบ

1.4.3 เขียนแบบและออกแบบเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ

1.4.4 ทดลองนำเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ ไปใช้งานในโรงงาน โดยใช้เปลี่ยนสถานะของก๊าซตัวอย่างที่มีสถานะเป็นก๊าซเหลว

1.4.5 ปรับปรุงเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ

1.4.6 หาประสิทธิภาพของเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ

## 1.5 ขอบเขตของการวิจัย

### 1.5.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.5.1.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ ก๊าซตัวอย่าง 3 ชนิด ได้แก่ ก๊าซเอเอ็มเอพีดี ก๊าซโพเพน ก๊าซโพพิลีน ที่มีสถานะเป็นก๊าซเหลวตามหนังสือรับรองคุณภาพของก๊าซจากโรงงานผู้ผลิตก๊าซ

1.5.1.2 กลุ่มตัวอย่างที่จะนำมาใช้ในการวิจัยครั้งคือ ก๊าซตัวอย่าง 3 ชนิด ได้แก่ ก๊าซเอเอ็มเอพีดี ก๊าซโพเพน ก๊าซโพพิลีน ที่มีสถานะเป็นก๊าซเหลวซึ่งก๊าซมีแรงดันคงที่เท่ากับ  $1 \text{ kg/cm}^2$  นำมาใช้งานในระยะเวลา 2 ชั่วโมง โดยทำการทดสอบจำนวน 50 ครั้ง

### 1.5.2 ตัวแปรที่ศึกษา

1.5.2.1 ตัวแปรต้น คือ

1. เครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ

1.5.2.2 ตัวแปรตามคือ

1. คุณภาพของเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ

2. ประสิทธิภาพของเครื่องมือสถานะของก๊าซโดยใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ

## 1.6 ข้อตกลงเบื้องต้น

เครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ จะไม่นำเรื่องการอุดหนุนของเครื่องมือเข้ามาพิจารณา

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยมีรายละเอียดดังนี้

- 2.1 ทฤษฎีก๊าซธรรมชาติและการนำมาก๊าซมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรม
- 2.2 เครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซ
- 2.3 เครื่องมือแลกเปลี่ยนความร้อนที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมก๊าซ
- 2.4 ทฤษฎีเครื่องมือวัดและวิเคราะห์ก๊าซ
- 2.5 อุปกรณ์ที่ใช้ในการพัฒนาเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ
- 2.6 หลักการการออกแบบและการพัฒนาเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ
- 2.7 การประเมินคุณภาพ
- 2.8 การหาประสิทธิภาพ
- 2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 ทฤษฎีก๊าซธรรมชาติและการนำมาก๊าซมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรม

ก๊าซธรรมชาติ (Natural Gas) คือ เชื้อเพลิงประเภทฟอสซิล ซึ่งพบได้ในแอ่งใต้พื้นดินหรืออาจพบร่วมกับน้ำมันดิบ ก๊าซธรรมชาติเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ซึ่งประกอบด้วยธาตุคาร์บอน (C) กับธาตุไฮโดรเจน ( $H_2$ ) จับตัวกันเป็นโมเลกุลโดยเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ จากการทับถมของซากสิ่งมีชีวิตตามชั้นหิน ดินและทราย ในทะเลหลายร้อยล้านปี เช่นเดียวกับน้ำมันและเนื่องจากความร้อนและความกดดันของโลกจึงแปรสภาพเป็นก๊าซคุณสมบัติของก๊าซธรรมชาติไม่มีสี ไม่มีกลิ่นโดยมีส่วนประกอบด้วยก๊าซหลายประเภทรวมอยู่ด้วยกัน อาทิ ก๊าซมีเทน ก๊าซอีเทน ก๊าซโพรเพน ก๊าซบิวเทน เป็นต้น โดยทั่วไปก๊าซธรรมชาติจะมีก๊าซมีเทน เป็นส่วนประกอบหลัก ประมาณร้อยละ 70 ของก๊าซที่ขุดเจาะได้ ภาพที่ 2.1 เป็นแท่นขุดเจาะก๊าซในเขตอ่าวไทย



ภาพที่ 2.1 แท่นขุดเจาะก๊าซธรรมชาติของบริษัท ปตท. จำกัด

ที่มา : <http://www.pttplc.com>

### 2.1.1 คุณสมบัติของก๊าซธรรมชาติ

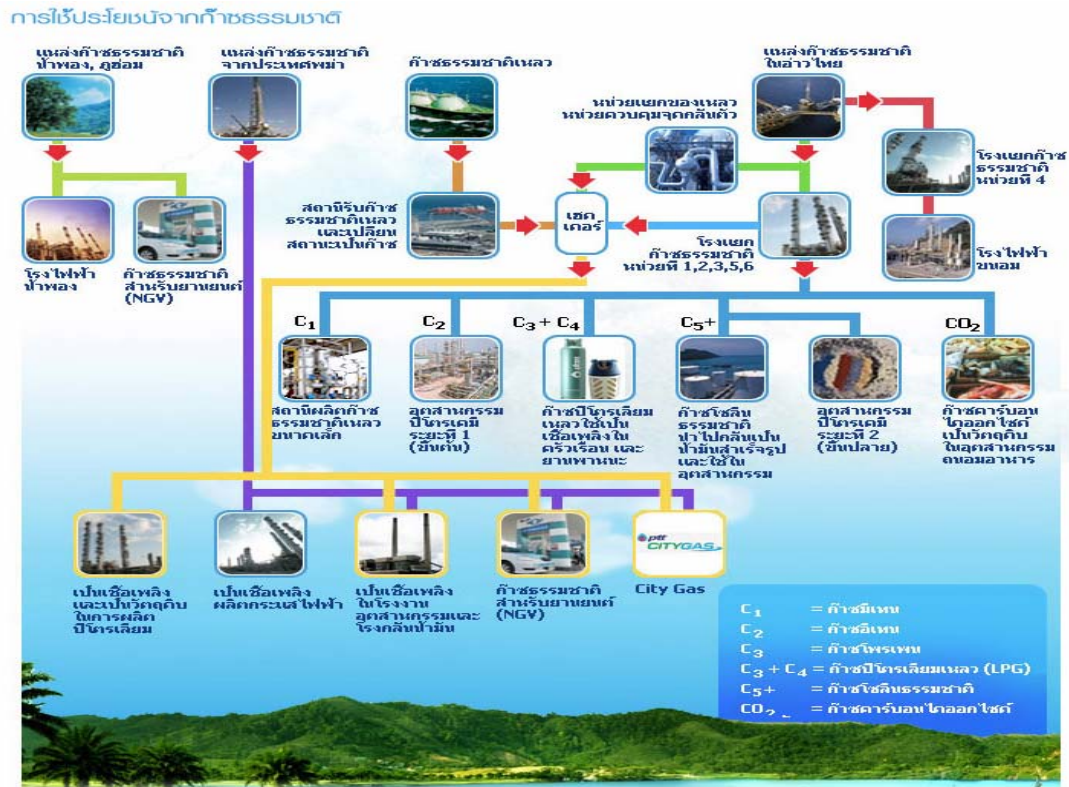
2.1.1.1 มีสถานะเป็นก๊าซไม่มีสีไม่มีกลิ่นติดไฟได้โดยมีช่วงติดไฟที่ 5-15% ของปริมาตรในอากาศและอุณหภูมิที่สามารถติดไฟได้เองคือ 537-540 องศาเซลเซียส

2.1.1.2 มีคุณสมบัติเบากว่าอากาศเมื่อรั่วไหลจะลอยขึ้นที่สูงและละลายไปกับอากาศจึงมีความปลอดภัยสูง

2.1.1.3 เป็นเชื้อเพลิงที่มีการเผาไหม้สมบูรณ์สะอาดปราศจากเขม่าเมื่อเผาไหม้จะก่อให้เกิดสารไนโตรเจนออกไซด์และซัลเฟอร์ออกไซด์น้อยกว่าเชื้อเพลิงประเภทอื่น

### 2.1.2 องค์ประกอบของก๊าซธรรมชาติ

องค์ประกอบของก๊าซธรรมชาติประกอบด้วยก๊าซชนิดต่างหลายชนิดรวมกันอยู่ซึ่งประกอบไปด้วย มีเทน( $\text{CH}_4$ ),อีเทน( $\text{C}_2\text{H}_6$ ),คาร์บอนไดออกไซด์( $\text{CO}_2$ ), โพรเพน( $\text{C}_3\text{H}_8$ ), บิวเทน( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ),ไนโตรเจน( $\text{N}_2$ ), ฯลฯ แต่ที่พบมากคือก๊าซมีเทนเป็นส่วนใหญ่ ก๊าซจำพวกนี้เป็นสารไฮโดรคาร์บอน เมื่อนำมาใช้ต้องแยกก๊าซออกจากกันก่อนจึงจะใช้ประโยชน์ได้เต็มที่ นอกจากสารไฮโดรคาร์บอนแล้วก๊าซธรรมชาติยังอาจประกอบด้วยก๊าซอื่นๆ อาทิ คาร์บอนไดออกไซด์( $\text{CO}_2$ ), ไฮโดรเจนซัลไฟด์( $\text{H}_2\text{S}$ ), ไนโตรเจน( $\text{N}_2$ ),และน้ำ( $\text{H}_2\text{O}$ ), เป็นต้น สารประกอบเหล่านี้สามารถแยกออกจากกันได้โดยนำมาผ่านกระบวนการแยกที่โรงแยกก๊าซธรรมชาติซึ่งก๊าซที่ได้แต่ละตัวนำไปใช้ประโยชน์ต่อเนื่องได้อีกมากมาย สามารถสรุปขั้นตอนการนำก๊าซธรรมชาติมาใช้งานได้ ดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 แผนผังลำดับการแยกองค์ประกอบของก๊าซธรรมชาติของบริษัท ปตท.

ที่มา : <http://www.pttplc.com>

### 2.1.3 การแยกก๊าซธรรมชาติ

การแยกก๊าซธรรมชาติคือ การแยกสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ซึ่งมีการปะปนกันหลายชนิดตามแหล่งธรรมชาติที่ถูกขุดพบ โดยจะทำการแยกออกจากก๊าซธรรมชาติ เพื่อให้ได้ก๊าซออกมาแต่ละตัว ก๊าซ และจะนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ตามคุณสมบัติและคุณค่าของก๊าซนั้นๆ ได้แก่ ใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้าใช้ในโรงอุตสาหกรรมบางประเภท เช่น อุตสาหกรรมผลิตกระแสไฟฟ้า อุตสาหกรรมผลิตไอน้ำ อุตสาหกรรมปิโตรเคมี อุตสาหกรรมทำกระจก อุตสาหกรรมเซรามิก และอุตสาหกรรมสุกัณฑ์ เป็นต้น และเมื่อนำไปอัดใส่ถังด้วยความดันสูงก็นำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับรถยนต์ได้ เรียกว่าก๊าซธรรมชาติสำหรับรถยนต์ เอ็นจีวี (NGV : Natural Gas Vehicles )

ก๊าซธรรมชาติ เมื่อผ่านกระบวนการแยกที่โรงแยกก๊าซแล้ว จะได้ผลิตภัณฑ์ต่างๆ ดังนี้

1. ก๊าซมีเทน ใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรมและนำไปอัดใส่ถังด้วยความดันสูง เรียกว่า ก๊าซธรรมชาติอัด สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงในรถยนต์
2. ก๊าซอีเทน ใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้น สามารถนำไปใช้ผลิตเม็ดพลาสติก เส้นใยพลาสติกชนิดต่างๆ เพื่อนำไปใช้แปรรูปต่อไป

3. ก๊าซโพรเพนและก๊าซบิวเทน ก๊าซโพรเพนใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีขั้นต้นได้ เช่นเดียวกับก๊าซอีเทน และหากนำเอาก๊าซโพรเพนกับก๊าซบิวเทนมาผสมกัน อัดใส่ถังเป็นก๊าซปิโตรเลียมเหลวแอลพีจี (LPG: Liquefied Petroleum Gas) หรือเรียกว่าก๊าซหุงต้ม สามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในครัวเรือน เป็นเชื้อเพลิงสำหรับยานยนต์ ใช้ในการเชื่อมโลหะ รวมทั้งยังนำไปใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมบางประเภทได้อีกด้วย

4. ไฮโดรคาร์บอนเหลว (heavier hydrocarbon) จะอยู่ในสถานะที่เป็นของเหลวที่อุณหภูมิและความดันบรรยากาศเมื่อสูบขึ้นมาถึงปากบ่อนแท่นผลิต สามารถแยกจากไฮโดรคาร์บอนที่สถานะเป็นก๊าซบนแท่นผลิต เรียกว่า คอนเดนเสท (Condensate) สามารถลำเลียงขนส่งโดยทางเรือหรือทางท่อเพื่อนำไปกลั่นเป็นน้ำมันสำเร็จรูปต่อไป

5. ก๊าซโซลีนธรรมชาติ แม้ว่าจะมีการแยกคอนเดนเสทออกเมื่อทำการผลิตขึ้นมาถึงปากบ่อนแท่นผลิตแล้ว แต่ก็ยังมีไฮโดรคาร์บอนเหลวบางส่วนหลุดไปกับไฮโดรคาร์บอนเหลวบางส่วนหลุดไปกับไฮโดรคาร์บอนที่มีสถานะเป็นก๊าซเมื่อผ่านกระบวนการแยกจากโรงแยกก๊าซธรรมชาติแล้ว ไฮโดรคาร์บอนเหลวนี้ก็จะถูกแยกออก เรียกว่า ก๊าซโซลีนธรรมชาติเอ็นจีแอล (NGL : Natural Gasoline) และส่งเข้าไปยังโรงกลั่นน้ำมัน เป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์น้ำมันสำเร็จรูปได้เช่นเดียวกับคอนเดนเสทและยังเป็นตัวทำลาย ซึ่งนำเอาไปใช้ในอุตสาหกรรมบางประเภทได้เช่นกัน

6. ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อผ่านกระบวนการแยกแล้ว จะถูกนำไปทำให้อยู่ในสภาพของแข็ง เรียกว่า น้ำแข็งแห้ง นำไปใช้ในอุตสาหกรรมถนอมอาหาร อุตสาหกรรมน้ำอัดลมและเบียร์ ใช้ในการถนอมอาหารระหว่างการขนส่งนำไปเป็นวัตถุดิบสำคัญในการทำฟนเทียมและนำไปใช้สร้างควีนในอุตสาหกรรมบันเทิง เช่น การแสดงคอนเสิร์ตหรือการถ่ายทำภาพยนตร์ เป็นต้น

#### 2.1.4 การผลิตก๊าซธรรมชาติในประเทศไทย

ในประเทศไทยมีการค้นพบก๊าซธรรมชาติเมื่อปี พ.ศ. 2516 โดยบริษัท ยูเนียนออยล์ ออฟ ไทยแลนด์ จำกัด (บริษัท ยูโนแคล ไทยแลนด์ จำกัด ในปัจจุบัน) ได้เจาะพบก๊าซธรรมชาติในแหล่งเอราวัณ ซึ่งสามารถจะพัฒนาในเชิงพาณิชย์ได้ ในขณะเดียวกันบริษัทเท็กซัสแพซิฟิก ประเทศไทย อิงค์สำรวจพบแหล่งก๊าซธรรมชาติขนาดใหญ่ในอ่าวไทยเช่นเดียวกัน ได้แก่แหล่งบงกชในปัจจุบัน ต่อมาในปี พ.ศ.2520 กระทรวงอุตสาหกรรมได้จัดตั้งองค์การก๊าซธรรมชาติแห่งประเทศไทย (อกธ.) ขึ้นและเริ่มลงนามในสัญญาซื้อขายก๊าซธรรมชาติเป็นฉบับแรกกับบริษัท ยูโนแคล ไทยแลนด์ จำกัด ในปี พ.ศ. 2521 จากนั้น ได้มีการประกาศใช้พระราชบัญญัติการปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย 2521 และได้จัดตั้งการปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย (ปตท.) โดยเป็นการร่วมองค์การเชื้อเพลิง (อชพ.) และ อกธ. เข้าด้วยกัน เพื่อเป็นหน่วยงานของรัฐที่ทำหน้าที่ดูแลด้านพลังงานของประเทศดำเนินธุรกิจปิโตรเลียม ซึ่งหมายถึงการพัฒนาแหล่งก๊าซธรรมชาติ การจัดหา การขนส่ง การแยกก๊าซธรรมชาติ และการจำหน่าย แหล่งก๊าซธรรมชาติที่มีการค้นพบทั้งบนบกและในทะเลในปัจจุบัน ได้แก่ (บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน), 2550)

1. แหล่งก๊าซธรรมชาติในทะเล แหล่งก๊าซธรรมชาติของประเทศไทยส่วนใหญ่อยู่ในทะเล บริเวณอ่าวไทยซึ่งมีบริษัท ยูโนแคล ไทยแลนด์ จำกัด เป็นผู้รับสัมปทานรายใหญ่ประกอบด้วยแหล่ง เอรಾವัน สตูล กะพง ปลาทอง ปลาแดง ฟูนาน โกมินทร์ จักรवाल ปะการัง ปลาหมึก สุราษฎร์ธานี ตราด และไพลินนอกจากนี้ยังมีแหล่งบงกช ผลิตโดย บริษัท ปตท.สำรวจและผลิตปิโตรเลียม จำกัด (มหาชน) และแหล่งทานตะวัน เบญจมาศ ผลิตโดยบริษัท เซฟรอนประเทศไทยสำรวจและผลิต จำกัด

2. แหล่งก๊าซธรรมชาติบนบก ได้แก่ แหล่งน้ำพอง ผลิตโดยบริษัท เอ็กซอน โม-บิล เอ็กซีโพล เรชั่น แอนด์โปรดักชั่น โคราชอิงค์ และแหล่งสิริกิติ์ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการผลิตน้ำมันดิบ ผลิตโดย บริษัท ไทยเซลล์ เอ็กซีโพลชั่น จำกัด

นอกจากแหล่งผลิตก๊าซธรรมชาติดังกล่าวแล้วประเทศไทยยังมีการนำเข้าก๊าซจากสหภาพ พม่าเพื่อเสริมความต้องการภายในประเทศอีกด้วยเนื่องจากราคาน้ำมันเตา สูงขึ้นมาก ทำให้ กพผ. ลด การใช้น้ำมันเตาลงและใช้ก๊าซธรรมชาติแทน นอกจากนั้นยังมีโรงไฟฟ้า จากโครงการ IPP ที่ใช้ก๊าซ ธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงซึ่งเริ่มผลิตไฟฟ้าจ่ายเข้าระบบของ กพผ. ได้แก่ โรงไฟฟ้าราชบุรีที่เริ่มผลิตไฟฟ้า ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2543 โดยที่ปริมาณการผลิตก๊าซธรรมชาติที่ผลิตได้ในประเทศมีจำนวน 1,934 ล้าน ลูกบาศก์ฟุต/วัน คิดเป็นร้อยละ 80โดยนำเข้าจากแหล่งยาดานา และแหล่งเยตากุน จากประเทศพม่า จำนวน 491 ล้านลูกบาศก์ฟุต/วัน คิดเป็นร้อยละ 20

ในปีพ.ศ. 2549 ประเทศไทยผลิตก๊าซธรรมชาติอยู่ที่ระดับ 2353ล้านลูกบาศก์ฟุตต่อวัน เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ.2548 ร้อยละ 2.66 และนำเข้าก๊าซธรรมชาติจากประเทศพม่าอยู่ที่ระดับ 896 ล้าน ลูกบาศก์ฟุตต่อวัน เพิ่มขึ้นจากพ.ศ.2548 ร้อยละ 1.40 โดยแหล่งผลิตภายในประเทศส่วนใหญ่จะอยู่ บริเวณอ่าวไทย คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 95.56 ของปริมาณการผลิตภายในประเทศ แหล่งผลิตบริเวณ อ่าวไทยที่สำคัญ ได้แก่ แหล่งบงกชของบริษัท ปตท.สำรวจและผลิตปิโตรเลียม จำกัด(มหาชน) ผลิตอยู่ ที่ระดับ 627 ล้านลูกบาศก์ฟุตต่อวัน คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 26.65 ของปริมาณการผลิตภายในประเทศ และแหล่งไพลินของบริษัท ยูโนแคล ไทยแลนด์ จำกัด ผลิตอยู่ที่ระดับ 438 ล้านลูกบาศก์ฟุตต่อวัน คิด เป็นร้อยละ 18.61 ของปริมาณการผลิตภายในประเทศไทย ดังข้อมูลที่ปรากฏ ตารางที่ 2.1

**ตารางที่ 2.1** การผลิตและการนำเข้าก๊าซธรรมชาติของประเทศไทยปี พ.ศ. 2544-2549 (หน่วย : ล้าน ลูกบาศก์ฟุตต่อวัน)

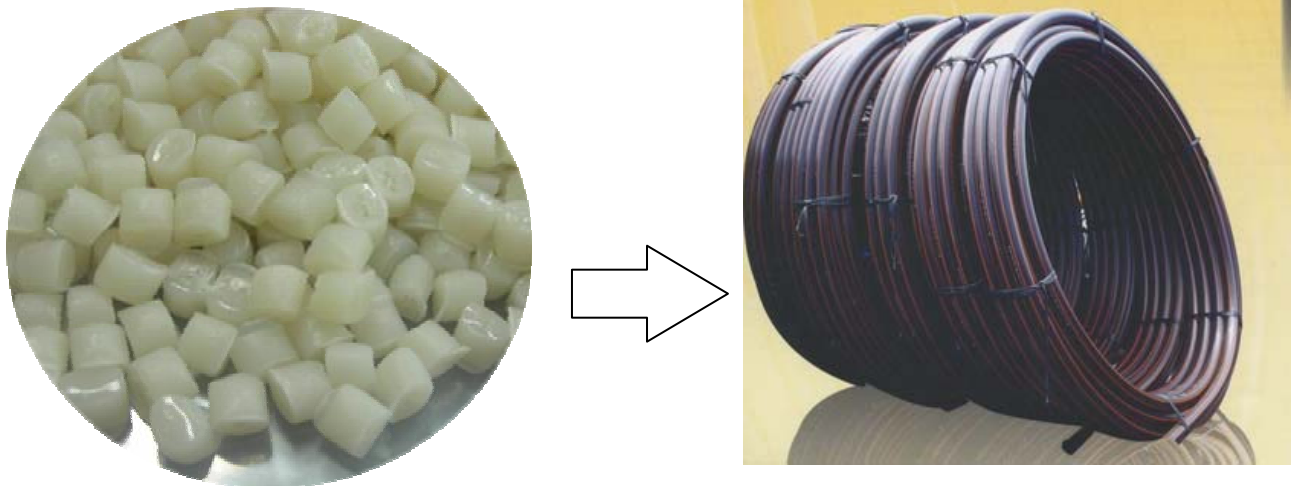
แหล่งผลิต	ผู้ผลิต	ปี พ.ศ.					
		2544	2545	2546	2547	2548	2549
แหล่งอ่าวไทย							
เอราวัณ	ยูโนแคล	266	266	281	274	277	278
ไพลิน	ยูโนแคล	212	298	406	412	435	438
ฟูนานและจักรवाल	ยูโนแคล	199	228	189	187	221	263
สตูล	ยูโนแคล	118	114	96	104	118	90

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

แหล่งผลิต	ผู้ผลิต	ปี พ.ศ.					
		2544	2545	2546	2547	2548	2549
กะพงและปลาทอง	ยูโนแคล	48	31	19	10	7	-
อื่นๆ	ยูโนแคล	186	167	240	275	333	368
บงกช	ปตท. สผ.	584	566	545	597	605	627
ทวายตะวันออก	เซฟรอน	52	48	56	61	38	49
เบญจมาศ	เซฟรอน	118	153	169	149	165	159
รวมแหล่งอ่าวไทย		1,783	1,871	2,001	2,069	2,199	2,272
สัดส่วน(%)		74.42	71.88	71.69	71.74	69.83	70.52
แหล่งบนบก							
น้ำพอง	เอ็กซ์อน โมบิล	60	59	50	35	33	31
สิริกิติ์ ไทยเซลล์		57	56	55	54	60	50
รวมแหล่งบนบก		117	115	105	89	93	81
สัดส่วน(%)		4.88	4.42	3.79	3.09	2.95	2.51
แหล่งนำเข้า							
ยาดานา	สหภาพพม่า	377	418	410	439	431	452
เขตากูน	สหภาพพม่า	119	199	275	287	426	417
รวมแหล่งนำเข้า		496	617	686	726	857	869
สัดส่วน(%)		20.70	23.70	24.54	25.17	27.21	26.97
รวมทั้งหมด		2,396	2,603	2,791	2,884	3,149	3,222

### 2.1.5 ผลิตภัณฑ์ทางเคมีที่ได้มาจากก๊าซธรรมชาติ

เม็ดพลาสติก HDPE เป็น PE มีความหนาแน่นสูง มีคุณสมบัติเหนียว แข็งหดตัวช้า ทนแรงกระแทกได้ดี ทนต่ออุณหภูมิสูงและอุณหภูมิต่ำได้ดี ส่วนมากใช้ฉีดขึ้นงานเกี่ยวกับอุตสาหกรรมประมง และตลาดผลไม้ที่ใช้น้ำหนักมากๆ ใช้งานภายนอกอาคาร ทนต่อแสงแดด และสารเคมีต่างๆ ได้ดี เกรด MI ต่ำ จะใช้ฉีดขึ้นงานที่มีเนื้อหนา เช่น ถัง ถังน้ำ พาเลทส่วนเกรดที่มี MI สูง จะใช้ฉีดสินค้าที่ขึ้นรูปยาก หรือมีเนื้อบาง เช่น ตะกร้าตะแกรง ขึ้นวางของ ตัวอย่างดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 เม็ดพลาสติก HDPE และผลิตภัณฑ์ท่อร้อยสาย

ที่มา : [http://www.pttchemgroup.com/FrontEnd/Product\\_List.aspx](http://www.pttchemgroup.com/FrontEnd/Product_List.aspx)

เม็ดพลาสติก LDPE เป็น PE ที่มีความหนาแน่นต่ำ มีคุณสมบัติ นิ่ม ยืดหยุ่น การทรงรูปไม่ดี ทนต่อความเย็นได้ดีทนต่อความร้อนได้ไม่เกิน 100 องศาเซลเซียสส่วนใหญ่จะใช้ผลิตสินค้าที่เป็นฝาของภาชนะต่าง ๆ หรือภาชนะในตู้เย็น เช่น ฝากล่องอาหาร ถังน้ำเกลือ ถังบรรจุภัณฑ์ยา ถาดแช่น้ำแข็ง ราคาแพงกว่า LLDPE ตัวอย่าง ดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 เม็ดพลาสติก LDPE และผลิตภัณฑ์ขวดยา ถังน้ำเกลือ

ที่มา : [http://www.pttchemgroup.com/FrontEnd/Product\\_List.aspx](http://www.pttchemgroup.com/FrontEnd/Product_List.aspx)

เม็ดพลาสติก LLDPE เป็น PEที่มีความหนาแน่นปานกลาง (เป็นส่วนผสมระหว่าง HDPE+LDPE) มีคุณสมบัติเหมือนกับ LDPE แต่เหนียวกว่า และแข็งกว่า ทรงรูปได้ดีกว่า แต่ไม่ถึง HDPE ส่วนใหญ่จะใช้งานที่ต้องการยืดหยุ่นตัวเพื่อรับแรงกระแทก เช่น ถุงบรรจุเสื้อผ้า, ถุงบรรจุอาหาร แข็งแรง เคลือบสายไฟ และสายเคเบิล และของเด็กเล่นหรือใช้แทนงานของ LDPE สามารถทนอุณหภูมิได้ถึง 121 องศาเซลเซียส ทนต่อแรงกระแทกและแรงที่มทะเล่ได้สูง ดังภาพที่ 2.5

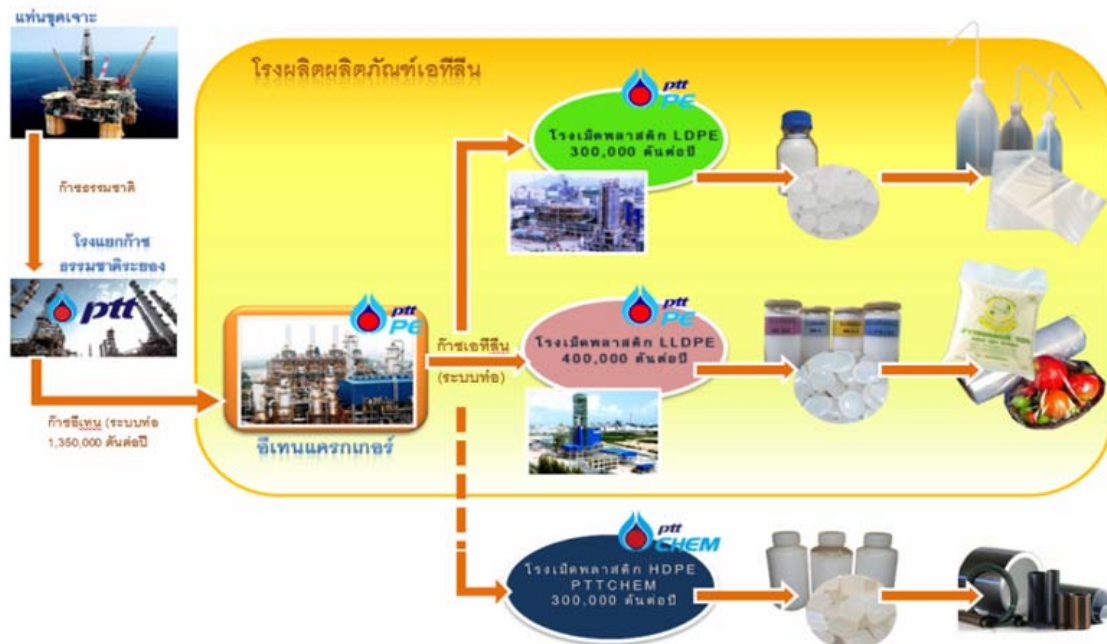


ภาพที่ 2.5 เม็ดพลาสติก LLDPE และผลิตภัณฑ์ถุงพลาสติกใส่สิ่งของ

ที่มา : [http://www.pttchemgroup.com/FrontEnd/Product\\_List.aspx](http://www.pttchemgroup.com/FrontEnd/Product_List.aspx)

กระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรม ในการผลิตก๊าซเอทิลีนเพื่อใช้เป็นสารตั้งในการผลิตเม็ดพลาสติก ในการผลิตเม็ดพลาสติกนั้นจะใช้สารเคมีเป็นองค์ประกอบในการผลิตซึ่งจะใช้ ชนิดแตกต่างกันออกไป เช่น ก๊าซเอทิลีน ก๊าซโพรเพนีน ก๊าซพารา-ไซลีน ก๊าซโพลีสไตรีน เป็นต้น ในกระบวนการการผลิตเม็ดพลาสติกที่ผู้วิจัยทำงานอยู่ เป็นโรงงานผลิตก๊าซเอทิลีน ใช้เป็นสารตั้งต้นผลิตเม็ดพลาสติกประเภท เม็ดพลาสติกที่มีความหนาแน่นต่ำ เม็ดพลาสติกที่มีความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น และเม็ดพลาสติกที่มีความหนาแน่นสูง วัตถุดิบคือก๊าซอีเทนจากโรงแยกก๊าซธรรมชาติระยอง มาเป็นวัตถุดิบผลิตก๊าซอีเทน ด้วยวิธีการแคร็กเกอร์ โดยให้ความร้อนที่อุณหภูมิที่เหมาะสมก๊าซจึงจะเกิดปฏิกิริยาการแยกองค์ประกอบของก๊าซเอทิลีน และนำก๊าซเอทิลีนมาผ่านกระบวนการกลั่นจนกว่าจะได้ ก๊าซเอทิลีนที่มีความบริสุทธิ์ออกมา และส่งให้กับโรงงานผลิตเม็ดพลาสติกต่อไป

ดังภาพที่ 2.6 เป็นการผลิตเอทิลีนของบริษัท พีทีทีโพลีเอทิลีน จำกัด ซึ่งเป็นโรงงานที่มีกำลังการผลิตก๊าซเอทิลีนที่ 1,000,000 ตัน/ปี โดยรับวัตถุดิบคือก๊าซอีเทนจากโรงแยกก๊าซธรรมชาติระยอง ที่ปริมาณอีเทน 2,800-3,200 ตัน/วัน ซึ่งเป็นโรงงานแคร็กเกอร์ก๊าซอีเทนที่ใหญ่ที่สุดในโลก และเป็นโรงงานผู้ผลิตโอเลฟินส์และโพลีเมอร์ที่มีกำลังการผลิตใหญ่เป็นอันดับ 5 ของภูมิภาคเอเชียในปัจจุบัน

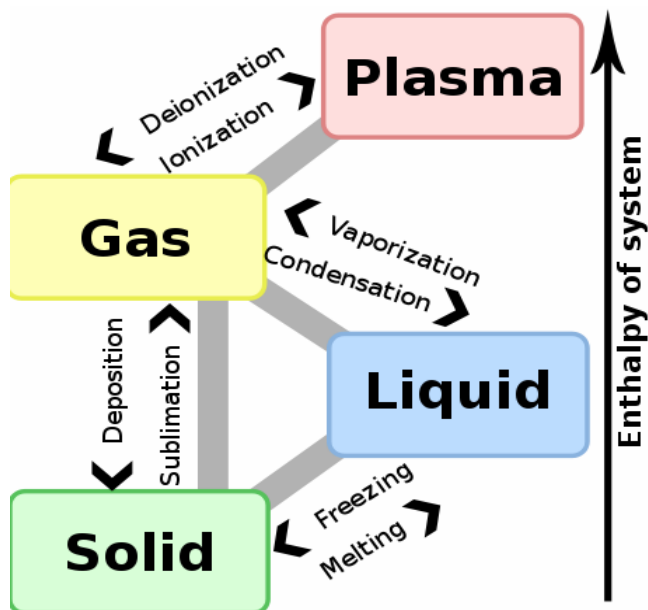


ภาพที่ 2.6 การผลิตก๊าซเอทิลีนของบริษัท พีทีทีโพลีเอทิลีน จำกัด

ที่มา : [http://www.pttchemgroup.com/FrontEnd/Product\\_List.aspx](http://www.pttchemgroup.com/FrontEnd/Product_List.aspx)

## 2.2 เครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซ

เครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซเหลวเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการเปลี่ยนสถานะของก๊าซ จากก๊าซที่มีสถานะเป็นก๊าซเหลว ให้เปลี่ยนสถานะเป็นไอก๊าซ ในปัจจุบันเครื่องมือชนิดนี้ใช้กันอย่างมากในโรงงานอุตสาหกรรมโดยที่เครื่องมือชนิดนี้เป็นเครื่องมือที่ช่วยเปลี่ยนสถานะของก๊าซ โดยก๊าซที่นำมาใช้งานส่วนมากเป็นก๊าซที่มีสถานะเป็นก๊าซเหลวซึ่งไม่เป็นไปตามความต้องการของผู้ใช้จึงจำเป็นต้องเปลี่ยนสถานะให้เป็นไอก๊าซดังภาพที่ 2.7 ก๊าซที่เป็นของเหลว เมื่อได้ทำการแลกเปลี่ยนกับความร้อน ก๊าซจะเปลี่ยนสถานะเป็นไอก๊าซ ซึ่งในภาพจะแสดงวัฏจักรการเปลี่ยนแปลงสถานะของก๊าซ



ภาพที่ 2.7 วัฏจักรของก๊าซ ในการเปลี่ยนสถานะด้วยวิธีต่างๆ

ที่มา : <http://en.wikipedia.org/wiki/Vaporization>

เครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซนำมาใช้อย่างมากไม่ว่าจะใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม หรือด้านนอกโรงงานอุตสาหกรรม เครื่องมือแลกเปลี่ยนความร้อนที่นิยมใช้กัน แบ่งการลักษณะในการแลกเปลี่ยนความร้อน โดยบางโรงงานหรือสถานประกอบการใช้ไฟฟ้าเป็นแหล่งกำเนิดความร้อนในการใช้แลกเปลี่ยนกับก๊าซ แต่ส่วนมากในโรงงานอุตสาหกรรมนิยมใช้ ใช้น้ำมาแลกเปลี่ยนเพราะในโรงงานอุตสาหกรรมนั้นสามารถผลิตไอน้ำขึ้นมาใช้งานเองได้โดยลดต้นทุนในการใช้ไฟฟ้า ถ้ามองในเรื่องของปัญหาแล้วการแลกเปลี่ยนด้วยไอน้ำจะเกิดปัญหาน้อยกว่า ใช้ไฟฟ้า เพราะถ้าเกิดไฟฟ้าดับจะไม่สามารถทำให้ก๊าซในกระบวนการผลิตของโรงงานเปลี่ยนสถานะได้เกิดผลเสียต่อโรงเป็นจำนวนมาก และส่วนที่สำคัญมากที่สุดที่โรงงานไม่เลือกใช้ไฟฟ้า เพราะไฟฟ้าอาจช็อต ทำให้เกิดประกายไฟได้ภายในโรงงาน ซึ่งโรงงานนั้นก็เป็โรงงานที่ผลิตก๊าซ อาจทำให้ก๊าซเกิดติดไฟและทำให้เกิดระเบิดขึ้นได้ภายในโรงงาน ซึ่งปัจจุบันสถานประกอบการได้สร้างเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซ นำมาใช้ในการเปลี่ยนสถานะของก๊าซเอนจิวี เนื่องจากก๊าซเอนจิวี ในการขนส่งจะถูกส่งมาในสถานะของก๊าซเหลวตามรถขนส่ง โดยที่ไม่ขนส่งมาในสถานะที่เป็นก๊าซเพราะปริมาณในการขนส่งน้อย และในถังที่บรรจุจะมีแรงดันสูง และเมื่อขนส่งที่ระยะทางไกลๆจะเกิดความร้อนทำให้แรงดันเพิ่มมากขึ้นซึ่งเป็นอันตรายมากในท้องถนนโดยเมื่อก๊าซเอนจิวี ขนส่งมาในรูปของก๊าซเหลวแล้ว เมื่อถึงช่วงเวลาขายให้กับลูกค้าที่เติมรถยนต์ ต้องเปลี่ยนสถานะของก๊าซให้เป็นไอก๊าซเสียก่อน ดังนั้นทางปั้มเติมเอนจิวี จึงมีเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซในเวลาที่ต้องนำก๊าซออกจากถังมาใช้งานดังภาพที่ 2.8



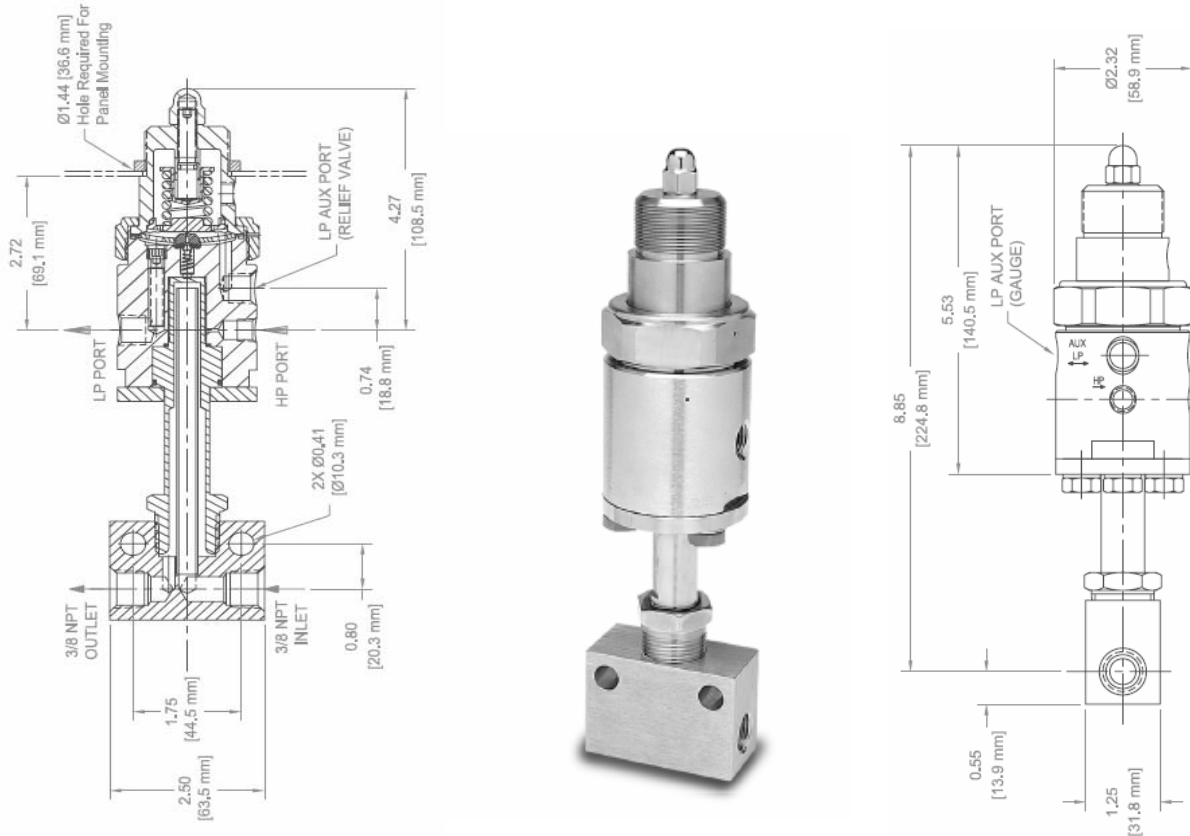
ภาพที่ 2.8 เครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซที่ใช้ตามปั๊มเติมก๊าซ เอนจิวิให้กับรถยนต์  
ที่มา : <http://en.wikipedia.org/wiki/Evaporator>

ส่วนในภาพที่ 2.9 และ 2.10 เป็นการนำเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซ มาใช้งานร่วมกับเครื่องมือวัดก๊าซโครโมโทกราฟี โดยเครื่องมือชนิดนี้ใช้ในการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นของก๊าซและองค์ประกอบของก๊าซในกระบวนการผลิตของ โดยเครื่องมือวัดวิเคราะห์ก๊าซจะวัดค่าได้ เฉพาะก๊าซที่มีสถานะเป็นไอก๊าซเท่านั้น ทางโรงงานของผู้วิจัยใช้เครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซบริษัทจีไอและบริษัทปรา็กเกอร์ เป็นตัวเปลี่ยนสถานะของก๊าซในการผลิตและจ่ายให้กับเครื่องมือวัดและวิเคราะห์ก๊าซวัดค่า



ภาพที่ 2.9 เครื่องมือเปลี่ยนสถานะก๊าซ Steam Heated Regulators HPR-2 Series  
บริษัท GO Company

ที่มา : [www.goreg.com/products/regulators/vaporizing/index.htm](http://www.goreg.com/products/regulators/vaporizing/index.htm)



ภาพที่ 2.10 เครื่องมือเปลี่ยนสถานะก๊าซ Steam Heated Regulators AVR3 Series บริษัทปาร์กเกอร์  
ที่มา : [www.parker.com/literature/Veriflo/Veriflo%20.../25000138\\_AVR3.pdf](http://www.parker.com/literature/Veriflo/Veriflo%20.../25000138_AVR3.pdf)

การทำงานของเครื่องมือเปลี่ยนสถานะก๊าซรุ่น Steam Heated Regulators HPR-2 Series คือการนำไอน้ำที่มีความร้อนมาแลกเปลี่ยนกับก๊าซที่เป็นของเหลวเพื่อให้ทำการเปลี่ยนสถานะเป็นไอ ก๊าซ มีหลักการทำงานเบื้องต้น ดังนี้

1. นำไอน้ำหรือที่เรียกว่าไอน้ำแรงดันต่ำ (Low pressure steam) ที่มีความร้อนประมาณ 150 องศาเซลเซียส นำมาแลกเปลี่ยนความร้อนกับก๊าซที่มีสถานะเป็นของเหลวเพื่อทำให้ก๊าซที่มีสถานะ ก๊าซเหลวเกิดการระเหยเปลี่ยนสถานะเป็นไอ ก๊าซ
2. นำก๊าซตัวอย่างในกระบวนการผลิตของโรงงานมาเปลี่ยนสถานะโดยการนำก๊าซตัวอย่างมา แลกเปลี่ยนความร้อนกับไอน้ำเพื่อให้ได้ก๊าซที่มีสถานะเป็นไอ ก๊าซออกมาเพื่อจ่ายให้กับเครื่องมือวัด วิเคราะห์ก๊าซของโรงงานผู้วิจัยโดยทางโรงงานจะได้ทราบค่าก๊าซในกระบวนการผลิตนั้น จะได้ เติมน้ำมันเครื่องในโรงงานได้ถูกต้อง
3. เมื่อก๊าซตัวอย่างแลกเปลี่ยนกับไอน้ำแล้ว ก๊าซเหลวจะเริ่มเปลี่ยนสถานะของก๊าซ เป็นไอ ก๊าซ โดยไอ ก๊าซจะลอยอยู่ด้านบนเพราะไอ ก๊าซจะมีโมเลกุลของก๊าซเบากว่าก๊าซที่มีสถานะเป็นก๊าซ เหลว

4. นำก๊าซที่มีสถานะเป็นไอก๊าซนำมาปรับแรงดันและอัตราการไหลให้เหมาะสมกับเครื่องมือชุดเครื่องวัดวิเคราะห์ก๊าซ โดยปกติจะปรับแรงดันของไอก๊าซที่  $2 \text{ kg/cm}^2$  และปรับอัตราการไหลที่ 4.5 ลิตรต่อชั่วโมง(LPH)

5. เมื่อปรับแรงดันของไอก๊าซได้เหมาะสมแล้วจึงเปิดวาล์วเพื่อจ่ายไอก๊าซเข้าเครื่องมือวัดวิเคราะห์ก๊าซ วัดค่าความเข้มข้นและองค์ประกอบของก๊าซนั้นๆ ซึ่งเครื่องมือวัดและวิเคราะห์ก๊าซชนิดนี้จะแสดงผลของการวัดอยู่ในรูปของ ตัวเลข และเป็นกราฟเส้น

## 2.3 เครื่องมือแลกเปลี่ยนความร้อนที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม

ในโรงงานอุตสาหกรรมปัจจุบันใช้เครื่องมือแลกเปลี่ยนความร้อน เป็นอุปกรณ์หลักในระบบของการผลิต เช่น การต้มน้ำ การกลั่น การเปลี่ยนสถานะ และอื่นๆ โดยวิธีการแลกเปลี่ยนอาจแตกต่างกันออกไปตามวัตถุประสงค์ หรือผลผลิต การแลกเปลี่ยนความร้อนยังช่วยในเรื่องการลดค่าใช้จ่ายเรื่องการใช้ไฟฟ้า เพราะทางโรงงานสามารถผลิตไอน้ำขึ้นใช้เองแบ่งประเภทของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมได้ 2 วิธีหลักๆ คือ

### 2.3.1 แบบท่อ (Tublar Exchangers) เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดนี้ เราสามารถแบ่งชนิดของๆไหล ที่ใช้ในการถ่ายเทความร้อนได้ 5 ประเภท ได้แก่

2.3.1.1 ของเหลว/ของเหลว ชนิดนี้เป็นที่นิยมใช้ เป็นตัวกลาง ในการถ่ายเทความร้อน โดยสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมได้หลายประเภท อาศัยหลักของการถ่ายเทความร้อนแบบการพาความร้อนซึ่งให้ประสิทธิภาพในการถ่ายเทความร้อนที่สูงมาก โดยประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อน จึงขึ้นอยู่กับชนิดและความหนาแน่นของๆไหลที่ใช้

2.3.1.2 ของเหลว/ ก๊าซ การใช้ของไหลชนิดนี้เหมาะกับงาน ประเภทระบายอากาศ โดยของเหลวจะถูกอัด ผ่านท่อ ด้วยค่า การถ่ายเทความร้อน แบบการพาความร้อนสูงโดยอากาศจะไหลผ่านท่อแบบหน้าตัดซึ่งเป็นอีกชนิดหนึ่งที่ได้รับโดยส่วนใหญ่จะออกแบบเป็นเครื่องระบายความร้อนชนิดครีป และท่อระบายความร้อน

2.3.1.3 ก๊าซ/ก๊าซ เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ชนิดนี้ ใช้กับงานประเภท ฟลูก๊าซ / อากาศร้อนหรือระบบกังหันก๊าซ ซึ่งมีค่าความหนาแน่น ของๆ เหลว ที่ไม่สูงมาก

2.3.1.4 คอนเดนเซอร์ ชนิดนี้เหมาะกับงานที่ต้องการให้ก๊าซหรืออากาศเย็นตัวลง กลายเป็นของไหล ใช้ในงานประเภท การไหลแบบ 2 สถานะ โดยจะใช้ของเหลวที่เป็นสารหล่อเย็น เช่น น้ำเย็น ไส้ในท่อโดยให้ก๊าซที่ต้องการจะควบแน่นไหลผ่านท่อซึ่งอาจจะใช้ ครีป หรือไม่ก็ได้ ขึ้นอยู่กับ การออกแบบ ของแต่ละเครื่องและความต้องการอัตราการถ่ายเทความร้อน

2.3.1.5 อีวาपोเรเตอร์ เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดนี้ สามารถแบบได้ 2 แบบ

2.3.1.5.1 ระบบให้ความร้อนโดยใช้เปลวไฟ ซึ่งได้มาจากการสันดาปของเชื้อเพลิงภายในห้องเผาไหม้ ได้แก่ แอลพีจี น้ำมันดีเซล น้ำมันเตา เป็นต้น ซึ่งให้ค่าความร้อนที่สูง ในขณะที่ความดันปกติ ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้กับงานประเภทการผลิตไอน้ำ เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมเป็นต้น

2.3.1.5.2 ระบบไม่ใช้เปลวไฟในการให้ความร้อน ซึ่งได้แก่ การให้ความร้อนโดยอาศัย กระบวนการทางปฏิกิริยาปริมาณ กระบวนการทางเคมี กระบวนการให้ความร้อนทางไฟฟ้า เป็นต้น โดยส่วนใหญ่จะใช้กับงานด้านต่างๆ ที่ต้องการไอน้ำ อุณหภูมิไม่สูงมากได้แก่ การผลิตไอน้ำ เพื่ออุตสาหกรรมด้าน อาหาร สิ่งทอ เคมี เป็นต้น

## ตารางที่ 2.2 ชนิดของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่ใช้ในอุตสาหกรรม

ชนิดที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงสถานะของของไหล	ชนิดที่มีการเปลี่ยนแปลงสถานะ
1. เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างของเหลว-ของเหลว (Liquid-Liquid Heat Exchanger)	
เป็นเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนประเภทที่ไม่มี การเปลี่ยนแปลงสถานะของของไหลทั้ง 2 ชนิด เช่น น้ำมัน ก้นหอกกลั่นและน้ำมันดิบที่ป้อนเข้าหอกกลั่นเป็นต้น	ชนิดที่มีการเปลี่ยนแปลงสถานะของของไหลทั้ง 2 ชนิด โดยของเหลวชนิดหนึ่งจะเปลี่ยนความร้อน เช่น เครื่องต้ม(Reboiler) ของหอกกลั่นน้ำมัน ซึ่งใช้อุณหภูมิสูงเป็นแหล่งความร้อน
2. เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างก๊าซ-ก๊าซ ( Gas –Gas Heat Exchanger I)	
ชนิดที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงสถานะและไม่เกิดการควบแน่นเป็นของเหลว เช่น เครื่องอุ่นอากาศที่ใช้ก๊าซทิ้ง (Vent Gas – Flare Gas ) เป็นแหล่งความร้อน	ชนิดที่มีการเปลี่ยนแปลงสถานะโดยชนิดหนึ่งจะมีการควบแน่นเป็นของเหลว เช่น เครื่องกระจายความร้อน (Reboiler) สำหรับทำความอบอุ่นในห้อง โดยทำอากาศให้อุ่นด้วยไอน้ำ
3. เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างก๊าซ-ของเหลว (Gas - Gas Heat Exchanger I)	
ชนิดที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงสถานะ โดยชนิดหนึ่งเป็นของเหลว เช่นเครื่องอุ่นน้ำที่ใช้ก๊าซทิ้งจากหม้อไอน้ำ เป็นแหล่งความร้อน	ชนิดที่มีการเปลี่ยนแปลงสถานะ เช่นหม้อไอน้ำแบบท่อซึ่งระเหยน้ำให้เป็นน้ำด้วยก๊าซสันดาป และเครื่องควบแน่นซึ่งควบแน่นไอให้เป็นของเหลวด้วยน้ำระบายความร้อน

### 2.3.2 ลักษณะของเครื่องมือแลกเปลี่ยนความร้อนแบ่งตามประเภทการใช้งาน

#### 2.3.2.1 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดท่อ (Tube Heat Exchanger)

2.3.2.1.1 แบบท่อเดี่ยว (Single Pipe) อาศัยหลักการที่ของไหลผ่านท่อแบบเดี่ยวโดยส่งผ่านความร้อนไปตามท่อเส้นเดียว ซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันในการต้มน้ำร้อนใช้ภายในบ้านหรือการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์โดยให้ความร้อนจากภายนอกส่งผ่านให้กับท่อน้ำซึ่งอาจติดตั้งครีบริบความร้อน

2.3.2.1.2 แบบท่อกลุ่ม (Clustered Pipe) เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดนี้ อาศัยการพัฒนาจากแบบท่อเดี่ยวโดยนำหลายๆท่อมารวมกันให้มีประสิทธิภาพในการถ่ายเทความร้อนสูงขึ้น

2.3.2.1.3 แบบท่อสองชั้นหรือท่อคู่(Double Pipe) เครื่องชนิดนี้ใช้ส่งถ่ายความร้อนระหว่างของไหลที่มีค่าแรงดันสูง กับของไหลที่มีความดันต่ำ

2.3.2.1.4 แบบมีเปลือกหุ้มอยู่ภายนอก (Shell and Tube) เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดนี้เหมาะกับการใช้งานที่ต้องการปริมาณงานสูงแต่มีพื้นที่ติดตั้งน้อยซึ่งเครื่องมือชนิดนี้นำจำนวนท่อจำนวนมาก แบบหลายชั้นมารวมกันทำให้ความสามารถในการถ่ายเทความร้อนมาค่าสูงซึ่งส่วนมาจะใช้กับชนิดของของไหล ของเหลว/ของเหลว หรือของเหลว/ไอน้ำเปียก

2.3.2.1.5 แบบท่อคิลิระบายความร้อน (Tube and Fin) เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดนี้ส่วนใหญ่จะใช้ถ่ายเทความร้อนระหว่างก๊าซกับของเหลว ดังเช่นการถ่ายเทความร้อนของน้ำในรถยนต์

2.3.2.1.6 แบบสแครปเซอร์เฟส (Scarped Surface Exchanger) เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบนี้สามารถป้องกันการที่ของไหลประเภทอุณหภูมิต่ำควบแน่นกลายเป็นผลึกแข็ง ขณะที่อยู่ภายในทำอันตรายต่อผิวความร้อนได้ดังภาพที่ 2.11 เป็นเครื่องมือแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดท่อ ที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมในปัจจุบัน



ภาพที่ 2.11 เครื่องมือแลกเปลี่ยนความร้อน ชนิดมีเปลือกหุ้มอยู่ภายนอก (Shell and Tube)  
ที่มา : [http://en.wikipedia.org/wiki/Shell\\_and\\_tube\\_heat\\_exchanger](http://en.wikipedia.org/wiki/Shell_and_tube_heat_exchanger)

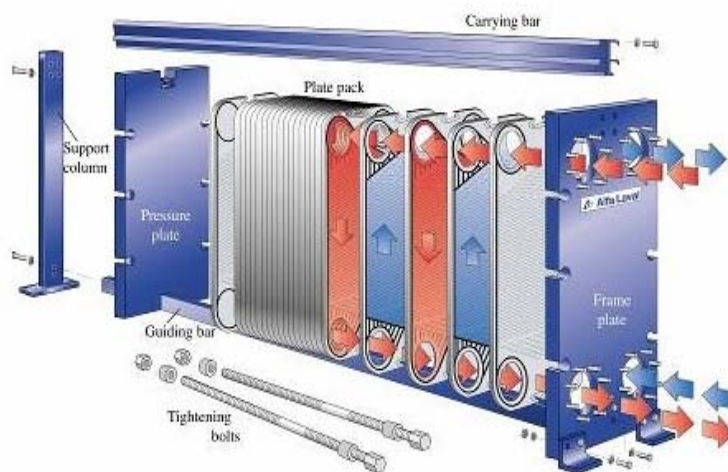
### 2.3.2.2 เครื่องมือแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น (Plate Heat Exchanger)

2.3.2.2.1 แบบแผ่นมีโครง (Plate and Frame) เครื่องถ่ายความร้อนชนิดนี้ มีลักษณะคล้ายกับแผ่นซึ่งทำมาจากโลหะรีดเป็นแผ่นซึ่งแผ่นเหล่านี้จะทำหน้าที่ถ่ายเทความร้อนจากของไหล 2 ชนิด ซึ่งจะทำงานภายใต้ความดันที่ไม่สูงมากนักหลักการการทำงานจะคล้ายกับแบบท่อและแบบมีเปลือก หุ้มภายใน

2.3.2.2.2 แบบแผ่นขดวงกลม (Spiral Plate) เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดนี้ ถูกสร้างขึ้นโดยชาวสวีเดน ชื่อโรเซนดัตต์ นำมาใช้ในช่วงสงครามโลกครั้งที่ 2 ซึ่งนำมาเปรียบเทียบกับระบบท่อหุ้มภายนอกจะให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่าและเหมาะสมกับงานที่ต้องการถ่ายเทความร้อนระหว่างของเหลว/ของเหลว ที่มีความหนืดค่อนข้างสูง

2.3.2.2.3 แบบแผ่นประกบคู่ (Panel Coil) เครื่องถ่ายความร้อนชนิดนี้ จะมีหน้าที่การทำงานคล้ายกับแผ่นซึ่งมีการนำแผ่นโลหะ 2 แผ่น มาประกบกันโดยมีช่องว่างอยู่ภายในเพื่อทำหน้าที่ส่งถ่ายความร้อนซึ่งจะใช้กับการถ่ายเทความร้อนระหว่างของไหลได้แก่ ก๊าซ/เหลว โดยก๊าซจะวิ่งอยู่ภายในท่อซึ่งมีแผ่นโลหะประกบกันจากนั้นจะถ่ายเทความร้อนผ่านผิวหน้าของแผ่นโลหะไปสู่ของเหลว นั่นสิ่งที่มาใช้ได้แก่ การทำให้ความร้อนกับต้มน้ำซึ่งจะมีการใช้ต้นทุนที่ต่ำกว่าเครื่องถ่ายเทความร้อนประเภทอื่นๆ

2.3.2.2.4 แบบมีครีบริบเครื่องถ่ายความร้อนชนิดนี้อาศัยการนำเพลทมาประกบกันเป็นชั้นๆซึ่งใช้ทำหน้าที่ถ่ายเทความร้อนคล้ายๆกับ คลับนำมาประกบกัน 2 แผ่นส่วนใหญ่จะใช้ในอุตสาหกรรมที่มีความร้อนที่อุณหภูมิต่ำๆ และใช้กับของไหลประเภท ก๊าซ/ก๊าซ ซึ่งให้ประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนสูง วัสดุที่ใช้จะเป็นแผ่นอลูมิเนียมซึ่งมีน้ำหนักเบา ดังภาพที่ 2.12 แสดงเป็นเครื่องมือแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดแผ่นเพลส



ภาพที่ 2.12 เครื่องมือแลกเปลี่ยนความร้อน แบบแผ่นมีโครง (Plate and Frame)

ที่มา : [http://en.wikipedia.org/wiki/Shell\\_and\\_tube\\_heat\\_exchanger](http://en.wikipedia.org/wiki/Shell_and_tube_heat_exchanger)

### 2.3.3 ทฤษฎีของการถ่ายเทความร้อนที่เกี่ยวข้อง

อัตราการถ่ายเทความร้อนของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบไหลตามขวางซึ่งแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำซึ่งมีตัวแปรที่เข้ามาเกี่ยวข้อง คือค่าของอุณหภูมิอากาศซึ่งมีค่าอุณหภูมิต่ำกว่าน้ำ ดังแสดงในสมการ ความร้อนและการถ่ายเทความร้อนดังต่อไปนี้

$$Q = m_a C_{p_a} (T_{ao} - T_{ai}) \quad (1)$$

$$Q = m_w C_{p_w} (T_{wi} - T_{wo}) \quad (2)$$

$$Q = UA \Delta T_{LMTD} \quad (3)$$

โดยที่

$Q$  คือ ความร้อนและการถ่ายเทความร้อน(W)

$U$  คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (W/m<sup>2</sup>K)

$A$  คือ พื้นที่การถ่ายเทความร้อน (m<sup>2</sup>)

$\Delta T_{LMTD}$  คือ ความแตกต่างของอุณหภูมิ (K)

$C_{p_a}$  คือ ค่าความจุความร้อนจำเพาะของอากาศ (J/kgK)

$C_{p_w}$  คือค่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ (J/kgK)

$m_a$  คือ อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ (kg/s)

$m_w$  คือ อัตราการไหลเชิงมวลของน้ำ (kg/s)

$T_{ai}$  คือ อุณหภูมิอากาศด้านเข้า (°C)

$T_{ao}$  คือ อุณหภูมิอากาศด้านออก (°C)

$T_{wi}$  คือ อุณหภูมิน้ำด้านเข้า (°C)

$T_{wo}$  คือ อุณหภูมิน้ำด้านออก (°C)

ในการคำนวณจะทำให้ ( $UA$ ) ในสมการ (3) เป็นค่าที่รวมแฟกเตอร์แก้ไข (Correction factor) ของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่มีได้เป็นแบบไหลสวนทางหรือไหลตามกันอย่างแท้จริงเข้าไว้ด้วยกันดังนั้นในกรณีนี้ค่าอุณหภูมิแตกต่างเชิงล็อกสามารถคำนวณได้จาก

กรณีไหลสวนทางกัน

$$\Delta\theta_{LMTD} = \frac{(T_{wi} - T_{ao}) - (T_{wo} - T_{ai})}{\ln\left(\frac{T_{wi} - T_{ao}}{T_{wo} - T_{ai}}\right)} \quad (4)$$

กรณีไหลตามกัน

$$\Delta\theta_{LMTD} = \frac{(T_{wi} - T_{ai}) - (T_{wo} - T_{ao})}{\ln\left(\frac{T_{wi} - T_{ai}}{T_{wo} - T_{ao}}\right)} \quad (5)$$

ดัชนีที่ใช้บ่งชี้สมรรถนะที่นิยมใช้ในปัจจุบันคือค่าประสิทธิผล (Effectiveness) ซึ่งสามารถคำนวณได้จาก

$$\varepsilon = \frac{Q}{Q_{\max}} \quad (6)$$

$$\varepsilon = \frac{Q}{(mCp)_{\min} \Delta T_{\max}} \quad (7)$$

โดย

$\varepsilon$  คือ ประสิทธิภาพ

$Q$  คือ การถ่ายเทความร้อน (W)

$Q_{\max}$  คือ อัตราการถ่ายเทความร้อนมากที่สุด (W)

$(mCp)_{\min}$  คือ ผลคูณของอัตราการไหลเชิงมวลกับความจุความร้อนจำเพาะของของไหลที่มีค่าน้อย

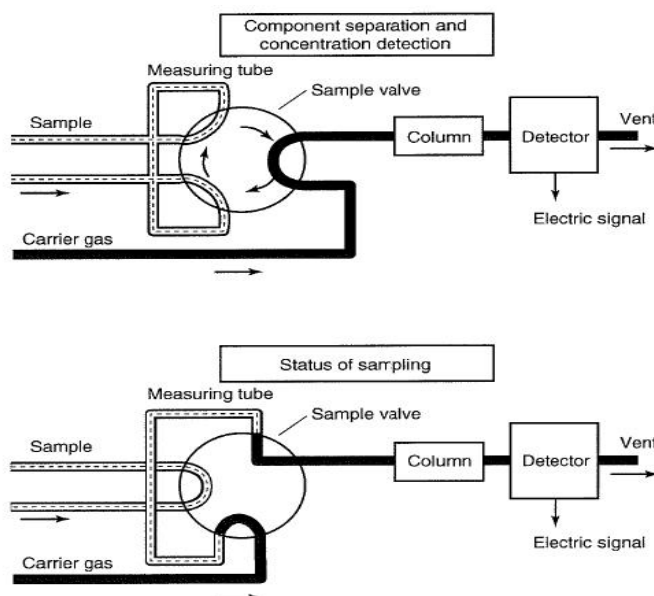
$\Delta T_{\max}$  คือ อุณหภูมิแตกต่างสูงสุด

## 2.4 ทฤษฎีเครื่องมือวัด Gas Chromatography

เป็นเทคนิคการแยกสารเนื้อเดียวออกจากกันโดยอาศัยหลักการที่ว่าสารแต่ละชนิดมีความสามารถในการละลายและถูกดูดซับต่างกันจึงทำให้สารแต่ละชนิดแยกออกจากกันได้กลายเป็นไอได้และมีความเสถียรเมื่อถูกความร้อนตัวอย่างที่เป็นไอจะถูกพาด้วยก๊าซเฉื่อยไปยังคอลัมน์ เพื่อทำการแยกสารออกจากกันสารที่แยกได้จะถูกบันทึกเพื่อทำการวิเคราะห์ต่อไป

### หลักการทำงานของเบื้องต้นของเครื่องมือวัดวิเคราะห์ก๊าซมีดังนี้

1. ก๊าซตัวอย่าง (sampling gas) ที่ได้จากกระบวนการผลิตจะไหลมาตามท่อขนาดเล็ก เพื่อส่งผ่านเข้าสู่ชุด Sampling Valve
2. วาล์วตัวอย่าง (sampling valve) จะเป็นตัวกำหลักทิศทางการไหลของก๊าซรวมถึงระยะเวลาในการ ปิด/เปิด ก๊าซเข้าไปวัดวิเคราะห์
3. ก๊าซพาหะ (carrier gas) จะเป็นตัวพาหะหรือเป็นตัวนำพาให้ก๊าซไหลเข้าไปโดยก๊าซพาหะจะไหลไปรวมกับก๊าซตัวอย่างที่ชุดของวาล์วตัวอย่างโดยจะผ่านมาทางชุดท่อลำเลียงก๊าซ
4. ท่อลำเลียงก๊าซ (measuring tube) เป็นชุดลำเลียงก๊าซตัวอย่างส่งเข้ากระบวนการวัดวิเคราะห์
5. ชุดแยกก๊าซแต่ละชนิด (column) เป็นชุดกำจัดก๊าซที่ไม่ต้องการหาค่าองค์ประกอบออกโดยใช้ วาล์วหมุนเลือก (rotary valve) เป็นตัวเป่าก๊าซตัวอย่างที่ไม่ต้องการออก
6. ชุดตรวจสอบ (Detector) เป็นชุดวัดวิเคราะห์โดยการแยกสารประกอบของก๊าซตัวอย่างออกโดยก๊าซที่ผ่านชุดเป่าก๊าซตัวอย่างที่ไม่ต้องการออก (Back flush) แล้วจะถูกปล่อยทิ้งบรรยากาศ

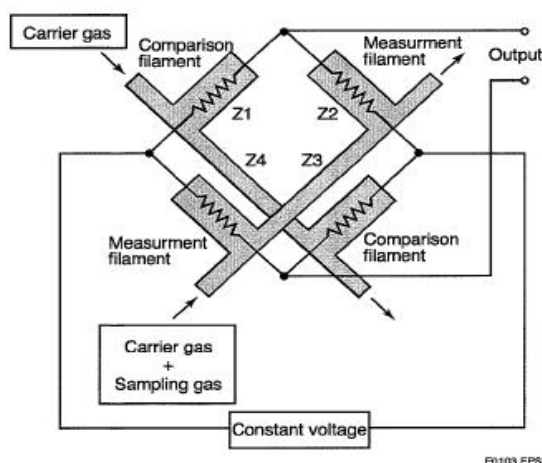


ภาพที่ 2.13 หลักการทำงานของเครื่องมือวัดวิเคราะห์ก๊าซ

ที่มา : <http://www.yokogawa.com/an/gc1000m2/an-gc1000m2-01en.htm>

### 2.4.1 ชนิดของตัวตรวจสอบก๊าซของชุดก๊าซโครมาโตกราฟีประกอบด้วย

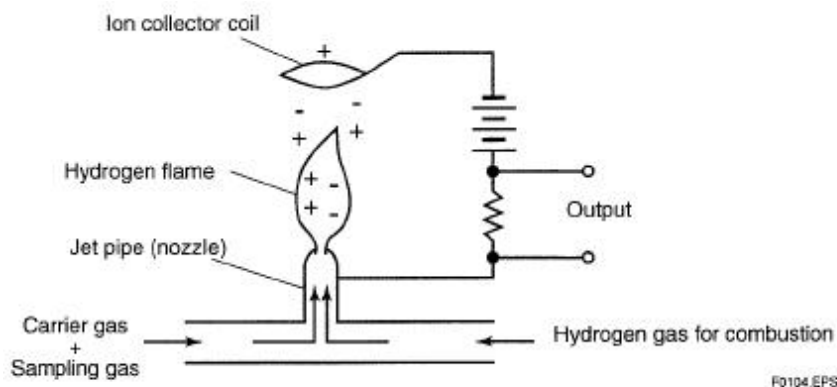
1. **Thermal conductivity detector (TCD)** เป็นตัวตรวจสอบก๊าซที่ใช้หลักการวัดความแตกต่างในการนำความร้อน(Thermal conductivity) ระหว่าง ก๊าซพาหะ กับก๊าซพาหะรวมกับก๊าซตัวอย่างโดยในขณะที่ก๊าซพาหะเคลื่อนที่ออกจาก ชุดแยกก๊าซแต่ละชนิด หากมีสารในตัวอย่างเคลื่อนที่ออกมาด้วยจะทำให้การนำความร้อนเพิ่มขึ้นในตัวตรวจวัด ตัวตรวจวัดก๊าซชนิดนี้จะมีการต่อชุดตรวจจับความร้อน (Heat sensing Element) หรือตัวเทอร์มิสเตอร์(Thermister)ในลักษณะ วงจรบริดจ์กระแสตรง (Wheatstone bridge)โดยมีการให้กระแสไฟฟ้าวงจรดังกล่าว แขนสองด้านของวงจรบริดจ์กระแสตรง ด้านหนึ่งมีเพียงก๊าซพาหะผ่านอีกด้านหนึ่งเป็นด้านที่ผ่านออกจากแยกก๊าซ การที่ก๊าซพาหะผ่านเทอร์มิสเตอร์ทำให้เทอร์มิสเตอร์เย็นลงหรือมีการสูญเสียความร้อนขณะที่ไม่มีสารจากตัวอย่างเคลื่อนที่ออกมาการสูญเสียความร้อนอยู่ในสภาพสมดุล เมื่อมีสารผ่านจากชุดแยกก๊าซทำให้วงจรบริดจ์กระแสตรง เสียสมดุลทำให้มีสัญญาณเกิดขึ้นก๊าซพาหะที่ใช้คือ ก๊าซฮีเลียม(Helium) และก๊าซไฮโดรเจน (Hydrogen) ดังภาพที่ 2.14



ภาพที่ 2.14 โครงสร้างชุดตัวตรวจวัดก๊าซ ชนิด Thermal Conductivity Detector

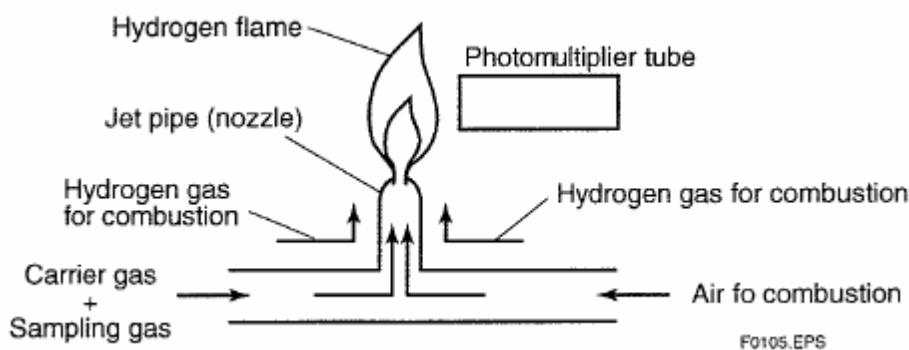
ที่มา : <http://www.yokogawa.com/an/gc1000m2/an-gc1000m2-01en.htm>

2. **Flame ionization detector (FID)** เป็นตัวตรวจวัดที่ใช้หลักการที่สารที่ผ่านจาก Column จะถูกเผาโดยจะถูกเผาโดยเปลวไฟ (Flame) ทำให้เกิด Ionization ได้ Ion ภายในตรวจวัด ซึ่งมีขั้วอิเล็กโทรด (Electrode) ที่จับกับไอออน (Ion) ซึ่งมีผลทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าเกิดขึ้นตัวตรวจวัดชนิดนี้เป็นชนิดที่นิยมใช้มากที่สุดก๊าซพาหะที่ใช้คือ ก๊าซฮีเลียม(Helium) และก๊าซไนโตรเจน (Nitrogen) ดังภาพที่ 2.15



ภาพที่ 2.15 โครงสร้างชุดตัวตรวจวัดก๊าซ ชนิด Flame Ionization Detector  
ที่มา : <http://www.yokogawa.com/an/gc1000m2/an-gc1000m2-01en.htm>

3. Flame Photometric Detector (FPD) เป็นตัวตรวจวัดก๊าซที่ใช้หลักการที่สารที่ผ่านจากชุดแยกก๊าซแต่ละชนิดจะถูกเผาโดยเปลวไฟ ทำให้เกิดการแตกตัวของไอออน ภายในตัวตรวจวัดใช้ตัว โฟโตเซ็นเซอร์ (Photomultiplier tube) เป็นตัววัดวิเคราะห์ดังภาพที่ 2.16

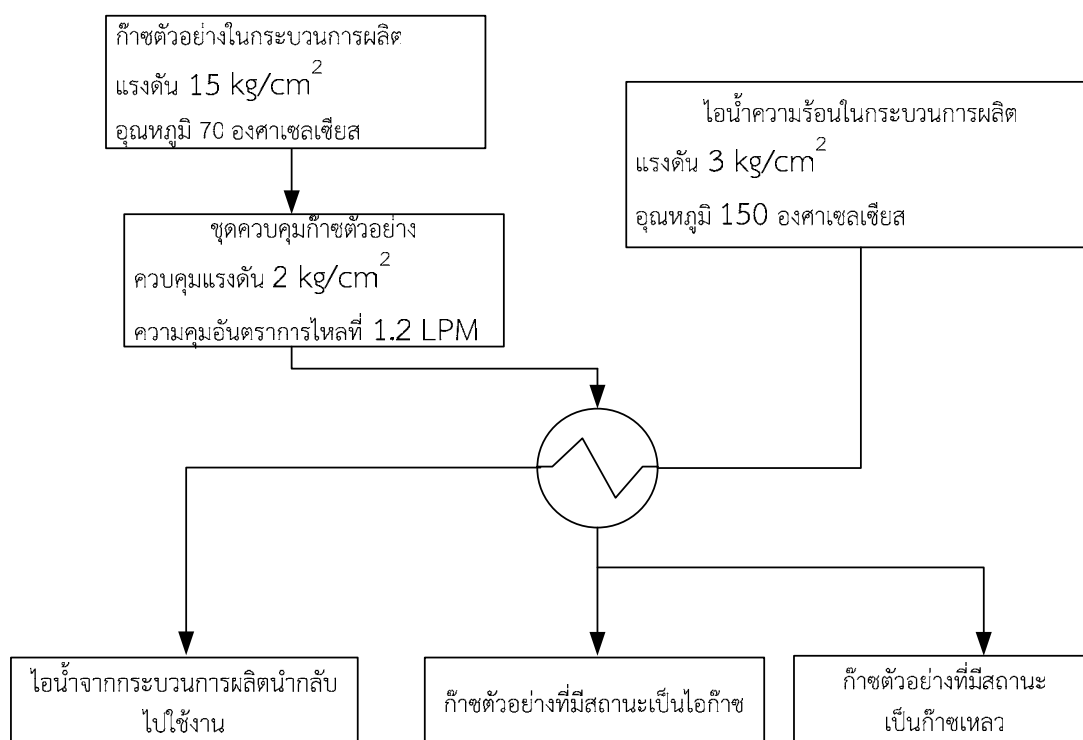


ภาพที่ 2.16 โครงสร้างชุดตัวตรวจวัดก๊าซ ชนิด Flame Photometric Detector  
ที่มา : <http://www.yokogawa.com/an/gc1000m2/an-gc1000m2-01en.htm>

## 2.5 อุปกรณ์ที่ใช้ในการพัฒนาฝีมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ

การเลือกอุปกรณ์ที่ใช้ในการพัฒนาเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำผู้วิจัยได้นำมาตรฐานของ ASME มาใช้ในการหลักการเลือกอุปกรณ์ในการใช้งานในครั้งนี้ โดยมาตรฐาน ASME คือ American Society of Mechanical Engineers ซึ่งเป็นมาตรฐานสากลของ

สมาคมวิศวกรเครื่องกลชาวอเมริกันโดยที่กำหนดอุปกรณ์ให้เป็นไปตามการนำไปใช้งานซึ่งจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและแรงดันตามภาพที่ 2.17



ภาพที่ 2.17 บรีอกไดอะแกรมแสดงการทำงานของเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำที่ประกอบไปด้วยค่าความร้อนและค่าแรงดัน

2.5.4 อุปกรณ์ใช้งานในการสร้างเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำมีดังนี้

2.5.4.1 ชุดท่อ (Pipe Stainless)

2.5.4.2 ชุดท่อขนาดเล็ก (Tube Stainless)

2.5.4.3 ชุดบอลวาล์ว (Ball valve Stainless)

2.5.4.1 ชุดท่อ (Pipe Stainless)

โดยการเลือกชุดท่อมาใช้งานจำเป็นต้องคำนึงถึง อุณหภูมิและแรงดันเข้ามาเกี่ยวข้องจะสามารถออกแบบชุดอุปกรณ์ที่นำมาใช้งานให้ครอบคลุมซึ่งอุณหภูมิและแรงดันของเครื่องมือจะหาได้จากกระบวนการผลิตของโรงงานนำมาเปรียบเทียบกับคุณสมบัติของอุปกรณ์โดยที่แรงดันที่ใช้งานคือแรงดัน 2 kg/cm<sup>2</sup> และที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส โดยทางผู้วิจัยทำการออกแบบอุปกรณ์ที่จะนำมาติดตั้งกับเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซได้ถึง 13 kg/cm<sup>2</sup> และอุณหภูมิสูงถึง 200 องศาเซลเซียส ตามมาตรฐานของท่อ ASME ดังแสดงในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 ขนาดของท่อสแตนเลส

Pipe Size	Schedule Number	Outside Diameter	Wall Thickness	Inside Diameter	Schedule Number
1/8	10s	0.405	0.049	0.307	10s
	40s		0.068	0.269	40s
	80s		0.095	0.215	80s
1/4	10s	0.54	0.065	0.41	10s
	40s		0.088	0.364	40s
	80s		0.119	0.302	80s
3/8	10s	0.675	0.065	0.545	10s
	40s		0.091	0.493	40s
	80s		0.126	0.423	80s
1/2	5s	0.84	0.065	0.71	5s
	10s		0.083	0.674	10s
	40s		0.109	0.622	40s
	80s		0.147	0.546	80s
3/4	5s	1.05	0.065	0.92	5s
	10s		0.083	0.884	10s
	40s		0.113	0.824	40s
	80s		0.154	0.742	80s
1	5s	1.315	0.065	1.185	5s
	10s		0.109	1.097	10s
	40s		0.133	1.049	40s
	80s		0.179	.957	80s

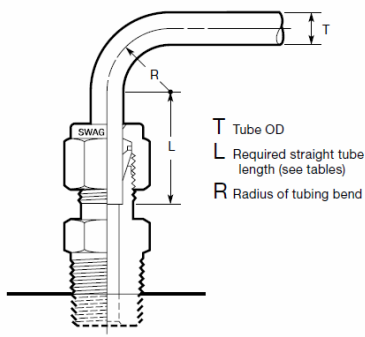


#### 2.5.4.2 ชุดท่อขนาดเล็ก (Tube Stainless)

คือท่อจะเป็นท่อกลมๆขนาดเล็กใช้ในงานที่ไม่ต้องการความแข็งแรงมากนักโดยมากใช้ในงานที่เป็นจุดต่อสำหรับอุปกรณ์เช่น ต่อแรงดันลมให้กับ วาล์ว คุณสมบัติคือง่ายในการตัด การตัดการงอสามารถทำได้ง่าย ในเครื่องมือเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำเลือกใช้ท่อที่เป็นสแตนเลส เพราะป้องกันการเกิดสนิมภายในท่อและเป็นท่อที่เป็นมาตรฐานสากลสามารถหาซื้อได้ง่ายและยังสามารถถ่ายเทความร้อนได้ดีมากกว่าท่อที่เป็นท่อคาร์บอนโดยวิธีที่เลือกชนิดจะต้องคำนึงถึงการนำไปใช้งาน ซึ่งท่อขนาดเล็กจะอยู่ด้านในของท่อที่มีขนาดใหญ่ ภายในท่อจะนำไอน้ำไหลผ่าน ส่วนผิวนอกของท่อจะมีก๊าซที่มีสถานะเป็นก๊าซเหลวไหลผ่าน ทำการเลือกท่อตาม

มาตรฐานASME โดยที่ แรงดันและอุณหภูมิเป็นตัวกำหนดขนาดของท่อไอน้ำในการใช้งานจริงจะใช้ไอน้ำอุณหภูมิที่ 150 องศาเซลเซียส และแรงดันที่ 3 kg/cm<sup>2</sup> และก๊าซที่มีสถานะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และแรงดันที่ 2kg/cm<sup>2</sup> ตามตารางแสดงใน ตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 ขนาดท่อสแตนเลสของบริษัทswagelok



Fractional, in.		Metric, mm	
T Tube OD	L <sup>①</sup>	T Tube OD	L <sup>①</sup>
1/16	1/2	3	19
1/8	23/32	6	21
3/16	3/4	8	23
1/4	13/16	10	25
5/16	7/8	12	31
3/8	15/16	14	32
1/2	1 3/16	15	
5/8	1 1/4	16	
3/4		18	
7/8	1 5/16	20	34
1	1 1/2	22	
1 1/4	2	25	40
1 1/2	2 13/32	28	46
2	3 1/4	30	50
		32	54
		38	63
		50	80

① Required straight tube length.

การเลือกขนาดของท่อและความหนาสำคัญอย่างมากเพราะถ้าเลือกขนาดและความหนาไม่เหมาะสมกับการใช้งานแล้วอาจเกิดอันตรายขณะนำไปใช้งานได้ดังนั้นจึงจำเป็นต้องให้เป็นไปตามมาตรฐาน ของท่อสแตนเลสที่ใช้ในการพัฒนาเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซซึ่งป็นมาตรฐานสากล ASME ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันโดยที่สามารถใช้ได้ในสถานะอุณหภูมิที่ -20 องศาเซลเซียส ถึง 900 องศาเซลเซียส และแรงดันที่20,000 psig ตามตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 ขนาดความหนาและคุณสมบัติท่อสแตนเลสของบริษัท swagelok

Tube OD in.	Tube Wall Thickness, in.												Swagelok Fitting Series	
	0.028	0.035	0.049	0.065	0.083	0.095	0.109	0.120	0.134	0.148	0.165	0.180		0.220
	Note: For gas service, select a tube wall thickness outside of the shaded area. (See Gas Service, page 2.)													
1/8	8000	10 200												200
3/16	5100	6 600	9600											300
1/4	3700	4 800	7000	9600										400
5/16		3 700	5500	7500										500
3/8		3 100	4500	6200										600
1/2		2 300	3200	4500	5900									810
5/8		1 800	2600	3500	4600	5300								1010
3/4			2100	2900	3700	4300	5100							1210
7/8			1800	2400	3200	3700	4300							1410
1			1500	2100	2700	3200	3700	4100						1610
1 1/4				1600	2100	2500	2900	3200	3600	4000	4600	5000		2000
1 1/2					1800	2000	2400	2600	2900	3300	3700	4100	5100	2400
2						1500	1700	1900	2100	2400	2700	3000	3700	3200

### 2.5.4.3 ชุดวาล์ว (Ball valve Stainless)

วาล์วที่ใช้ในการพัฒนาเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำเป็นบอลวาล์วเพราะเป็นวาล์วที่มีอัตราการรั่วไหลน้อยมากซึ่งถ้านำไปใช้งานแล้วเมื่อต้องการ ปิด/เปิด วาล์วจะง่ายต่อการใช้งาน โดยวาล์วที่เลือกใช้นั้นเป็นวาล์วของบริษัท swagelok เป็นวาล์วสแตนเลสขนาดเล็กเพราะต้องการใช้ให้เหมาะสมกับชุดท่อ ง่ายต่อการติดตั้งและไม่เป็นสนิมทนแรงดันได้สูงถึง 10,000 psig และทนอุณหภูมิสูงถึง -17 องศาเซลเซียส ถึง 232 องศาเซลเซียส ดังแสดงภาพ 2.18 และตารางที่ 2.7 เป็นการแสดงคุณภาพ



ภาพที่ 2.18 บอลวาล์วของบริษัท swagelok

ที่มา : [www.swagelok.com/](http://www.swagelok.com/)

## 2.6 หลักการการออกแบบและการพัฒนาเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ

### กรอบความคิดและทฤษฎีที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยมีแนวความคิดที่จะพัฒนาเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ โดยได้นำกรอบแนวคิดของ วัลลภ จันทร์ตระกูล (2530:25-45, 2552:27) มาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำซึ่งมีขั้นตอน ดังนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมายในการนำเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำไปใช้งานในการเปลี่ยนสถานะของก๊าซ จากก๊าซที่มีสถานะเป็นก๊าซเหลวให้เปลี่ยนสถานะเป็นไอก๊าซ เพื่อช่วยให้เครื่องมือวัดและวิเคราะห์ก๊าซ วัดหาค่าองค์ประกอบและค่าความเข้มข้นของก๊าซในกระบวนการการผลิตของโรงงาน
2. วิเคราะห์และตัดสินใจเลือกชิ้นส่วนประกอบ

3. เขียนแบบและออกแบบเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ
4. ทดลองนำเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ ไปใช้งานในโรงงาน โดยใช้เปลี่ยนสถานะของก๊าซตัวอย่างที่มีสถานะเป็นก๊าซเหลว
5. ปรับปรุงเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ
6. หาประสิทธิภาพของเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ

## 2.7 การประเมินคุณภาพ

คุณภาพ หมายถึง ผลประเมินเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำของผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 5 ด้านคือ ด้านการใช้งาน ด้านการออกแบบ ด้านความปลอดภัย ด้านการดูแลรักษา และด้านการตรวจสอบเครื่องมือก่อนนำไปใช้งาน

คุณภาพ ของเครื่องมือ หมายถึง การตรวจสอบเครื่องและอุปกรณ์ที่ใช้งานอยู่เพื่อความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงานโดยการทดสอบการรั่วไหลของชุดเครื่องด้วยวิธีการอัดแรงดันลมหรือไนโตรเจนเข้าไปในเครื่องมือที่สร้างขึ้น ที่แรงดัน 1.5 เท่าของแรงดันที่จะนำอุปกรณ์ไปใช้งาน และใช้น้ำสบู่ฉีดให้ทั่วๆกับอุปกรณ์เมื่อเกิดการรั่วไหลจะเกิดฟองอากาศ และวิธีการทดสอบการใช้หลักการของกระบวนการแทรกซึมของน้ำยาลงไปในผิวชิ้นงาน **สเปร์ย์ตรวจสอบรอยร้าวของบริษัท MAGNAFLUX CHEMICALS** ที่ผิวแนวเชื่อมประกอบด้วย Penetrant, Remover และ Developer โดยใช้น้ำยาสีแดงทาผิวหน้าบริเวณที่ต้องการตรวจสอบจากนั้นล้างคราบสีแดงด้วย Cleaner และใช้น้ำยาสีขาวทาทับถ้ามีรอยร้าวจะขึ้นสีแดงจากน้ำยาสีแดง  
(เอกสารวิธีการปฏิบัติงานการตรวจสอบสภาพภายในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน. บริษัท พีทีที แมนแทนแนนซ์ แอนด์ เอนจิเนียริง จำกัด)

## 2.8 การหาประสิทธิภาพ

ประสิทธิภาพ หมายถึง ผลการทดสอบเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ นำไปใช้ทดสอบเปลี่ยนสถานะของก๊าซตัวอย่างที่มีสถานะเป็นก๊าซเหลวให้เปลี่ยนสถานะเป็นไอก๊าซ ซึ่งก๊าซตัวอย่างที่นำมาใช้ในการทดสอบมีหนังสือรับรองคุณสมบัติของก๊าซ ทำการทดสอบโดยนำก๊าซตัวอย่างที่มีสถานะเป็นของเหลวแรงดันก๊าซคงที่  $2 \text{ kg/cm}^2$  ใช้เครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ เปลี่ยนสถานะของก๊าซจากก๊าซเหลวให้เปลี่ยนสถานะเป็นไอก๊าซ และจ่ายให้เครื่องมือวัดและวิเคราะห์ก๊าซ วัดหาค่าองค์ประกอบและค่าความเข้มข้นของก๊าซ ใช้วันในการทดสอบจำนวนทั้งหมด 4 วัน แบ่งการทดสอบเป็นวันละ 2 ชั่วโมง บันทึกผลการทดสอบรวมทั้งหมดที่วัดได้จำนวน 50 ครั้ง ซึ่งผลการทดสอบเครื่องมือเปลี่ยน

สถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำที่พัฒนาขึ้น มีค่าเฉลี่ยความผิดพลาดไม่เกิน  $\pm 2\%$

การหาประสิทธิภาพชุดปฏิบัติการ หมายถึง คุณภาพของชุดปฏิบัติการที่สร้างขึ้น โดยจากการปฏิบัติงานของผู้ที่ใช้งานด้วยชุดปฏิบัติการ และประสิทธิภาพ เป็นเครื่องมือที่สามารถทำให้ได้ข้อมูลที่ดีที่สุด เชื่อถือได้มากโดยวิธีการที่สะดวก รวดเร็ว คล่องตัว เสียเวลาน้อย ลงทุนน้อย และใช้งานน้อย (ภัทธา นิคมานนท์ 2539:14) การคิดค่าประสิทธิภาพของเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นคำนวณได้จากสูตรต่อไปนี้

### 2.8.1 การหาค่าเฉลี่ย (Arithmetic Mean) ใช้สำหรับการหาค่าเฉลี่ย

(รวิวรรณ ชินะตระกูล. 2542 : 164)

$$\text{สูตร} \quad \bar{X} = \frac{\sum X}{n}$$

เมื่อ  $\bar{X}$  แทน ค่าเฉลี่ยเลขคณิต

$\sum X$  แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

$n$  แทน จำนวนคะแนนในกลุ่ม

### 2.8.2 การหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ใช้สำหรับวิเคราะห์กระจายของข้อมูล (รวิวรรณ ชินะตระกูล. 2542 : 179)

$$\text{สูตร} \quad S.D. = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

เมื่อ S.D. แทน ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$X$  แทน ค่าแต่ละตัว

$\bar{X}$  แทน ค่าเฉลี่ยเลขคณิต

$n$  แทน จำนวนคะแนนในกลุ่ม

$\sum$  แทน ผลรวมของข้อมูล

## 2.9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซ ดังนี้

กนกรัตน สมบัติ (2545 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเพื่อพัฒนาระบบตรวจสอบปรนัยอัตโนมัติซึ่งมีการพัฒนาทั้งในส่วนกระดาษคำตอบ และโปรแกรมตรวจสอบระบบนี้สามารถควบคุมเครื่องสแกนเนอร์ให้นำภาพกระดาษคำตอบเข้าสู่การวิเคราะห์วิเคราะห์กระดาษคำตอบโดยวิธีการเปรียบเทียบตำแหน่งจุดภาพตรวจสอบวิเคราะห์คุณภาพข้อสอบเป็นรายข้อและแสดงผลการตรวจสอบทางจอภาพหรือเครื่องพิมพ์ได้ในการวิจัยนี้ได้พัฒนาโปรแกรมตรวจสอบด้วยโปรแกรม

Delphiและออกแบบกระดาษคำตอบด้วยโปรแกรม Illustrator นอกจากนี้ได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในด้านความเร็วในการตรวจสอบระหว่างระบบตรวจสอบปรนัยอัตโนมัติกับการตรวจสอบในระบบเดิมกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยนี้คือผลการสอบจากนักเรียนจำนวน 4 ชุดในแต่ละชุดมีจำนวนกระดาษคำตอบ 25 แผ่น และมีคำถามในการสอบทั้งหมด 80ข้อผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพพบว่าการตรวจสอบโดยระบบตรวจสอบปรนัยอัตโนมัติมีประสิทธิภาพในการตรวจสอบสูงกว่าการตรวจสอบในระบบเดิมที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.01 จากการวิจัยนี้ทำให้ได้ระบบตรวจสอบที่สามารถนำข้อมูลจากกระดาษคำตอบเข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์ได้โดยตรงทำให้การประมวลผลข้อมูลการสอบต่างๆทั้งในด้านรวมคะแนนและการวิเคราะห์คุณภาพข้อสอบทำได้สะดวก ถูกต้องและรวดเร็ว

ชาญ จีบพัน (2549 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเพื่อพัฒนาเครื่องช่วยพิมพ์อักษรเบรลล์ที่ควบคุมคอมพิวเตอร์เครื่องช่วยพิมพ์อักษรเบรลล์นี้มีขั้นตอนการพิมพ์อยู่สองขั้นตอนคือขั้นตอนการพิมพ์ตัวอักษรและขั้นตอนการขึ้นบรรทัดใหม่ ในขั้นตอนการพิมพ์จะมี 2 จังหวะโดยในจังหวะแรกจะเป็นการยื่นนิ้ว (แกนของโซลินอยด์) ซึ่งจะใช้โซลินอยด์จำนวน 7 ตัว (6 ตัวสำหรับ 6 จุดในอักษรเบรลล์ และ 1 ตัวสำหรับการเว้นวรรค)โดยโซลินอยด์จะยื่นออกมาตามตำแหน่งของจุดที่ต้องการพิมพ์และจังหวะที่สองจะเป็นการกดเพื่อสร้างอักษรเบรลล์ลงบนกระดาษในจังหวะนี้จะใช้โซลินอยด์ตัวใหญ่เพื่อดึงชุดโซลินอยด์ทั้ง 7 ตัวนี้ลงมาโดยตัวที่ยื่นออกมาจะไปกดแป้นพิมพ์ ณ ตำแหน่งของจุดที่ต้องการของอักษรเบรลล์ (1 Cell) ที่แทนตัวอักษรหรือสระที่ต้องการสำหรับขั้นตอนที่สองจะเป็นขั้นตอนการขึ้นบรรทัดใหม่ ในขั้นตอนนี้จะ แบ่งออกเป็น 2 จังหวะเช่นกัน โดยจังหวะแรกจะเป็นการเลื่อนกระดาษขึ้น 1 บรรทัดโดยใช้โซลินอยด์ตัวใหญ่ไปกดแป้นพิมพ์ขึ้นบรรทัดใหม่และในจังหวะที่สองจะเป็นเลื่อนหัวพิมพ์ไปที่ตำแหน่งแรกของบรรทัดโดยใช้มอเตอร์ทำการเลื่อนหัวพิมพ์เครื่องช่วยพิมพ์อักษรเบรลล์จะถูกควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์โดยคอมพิวเตอร์จะรับบทความภาษาไทยและทำการแปลงอักษรเบรลล์ที่ละตัวแล้วส่งชุดของตำแหน่งของจุดที่จะพิมพ์ไปที่เครื่องช่วยพิมพ์นี้พิมพ์เครื่องช่วยพิมพ์อักษรเบรลล์มีความเร็วในการพิมพ์อักษรเบรลล์ภาษาไทยได้ 42 ตัวอักษรต่อนาที ซึ่งรวดเร็วกว่าการใช้บุคลากรในการพิมพ์ที่สามารถพิมพ์โดยเฉลี่ยได้ 30 ตัวอักษรต่อนาทีหรือเร็วกว่า 36%และจากการสอบถามผู้ใช้ปรากฏว่าเป็นเครื่องที่ช่วยในการพิมพ์อักษรเบรลล์ได้ดีมากการพิมพ์อักษรชัดเจนถูกต้อง ผู้พิการทางการมองเห็นสามารถอ่านได้และผู้ที่พิมพ์อักษรเบรลล์ไม่เป็น สามารถใช้เครื่องช่วยพิมพ์อักษรเบรลล์นี้พิมพ์ได้

เกียรติศักดิ์ เส็งพัฒน์ (2550 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเพื่อพัฒนาเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงประสิทธิภาพสูงโดยอาศัยพลังงานจากแรงกดของรถยนต์รวมถึงเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวงจรจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง บั๊กคอนเวอร์เตอร์เปรียบเทียบประสิทธิภาพกับวงจรจ่ายกำลังไฟฟ้าที่ปรับลดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงโดยการแบ่งแรงดันโดยตัวต้านทานผลการวิจัยพบว่าชุดการกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงสามารถผลิตไฟฟ้าได้กำลังไฟฟ้า ได้สูงสุดถึง 32 วัตต์โดยใช้จากแรงกดจากน้ำหนักล้อรถยนต์เคลื่อนที่ผ่านชุดอุปกรณ์ทางกลไปขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และนำกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ผ่านวงจร

บีกคอนเวอร์เตอร์เพื่อไปประจุแบตเตอรี่ จากนั้นนำวงจรบีกคอนเวอร์เตอร์เพื่อควบคุมแรงดันจ่ายให้ไดโอดเปล่งแสง โดยระดับแรงดันออกของวงจรทั้งสองมีระดับแรงดันคงที่ตลอดเวลาที่ระดับ 6.9 โวลต์ และ 3.1 โวลต์ ตามลำดับมีระดับกระแสสูงสุดที่จ่ายให้กับไดโอดเปล่งแสงจำนวน 150 ดวง เท่ากับ 586 mA ให้ค่าความส่องสว่างสูงสุด 233 ลักซ์ และมีระดับความส่องสว่างเฉลี่ย  $\bar{x}$  เท่ากับ 135.2 ลักซ์ มีระยะการมองเห็นได้เกิน 150 เมตรสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายต่อปีเมื่อเทียบกับการใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์จำนวน 4 หลอด จำนวน 934 บาทและประหยัดค่าใช้จ่ายต่อปีเมื่อเทียบกับการใช้หลอดไส้จำนวน 6,483 บาทวงจรจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงบีกคอนเวอร์เตอร์มีประสิทธิภาพด้านการให้กำลังงานเอาต์พุตสูงกว่าวงจรจ่ายกำลังไฟฟ้าที่แบ่งแรงดันไฟฟ้าโดยตัวต้านทาน ที่ระดับเฉลี่ย  $\bar{x}$  ร้อยละเท่ากับ 49.77 มีประสิทธิภาพด้านการให้ความส่องสว่างสูงกว่าวงจรจ่ายกำลังไฟฟ้าที่แบ่งแรงดันโดยตัวต้านทานที่ ระดับเฉลี่ย  $\bar{x}$  ร้อยละ เท่ากับ 42.70 และวงจรจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงบีกคอนเวอร์เตอร์ มีระยะเวลาใช้แบตเตอรี่นานกว่าวงจรจ่ายกำลังไฟฟ้าที่แบ่งแรงดันโดยตัวต้านทานเป็นเวลา 2 ชั่วโมง

เฉลิมพล เหลืองศิริรักษา (2543 : บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาและวิเคราะห์ระบบต้นกำลังกำลังผลิตไอน้ำ ให้สามารถนำพลังงานกลับมาใช้ประโยชน์ให้สูงสุด ซึ่งจากการวิเคราะห์ใน 4 ประการ พบว่า ประการที่ 1 การนำความร้อนที่จากปลุก๊าซที่ปล่อยทิ้งนำกลับมาถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำเลี้ยงหม้อน้ำ โดยผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิดท่อสองชั้นแบบไหลสวนทางพบว่าสามารถที่จะเพิ่มประสิทธิภาพของระบบหม้อไอน้ำจาก 76% เป็น 84.5% และสำหรับการไหลสวนทางกันพบว่าสามารถที่จะเพิ่มประสิทธิภาพหม้อไอน้ำจาก 76.9% เป็น 83.1% ประการที่ 2 การวิเคราะห์ระบบการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงภายในหม้อน้ำ พบว่าชนิดเชื้อเพลิงที่ใช้ในการวิเคราะห์ เชื้อเพลิง ก๊าซเอทีลินให้ความร้อนสูงสุด ส่วนเชื้อเพลิงก๊าซมีเทนให้ค่าความร้อนน้อยที่สุดและเมื่อปรับปริมาณอากาศส่วนเกินที่ใช้ในการเผาไหม้พบว่าเมื่อปริมาณอากาศส่วนเกินเพิ่มขึ้น 10% ทำให้ค่าความร้อนหรืออุณหภูมิของปลุก๊าซที่ได้มาจากการเผาไหม้ลดลง 5.8% ประการที่ 3 การวิเคราะห์ผลของความชื้นของอากาศจาก การเผาไหม้เชื้อเพลิง พบว่าเมื่อความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศเพิ่มขึ้น 10% มีผลทำให้อุณหภูมิจุดน้ำค้างไอน้ำในปลุก๊าซเพิ่มขึ้น 1.2% และอุณหภูมิจุดน้ำค้างกรดซัลฟูริกในปลุก๊าซเพิ่มขึ้น 1.9% ซึ่งจากข้อมูลในช่วงเดือนตุลาคมจะมีโอกาสที่จะเกิดการกัดกร่อนของโลหะที่ใช้ทำปล่องคว้นไฟได้ง่ายเนื่องจากพบว่า อุณหภูมิจุดน้ำค้างกรดซัลฟูริกมีค่ามากที่สุดสำหรับประการที่ 4 การเปรียบเทียบผลของอุณหภูมิจุดน้ำค้างกรดซัลฟูริกในปลุก๊าซระหว่างผลในทางทฤษฎีและผลที่ได้ใช้งานจริง พบว่าอุณหภูมิค้างไอน้ำในทางทฤษฎีมีมากกว่าผลที่ใช้งานจริง 8.6% และอุณหภูมิจุดน้ำค้างกรดซัลฟูริกในทางทฤษฎีมีค่ามากกว่าผลที่ใช้งานจริง 5.9%

เรือโทกิตติ จันทร์แสงสี (2535 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิเคราะห์สมรรถนะเชิงความร้อนของหม้อไอน้ำแบบหลอดไฟศึกษาวิเคราะห์พารามิเตอร์ เพื่อหาสมรรถนะเชิงความร้อนของระบบต้นกำลังผลิตไอน้ำ โดยอาศัยสมการทางคณิตศาสตร์มาวิเคราะห์ซึ่งผลที่ได้พบว่า ประสิทธิภาพสูงสุดของหม้อไอน้ำขนาด 3.6 ตัน/ชั่วโมง และขนาด 4.8 ตัน/ชั่วโมง คือ 87% และ 37.7% และ 48% โดยเมื่อมีสภาวะการทำงานสูงขึ้นจะปรากฏการณ์คอขวด (Bottom-neck Effect) ซึ่งสาเหตุส่วนใหญ่มาจากพื้นผิวการ

ถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำมีน้อยเกินไป และพบว่าประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนของห้องสันดาปมีค่าประมาณ 65.1% ถึง 73.7% และของท่อไพม์ค่าประมาณ 63.5% ถึง 73.7% และอุณหภูมิของก๊าซที่ออกจากผิวการถ่ายเทความร้อนสูงกว่าปกติ ในช่วงที่เกิดปรากฏการณ์ค็อคขวดและมีแนวโน้มที่อุณหภูมิจะสูงขึ้นไปอีก

พร้อมพันธ์ แสงแก้ว (2547 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยวิทยานิพนธ์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนเชื้อเพลิงจากก๊าซปิโตรเลียมเหลวเป็นก๊าซธรรมชาติในเตาหลอมทองแดงของบริษัทสายไฟฟ้าบางกอกเคเบิลจำกัดโดยจะทำการปรับปรุงระบบหลอมทองแดงเพื่อให้สามารถใช้ก๊าซธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงได้จากการทดลองในกรณีใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลวเป็นเชื้อเพลิง พบว่าอุณหภูมิของก๊าซเสีย 364.5 องศาเซลเซียส ความร้อนสูญเสียในก๊าซเสีย 48.61% และประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนของเตาหลอมทองแดง 41.4% ภายหลังจากเปลี่ยนมาใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติพบว่าอุณหภูมิของก๊าซเสีย 406.3 องศาเซลเซียส ความร้อนสูญเสียในก๊าซเสียลดลงเหลือ 40.25% และประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนของเตาหลอมทองแดงเพิ่มขึ้นเป็น 45.52% จากการวิจัยสรุปได้ว่าเมื่อเปลี่ยนมาใช้เชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนของเตาหลอมทองแดงเพิ่มขึ้นเนื่องจากความร้อนสูญเสียในก๊าซเสียน้อยลงโดยที่ปริมาณผลผลิตทองแดงยังเท่าเดิมคือประมาณ 22 ตันต่อชั่วโมงในด้านของคุณภาพของทองแดงสามารถควบคุมปริมาณออกซิเจนในลวดทองแดงให้ต่ำกว่า 150-250 ppm ซึ่งจัดว่าเป็นทองแดงที่มีคุณภาพดีและทางโรงงานสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายในส่วนองราคาค่าเชื้อเพลิงประมาณปีละ 968,794 บาท สามารถคำนวณเป็นอัตราการประหยัดได้เท่ากับ 56 บาทต่อตัน

## บทที่ 3

# วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัย เพื่อพัฒนาหาคุณภาพประสิทธิภาพของเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ มีขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยดังนี้

- 3.1 ประชากรกลุ่มตัวอย่าง
- 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล
- 3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล
- 3.5 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

### 3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

#### 3.1.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ ก๊าซตัวอย่าง 3 ชนิด คือ ก๊าซเอเอ็มเอพีดี ก๊าซโพเพน ก๊าซโพพิลีน ที่มีสถานะเป็นก๊าซเหลวตามหนังสือรับรองคุณภาพของก๊าซจากโรงงานผู้ผลิตก๊าซ

#### 3.1.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่จะนำมาใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ ก๊าซตัวอย่าง 3 ชนิด คือ ก๊าซเอเอ็มเอพีดี ก๊าซโพเพน ก๊าซโพพิลีน ที่มีสถานะเป็นก๊าซเหลวซึ่งก๊าซมีแรงดันคงที่เท่ากับ  $1 \text{ kg/cm}^2$  นำมาใช้งานในระยะเวลา 2 ชั่วโมง โดยทำการทดสอบจำนวน 50 ครั้ง

### 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ดำเนินการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย

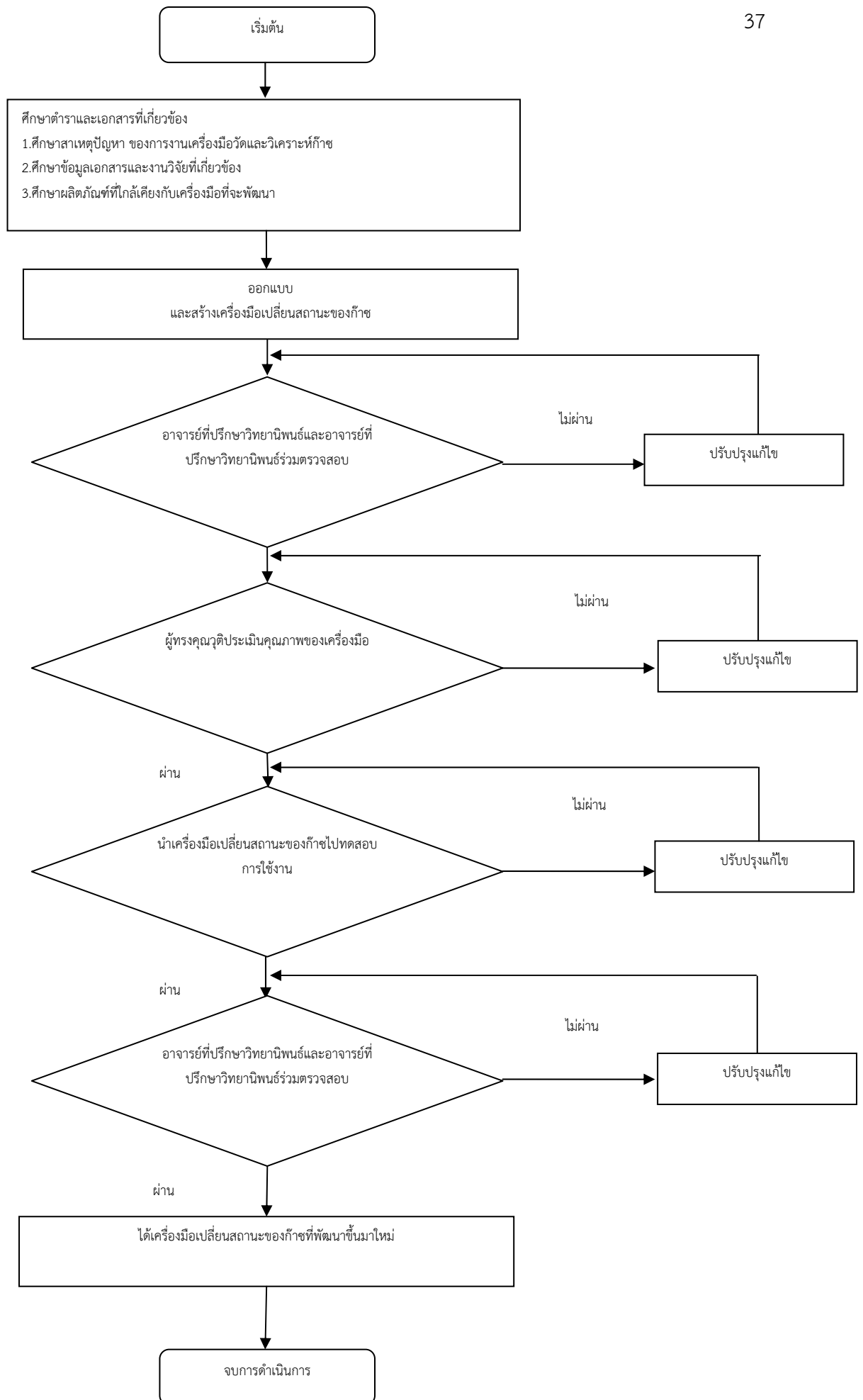
- 3.2.1 เครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ
- 3.2.2 แบบประเมินคุณภาพเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ
- 3.2.3 แบบบันทึกผลการทดลองเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ

### 3.2.1 เครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ

ผู้วิจัยประยุกต์ใช้กรอบแนวคิดของ วัลลภ จันทรตระกูล (2530:25-45, 2552:27) ในการพัฒนาเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำมีขั้นตอนการดำเนินงานดังสรุปในภาพที่ 3.1 และมีรายละเอียดการพัฒนาดังต่อไปนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมายในการสร้างเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำมาใช้แก้ไขปัญหาในเรื่อง ก๊าซที่มีสถานะเป็นก๊าซเหลวหลุดเข้าไปใน เครื่องมือวัดและวิเคราะห์ก๊าซของโรงงานทำให้เครื่องมือวัดและวิเคราะห์ก๊าซวัดค่าก๊าซในกระบวนการผลิตได้ไม่ถูกต้อง

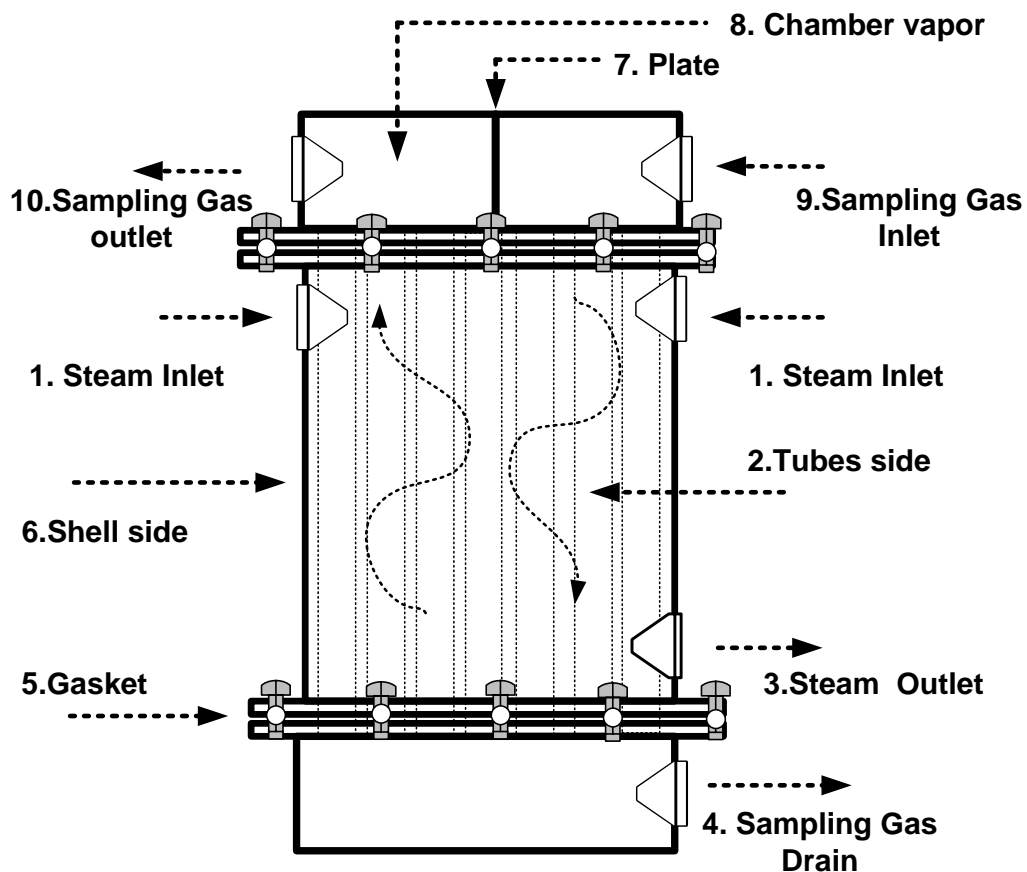
2. ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาทฤษฎีและการประยุกต์ใช้งานเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ สอบถามอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ เพื่อกำหนดรายละเอียดของการออกแบบและการสร้างเครื่องมือ รวมถึงค้นคว้าเอกสารวิทยานิพนธ์และตำราต่างๆ เพื่อให้เครื่องมือที่พัฒนาขึ้นสอดคล้องต่อการนำไปใช้งาน



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนดำเนินการพัฒนาเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ

3. วิเคราะห์และตัดสินใจเลือกชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อกำหนดรายละเอียดและการสร้าง โดยในการวิจัยครั้งนี้เลือกใช้วัสดุที่เป็นสแตนเลสเป็นส่วนประกอบ เพื่อให้เครื่องมือเปลี่ยนสถานะของ ก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำมีประสิทธิภาพในการนำไปใช้งาน

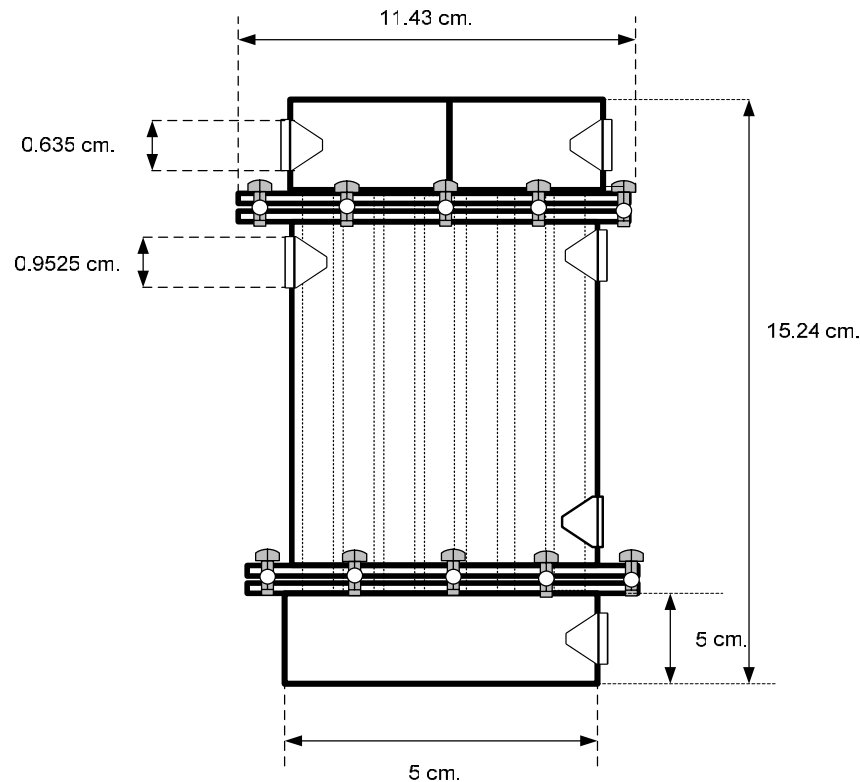
4. ออกแบบและสร้างและกำหนดการทำงานของเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้ พลังงานความร้อนจากไอน้ำดังภาพที่ 3.2, 3.3, 3.4



ภาพที่ 3.2 ออกแบบเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำที่พัฒนา ขึ้นมาใหม่

อุปกรณ์ประกอบเครื่องมือเปลี่ยนสถานะโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำที่พัฒนาขึ้น มาใหม่ประกอบด้วยอุปกรณ์ดังนี้

- 1.ท่อไอน้ำด้านขาเข้า (Low pressure steam inlet)
- 2.ท่อขนาดเล็กด้านในเป็นไอน้ำ (Tube side)
- 3.ท่อไอน้ำด้านขาออก (Low pressure steam outlet)
- 4.ท่อก๊าซทิ้ง (Sampling Gas Drain)
- 5.แผ่นซีบกั้นการรั่ว (Gasket)
- 6.ผิวท่อด้านใน (Shellside)
7. แผ่นกั้นระหว่างห้อง (Plate)
8. ห้องไอก๊าซ (Chamber Vapor)
9. ท่อก๊าซตัวอย่างที่เป็นก๊าซเหลวไหลเข้า (Sampling gas inlet)
10. ท่อไอก๊าซตัวอย่างด้านขาออก (Vapor sampling gas outlet)



ภาพที่ 3.3 ขนาดของเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำที่พัฒนาขึ้นมาใหม่

วัสดุอุปกรณ์ที่นำมาใช้ในการพัฒนาเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซที่พัฒนาขึ้นมาใหม่วัสดุที่นำมาใช้ประกอบไปด้วยท่อขนาดเล็กและท่อ ซึ่งเลือกวัสดุที่นำมาใช้งานมาตรฐาน ASME :American Society of Mechanical Engineers คือ สมาคมวิศวกรเครื่องกลชาวอเมริกัน

1. มาตรฐานท่อขนาดเล็ก ขนาด 1/4 นิ้ว SA 213 Gr. 316

ท่อขนาดเล็ก ขนาด 1/4 นิ้ว มาตรฐาน ASME สามารถทนอุณหภูมิได้ = -20 องศาเซลเซียส ถึง 900 องศาเซลเซียส

ท่อขนาดเล็ก ขนาด 1/4 นิ้ว มาตรฐาน ASME สามารถทนแรงดันได้  
= แรงดันที่ 20,000 psig หรือ 1378.951456 บาร์

2. มาตรฐานท่อ ขนาด 3 นิ้ว ความหนา  $\leq 0.1079$  มิลลิเมตร SA 312 Gr. 304 ASME

ท่อขนาด 3 นิ้ว มาตรฐาน ASME สามารถทนอุณหภูมิได้ =  $\leq 815$  องศาเซลเซียส

ท่อขนาด 3 นิ้ว มาตรฐาน ASME สามารถทนแรงดันได้ = แรงดันที่ 4 kg/cm<sup>2</sup>

การเลือกการวางท่อขนาดเล็กของเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ ที่พัฒนาขึ้นมาใหม่

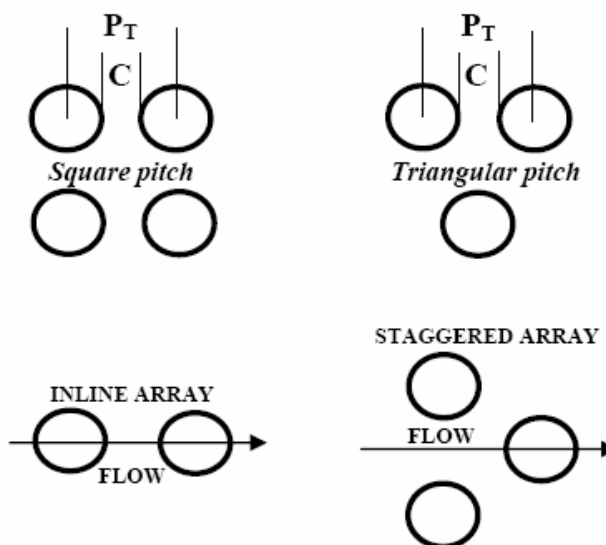
1. กำหนดระยะของการวางท่อขนาดเล็ก ระยะของการวางควรอยู่ระหว่าง  $1.25 \text{ นิ้ว} < P_T/D_O < 1.5 \text{ นิ้ว}$  กำหนดที่  $P_T = 0.3375 \text{ นิ้ว}$  หรือ  $0.85725 \text{ เซนติเมตร}$  (เพื่อสะดวกในการทำความสะอาด)

### Tube Layout, Pitch and Clearance Definitions and Nomenclature

<b>B</b>	baffle spacing(pitch)
<b>P<sub>T</sub></b>	tube pitch
<b>C</b>	clearance
<b>d<sub>o</sub></b>	tube outside diameter
<b>D</b>	shell inside diameter

Tube pitch is defined as

$$P_T = d_o + C$$



ภาพที่ 3.4 มาตรฐานการวางท่อขนาดเล็ก ตามสมาคมวิศวกรเครื่องกลชาวอเมริกัน

### ขั้นตอนการทำงานเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ

1. ก๊าซจากกระบวนการผลิต คือ การนำก๊าซฮีเทนมาแยกองค์ประกอบของก๊าซโดยการให้ความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 800-1000 องศาเซลเซียส ทำให้ก๊าซเกิดปฏิกิริยาทางเคมีเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทำให้เกิดก๊าซใหม่ขึ้นมาคือ ก๊าซมีเทน ก๊าซฮีเทน ก๊าซไฮโดรเจน ก๊าซเอทิลีน ก๊าซโพรเพน ก๊าซโพลีลีน โดยจะนำก๊าซเหล่านี้ไปกลั่นเพื่อแยกองค์ประกอบของก๊าซแต่ละชนิดออกจากกัน เพื่อให้ได้ก๊าซที่โรงงานต้องการคือก๊าซเอทิลีนที่บริสุทธิ์

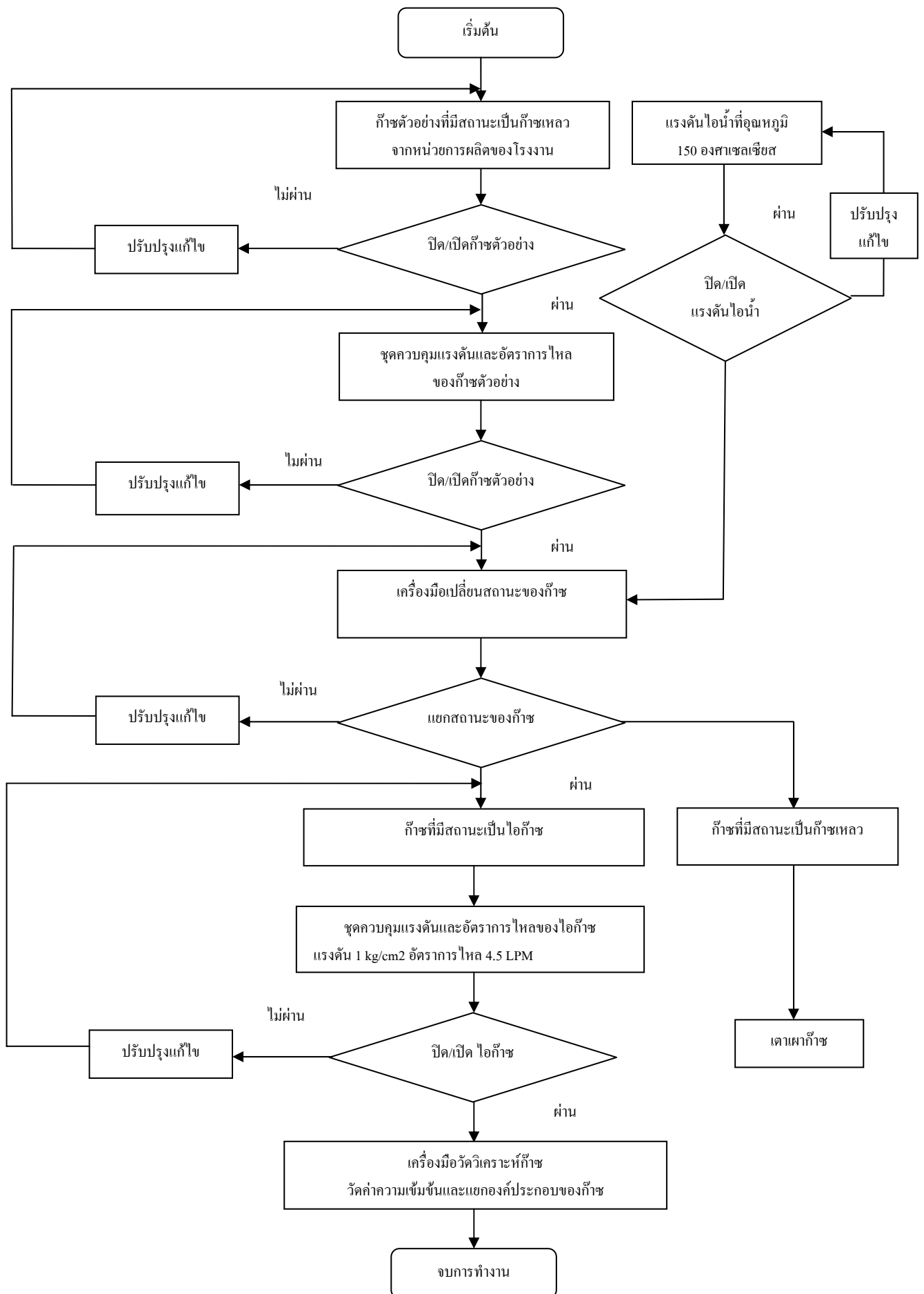
2. ชุดควบคุมแรงดันและอัตราการไหล คือ ชุดทำงานควบคุมแรงดันของก๊าซตัวอย่างจากกระบวนการผลิตที่  $1 \text{ kg/cm}^2$  และควบคุมอัตราการไหลที่  $0.6 \text{ LPM}$  เพื่อปรับแรงดันและอัตราการไหลก่อนจ่ายเข้าเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ

3. เครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ คือ เครื่องมือเปลี่ยนสถานะจากก๊าซที่มีสถานะเป็นก๊าซเหลว ให้เปลี่ยนสถานะเป็นไอก๊าซโดยนำก๊าซจากกระบวนการผลิต นำมาแลกเปลี่ยนกับความร้อนของไอน้ำ ที่อุณหภูมิประมาณ  $150 \text{ องศาเซลเซียส}$

4. ชุดแยกก๊าซที่เป็นก๊าซเหลวกับไอก๊าซ ทำหน้าที่ แยกก๊าซที่เป็นก๊าซเหลวออกจากไอก๊าซ โดยก๊าซที่เป็นก๊าซเหลวจะอยู่ด้านล่างของเครื่องมือ ก๊าซที่มีสถานะเป็นไอก๊าซจะลอยขึ้นด้านบน เพื่อทำการกำจัดก๊าซที่มีสถานะเป็นก๊าซเหลวออกเพราะ ก๊าซเหลวจะเข้าไปทำให้ชุดเครื่องวัดวิเคราะห์ ก๊าซเสียหาย ซึ่งก๊าซที่เป็นของเหลวจะถูกแยกทิ้งออกไปสู่เตาเผา

5. เตาเผา คือ หน่วยของโรงงานที่ใช้สำหรับเผาก๊าซที่ไม่สามารถนำกลับมาใช้งานได้อีกใน กระบวนการผลิต หรือก๊าซที่ไม่เป็นไปตามความต้องการของลูกค้าถ้าหากนำก๊าซเหล่านี้กลับมาใช้งานอีก มีผลทำให้ก๊าซในกระบวนการผลิตทั้งหมดจะเสียหายไปด้วย

6. ชุดควบคุมแรงดันและอัตราการไหล ทำหน้าที่ควบคุมแรงดัน และอัตราการไหลของก๊าซที่เป็นไอก๊าซเพื่อปรับแต่งให้ได้ก๊าซที่จะนำไปวัดวิเคราะห์เพื่อแยกองค์ประกอบและวัดค่าความเข้มข้นของก๊าซ พอสรุปขั้นตอนทำงานของเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจาก ไอน้ำที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ ได้ดังแสดงในภาพที่ 3.5



ภาพที่ 3.5 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำที่พัฒนาขึ้นมาใหม่

5. นำเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ เสนออาจารย์ที่ปรึกษา วิทยาลัยนิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยาลัยนิพนธ์ร่วม ตรวจสอบหากมีข้อบกพร่องทำการปรับปรุงแก้ไข

6. นำเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ ให้ผู้ทรงคุณวุฒิที่มีประสบการณ์ในโรงงานด้านแผนกซ่อมบำรุงรักษาเครื่องมือวัด ซึ่งเคยปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมปิโตรเคมีมาไม่น้อยกว่า 3 ปี เพื่อประเมินคุณภาพเครื่องมือ ซึ่งผู้ทรงคุณวุฒิมีรายชื่อดังต่อไปนี้

1. คุณศีกฤทธิ แซ่อ่อง ตำแหน่งวิศวกร แผนกงานบำรุงรักษาเครื่องมือวัด หน่วยงานอีเทนแครกเกอร์ บริษัท พีทีทีโพลีเอทิลีน จำกัด

2. คุณจตุรพัทธ์ ศรีสว่าง ตำแหน่งวิศวกร แผนกงานบำรุงรักษาเครื่องมือวัด หน่วยงานอีเทนแครกเกอร์ บริษัท พีทีทีโพลีเอทิลีน จำกัด

3. คุณสมโภชน์ ต้นประเสริฐ ตำแหน่งช่างเทคนิค แผนกงานบำรุงรักษาเครื่องมือวัด หน่วยงานอีเทนแครกเกอร์ บริษัท พีทีทีโพลีเอทิลีน จำกัด

หลังจากผู้ทรงคุณวุฒิประเมินได้มีข้อเสนอแนะดังนี้

1. เครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ ควรเลือกใช้วัสดุที่หาซื้อได้ง่ายราคาไม่สูง ใช้วัสดุสิ้นเปลืองให้น้อยที่สุด

2. เครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ ควรออกแบบให้ถอดประกอบได้ เพื่อสะดวกแก่การบำรุงรักษา

3. เครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ ควรใช้ฉนวนหุ้มเครื่องมือเพื่อรักษาอุณหภูมิให้คงที่

จากนั้นผู้วิจัยได้นำเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ มาปรับปรุงแก้ไขตามข้อแนะนำ

7. นำเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ ไปทดสอบกับก๊าซตัวอย่างที่มีสถานะเป็นก๊าซเหลว โดยจ่ายก๊าซตัวอย่างให้กับเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ ทำการเปลี่ยนสถานะของก๊าซจากก๊าซที่มีสถานะเป็นก๊าซเหลวเปลี่ยนให้เป็นก๊าซที่มีสถานะเป็นไอก๊าซใช้เครื่องมือวัดและวิเคราะห์ก๊าซวัดค่าองค์ประกอบและค่าความเข้มข้นของก๊าซ ใช้การทดสอบจำนวน 4 วัน แบ่งการทดสอบเป็นวันละ 2 ชั่วโมง ที่แรงดันก๊าซตัวอย่างคงที่  $1\text{ kg/cm}^2$  บันทึกผลการทดสอบรวมที่วัดได้ทั้งหมด 50 ครั้ง นำผลที่วัดได้มาวิเคราะห์เพื่อหาข้อบกพร่องของชุดเครื่องที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ และทำการปรับปรุงแก้ไข

8. นำเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ ที่แก้ไขเสร็จแล้วเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยาลัยนิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยาลัยนิพนธ์ร่วมตรวจสอบ

9. ได้เครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ ที่พัฒนาขึ้นมาใหม่พร้อมนำไปใช้เพื่อหาประสิทธิภาพ

### 3.2.2 แบบประเมินคุณภาพเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อน

การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือหลังการใช้งานเป็นการสอบถามความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิที่มีต่อเครื่องมือสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ โดยวิธีการสร้างแบบประเมินความคิดเห็นมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

#### 3.2.2.1 การหาคุณภาพของเครื่องมือโดยการสร้างแบบประเมินคุณภาพของเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ

การสร้างแบบประเมินคุณภาพของเครื่องมือทำได้โดยการศึกษาค้นคว้าและศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องเพื่อกำหนดเป็นแนวทางการสร้างแบบประเมินคุณภาพเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ เพื่อใช้หาคุณภาพของเครื่องมือเปลี่ยนสถานะเป็นก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ โดยกำหนดรูปแบบ แบบสอบถามที่ใช้ เพื่อให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาว่าแต่ละประเด็นมีคุณภาพผ่านตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้หรือไม่ ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดแบบสอบถามความคิดเห็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ตามแบบ Likert's Scale ไว้ 5 ระดับดังนี้

เกณฑ์ประเมินคุณภาพของเครื่องมือ ใช้วิธีประเมินความเหมาะสมของเครื่องมือจากแบบประเมินความเหมาะสม ซึ่งใช้มาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับโดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

- 5 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับ ดีมาก
- 4 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับ ดี
- 3 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับ ปานกลาง
- 2 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับ พอใช้
- 1 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับ ควรปรับปรุง

เกณฑ์การประเมินความเหมาะสม ของเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซ มี 5 ระดับดังนี้

- 4.50-5.00 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับ ดีมาก
- 3.50-4.49 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับ ดี
- 2.50-3.49 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับ ปานกลาง
- 1.50-2.49 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับ พอใช้
- 1.00-1.49 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับ ควรปรับปรุง

เกณฑ์ประเมินคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยโดยผลการประเมินคุณภาพของเครื่องมือที่สร้างขึ้นต้องมีคุณภาพในระดับดีขึ้นไป จึงถือว่าเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมีคุณภาพ(พวงรัตน์ ทวีรัตน์ 2535:124)

### 3.2.2.2 ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินคุณภาพมีดังนี้

1. ศึกษาวิธีการสร้างแบบประเมินคุณภาพของเครื่องมือตามแนวทางการประเมินคุณภาพของ พิสิฐ เมธาภัทร และ ชีระพล เมธิกุล (2539)

2. ออกแบบสร้างแบบประเมินคุณภาพของเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงาน ความร้อนจากไอน้ำ

การสร้างแบบประเมินคุณภาพซึ่งแบบประเมินคุณภาพที่สร้างขึ้นมานั้น เป็นการประเมินคุณภาพของเครื่องมือที่ประกอบไปด้วยการประเมินทั้งหมด 5 ด้าน คือ ด้านการใช้งาน ด้านการออกแบบ ด้านความปลอดภัย ด้านการดูแลรักษา และด้านการตรวจสอบเครื่องมือก่อนนำเข้าใช้งาน เมื่อสร้างแบบประเมินคุณภาพเสร็จแล้วจึง มอบให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมตรวจสอบ หากมีข้อบกพร่องทำการปรับปรุงแก้ไขในส่วนที่ผิดพลาด และนำประเมินคุณภาพของเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอ พร้อมกับเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงาน ความร้อนจากไอน้ำให้ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินคุณภาพ

3. นำแบบประเมินคุณภาพของเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ มอบให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมตรวจสอบ หากมีข้อบกพร่องทำการปรับปรุงแก้ไข

### 3.2.3 แบบบันทึกผลการทดลองเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ

การหาประสิทธิภาพของเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ ทำได้โดยการนำเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำมาทดสอบแล้วบันทึกผลแบบบันทึกผลการทดลอง นำผลที่ได้มาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพ ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพดังต่อไปนี้

1. เตรียมก๊าซตัวอย่างที่มีสถานะเป็นก๊าซเหลวที่แรงดัน  $1\text{ kg/cm}^2$  สามารถใช้ได้ ในระยะเวลา 2 ชั่วโมง
2. เตรียมเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำที่พัฒนาขึ้นมาใหม่
3. เตรียมไอน้ำความร้อนที่แรงดัน  $4\text{ kg/cm}^2$  อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส
4. นำไอน้ำไหลเข้าต่อเนื่อง ในเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซนานประมาณ 1 ชั่วโมงเพื่อให้ภายในเครื่องมือเปลี่ยนสถานะก๊าซร้อน รอจนอุณหภูมิภายในตัวเครื่องมือไม่ลดลง/เพิ่มขึ้นโดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิ ตรวจสอบ ก่อนนำก๊าซตัวอย่างเข้าในเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ
5. นำก๊าซตัวอย่างไหลเข้าเพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนกับเครื่องมือเปลี่ยนสถานะก๊าซร้อนโดยต่อเนื่อง เพื่อได้ซึ่งไอก๊าซออกมา
6. นำไอก๊าซที่ออกมาเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ จ่ายให้เครื่องมือวัดและวิเคราะห์ก๊าซวัดหาค่าองค์ประกอบและค่าความเข้มข้นของก๊าซ

7. ทำการทดสอบไปเรื่อยๆจนครบ 2 ชั่วโมงนำผลที่ได้จากเครื่องมือวัดและวิเคราะห์ก๊าซบันทึกผลบนแบบบันทึกผลการทดลอง ใช้เวลาในการทดสอบทั้งหมด 4 วัน วันละ 2 ชั่วโมง ซึ่งผลได้ผลการทดสอบรวมทั้งหมด 50 ครั้ง

### 3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ มีขั้นตอนดังนี้

3.3.1 ขอหนังสือจากงานบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถึงผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 คน เพื่อขอความร่วมมือในการวิจัยและเข้าชี้แจงรายละเอียดต่างๆกับผู้ทรงคุณวุฒิด้วยตนเอง เพื่อขอคำยืนยันในการประเมินคุณภาพของ เครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ

3.3.2 นำเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ และแบบประเมินคุณภาพมอบให้ผู้ทรงคุณวุฒิประเมิน

### 3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลแบบประเมินคุณภาพของเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ ได้กำหนดระดับความคิดเห็นเป็นคะแนน 5 ระดับ คือ

- |           |                                      |
|-----------|--------------------------------------|
| 5 หมายถึง | มีความเหมาะสมอยู่ในระดับ ดีมาก       |
| 4 หมายถึง | มีความเหมาะสมอยู่ในระดับ ดี          |
| 3 หมายถึง | มีความเหมาะสมอยู่ในระดับ ปานกลาง     |
| 2 หมายถึง | มีความเหมาะสมอยู่ในระดับ พอใช้       |
| 1 หมายถึง | มีความเหมาะสมอยู่ในระดับ ควรปรับปรุง |

เกณฑ์การประเมินคุณภาพของเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ จัดระดับค่าเฉลี่ย 5 ระดับ คือ

- |                   |   |
|-------------------|---|
| 4.50-5.00 หมายถึง | คุณภาพของเครื่องมืออยู่ในระดับดีมาก       |
| 3.50-4.49 หมายถึง | คุณภาพของเครื่องมืออยู่ในระดับดี          |
| 2.50-3.49 หมายถึง | คุณภาพของเครื่องมืออยู่ในระดับปานกลาง     |
| 1.50-2.49 หมายถึง | คุณภาพของเครื่องมืออยู่ในระดับพอใช้       |
| 1.00-1.49 หมายถึง | คุณภาพของเครื่องมืออยู่ในระดับควรปรับปรุง |

การกำหนดเกณฑ์ของแบบประเมินคุณภาพเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำโดยผลการประเมินคุณภาพของเครื่องมือที่สร้างขึ้นต้องมีคุณภาพในระดับดี ขึ้นไป คือ ได้คะแนนระดับค่าเฉลี่ย 3.5 ขึ้นไป

### 3.5 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การประเมินคุณภาพของ เครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ  
ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ โดยการหาค่าเฉลี่ยเลขคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

#### 1. การหาค่าเฉลี่ย (Arithmetic Mean) ใช้สำหรับการหาค่าเฉลี่ย

(รวิวรรณ ชินะตระกูล. 2542 : 164)

สูตร 
$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

เมื่อ  $\bar{x}$  แทน ค่าเฉลี่ยเลขคณิต  
 $\sum x$  แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด  
 $n$  แทน จำนวนคะแนนในกลุ่ม

2. การหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ใช้สำหรับวิเคราะห์กระจายของ  
ข้อมูล (รวิวรรณ ชินะตระกูล. 2542 : 179)

สูตร 
$$S.D. = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

เมื่อ S.D. แทน ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน  
 $x$  แทน ค่าแต่ละตัว  
 $\bar{x}$  แทน ค่าเฉลี่ยเลขคณิต  
 $n$  แทน จำนวนคะแนนในกลุ่ม  
 $\sum$  แทน ผลรวมของข้อมูล

## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัย เพื่อพัฒนาหาคุณภาพและประสิทธิภาพของเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ ดังนั้นผู้วิจัยจึงขอเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับดังนี้

4.1 ผลการหาคุณภาพของเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ ที่พัฒนาขึ้นมาใหม่

4.2 ผลการหาประสิทธิภาพของเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ ที่พัฒนาขึ้นมาใหม่

#### 4.1 ผลการหาคุณภาพของเครื่องมือโดยการใช้แบบประเมินคุณภาพของเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ

การวิเคราะห์คุณภาพของเครื่องมือโดยการใช้แบบประเมินคุณภาพของเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ สามารถแบ่งได้เป็น 5 ด้าน คือ ด้านการใช้งาน ด้านการออกแบบ ด้านความปลอดภัย ด้านการดูแลรักษา และด้านการตรวจสอบชุดเครื่องมือก่อนนำไปใช้งาน ผ่านการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน เพื่อให้เครื่องมือโดยการใช้แบบประเมินคุณภาพของเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำมีคุณภาพก่อนนำไปทดลองใช้ ซึ่งสามารถแสดงผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการประเมินคุณภาพเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ


รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	S.D.
<b>1. ด้านการใช้งาน</b>		
1.1 เครื่องมือสามารถใช้งานได้และได้ค่าถูกต้อง	5.00	0.00
1.2 เครื่องมือใช้เวลารวดเร็วในการติดตั้งพร้อมใช้งาน	4.00	0.00
1.3 เครื่องมือมีความคงทนแข็งแรง	4.67	0.58
1.4 เครื่องมือใช้งานง่าย	4.67	0.58
<b>รวมค่าเฉลี่ยด้านการใช้งาน</b>	<b>4.58</b>	<b>0.29</b>
<b>2. ด้านการออกแบบ</b>		
2.1 เครื่องมือติดตั้งง่ายสะดวกในเคลื่อนย้าย	4.67	0.58
2.2 เครื่องมือใช้วัสดุในการสร้างที่หาซื้อได้ง่าย	4.67	0.58
2.3 เครื่องมือมีรูปทรงและขนาดเหมาะในการใช้งาน	4.00	0.00
2.4 เครื่องมือชิ้นส่วนต่างๆสามารถถอดประกอบได้	5.00	0.00
<b>รวมค่าด้านเฉลี่ยด้านการออกแบบ</b>	<b>4.58</b>	<b>0.29</b>
<b>3. ด้านความปลอดภัย</b>		
3.1 เครื่องมือใช้ชิ้นส่วนประกอบมีมาตรฐานรับรองคุณภาพ	4.33	0.58
3.2 เครื่องมือติดตั้งไม่กีดขวางอุปกรณ์อื่นๆ	4.56	0.58
3.3 เครื่องมือมีชุดปิด/เปิดระบบเมื่อต้องการแก้ไข	4.67	0.58
3.4 เครื่องมือมีป้าย /ชื่ออุปกรณ์แสดงให้เห็นชัดเจน	4.53	0.58
<b>รวมค่าเฉลี่ยความปลอดภัย</b>	<b>4.52</b>	<b>0.58</b>
<b>4. ด้านการดูแลรักษา</b>		
4.1 เครื่องมือทำความสะอาดง่าย	4.67	0.58
4.2 เครื่องมือง่ายในการเก็บรักษาหลังการเลิกใช้งาน	4.67	0.58
4.3 เครื่องมือสามารถซ่อมบำรุงได้โดยไม่ต้องจ้างผู้ชำนาญ	4.67	0.58
4.4 เครื่องมือมีเอกสารระบุโครงสร้างส่วนประกอบที่ใช้ในงาน	5.00	0.00
<b>รวมค่าเฉลี่ยด้านการดูแลรักษา</b>	<b>4.75</b>	<b>0.43</b>
<b>5. ด้านการตรวจสอบเครื่องมือ</b>		
5.1 ตรวจสอบรอยรั่วของแนวเชื่อมด้วยวิธีการใช้สารแทรกซึมทดสอบ	5.00	0.00
5.2 ตรวจสอบรอยรั่วของแนวเชื่อมด้วยวิธีการใช้แรงดันลมทดสอบ	5.00	0.00
<b>รวมค่าเฉลี่ยด้านการตรวจสอบเครื่องมือ</b>	<b>5.00</b>	<b>0.00</b>
<b>ผลคะแนนเฉลี่ยรวมของทุกด้าน</b>	<b>4.69</b>	<b>0.32</b>

จากตารางที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยของคุณภาพของเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ มีผลค่าเฉลี่ยรวมของทุกรายการเท่ากับ 4.69 คะแนน และ

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.32 (หรือมีคุณภาพในระดับดีมาก) ด้านการตรวจสอบเครื่องมือก่อนการนำไปใช้งานมีคะแนนสูงสุด ได้คะแนนการประเมิน 5 คะแนน (หรือมีคุณภาพในระดับดีมาก) ด้านการดูแลรักษามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.75 คะแนน (หรือมีคุณภาพในระดับดีมาก) ด้านการใช้งานและด้านการออกแบบ มีคะแนนการประเมินเท่ากับ คือได้คะแนนการประเมิน 4.58 คะแนน (หรือมีคุณภาพในระดับดีมาก) ด้านความปลอดภัยได้คะแนนการประเมิน 4.52 คะแนน (หรือมีคุณภาพในระดับดีมาก)

## 4.2 ผลการหาประสิทธิภาพเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ

ผลการหาประสิทธิภาพของเครื่องมือสามารถหาได้จากการนำชุดเครื่องเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ มาใช้ในการเปลี่ยนสถานะของก๊าซตัวอย่างที่มีหนังสือรับรองคุณภาพก๊าซโดยใช้เครื่องมือวัดวิเคราะห์ก๊าซเป็นเครื่องมือวัดค่าองค์ประกอบและค่าความเข้มข้นของก๊าซตัวอย่าง ใช้เวลาการทดสอบ 4 วัน แบ่งทดสอบวันละ 2 ชั่วโมง ที่แรงดันก๊าซคงที่  $1\text{kg/cm}^2$  ทำการบันทึกผลการทดสอบรวมทั้งหมด 50 ครั้ง โดยทำการวัดก๊าซตัวอย่าง 3 ชนิดคือ ก๊าซเอเอ็มเอพีดี ก๊าซโพรเพน และก๊าซโพรพิลีน ตามภาพที่ 4.1 เป็นหนังสือรับรองคุณภาพของก๊าซ



CERTIFICATE OF COMPOSITION

CUSTOMER	AIR LIQUIDE (THAILAND) LTD	CERTIFICATE NO	A155396
PO NO		CYLINDER SIZE	50L W/C
DO NO	SD00377580	VALVE OUTLET	BS NO 4
WIP NO	S70840	CYLINDER TYPE	STEEL CYL
OWNERSHIP	COP	FILLING PRESSURE	37.1 bars
CERTIFICATION DATE	26 Jan 2010	CONTENT	1.9 M3
RECIPE NO	2009781506/2	EXPIRY DATE	25 Jan 2013
		MIN. STORAGE TEMP	+15 DEG C


14-AT-005, Shed no.1

---

CYLINDER NO. / PALLET NO : K40728

COMPONENT NAME	REQUESTED CONC	CERTIFIED RESULTS	UNIT	CERTIFICATION ACCURACY	CERTIFICATION METHOD
PROPADIENE	1	0.99	MOL PCT	+/-2% REL	WEIGHT-CERTIFIED
METHYL ACETYLENE	1	1.05	MOL PCT	+/-2% REL	WEIGHT-CERTIFIED
ISO-BUTANE	5	5.07	MOL PCT	+/-2% REL	WEIGHT-CERTIFIED
PROPANE	5	5.14	MOL PCT	+/-2% REL	WEIGHT-CERTIFIED
PROPYLENE	5	5.06	MOL PCT	+/-2% REL	WEIGHT-CERTIFIED
HYDROGEN	BALANCE	BALANCE			

ลงนามใช้แทนที่



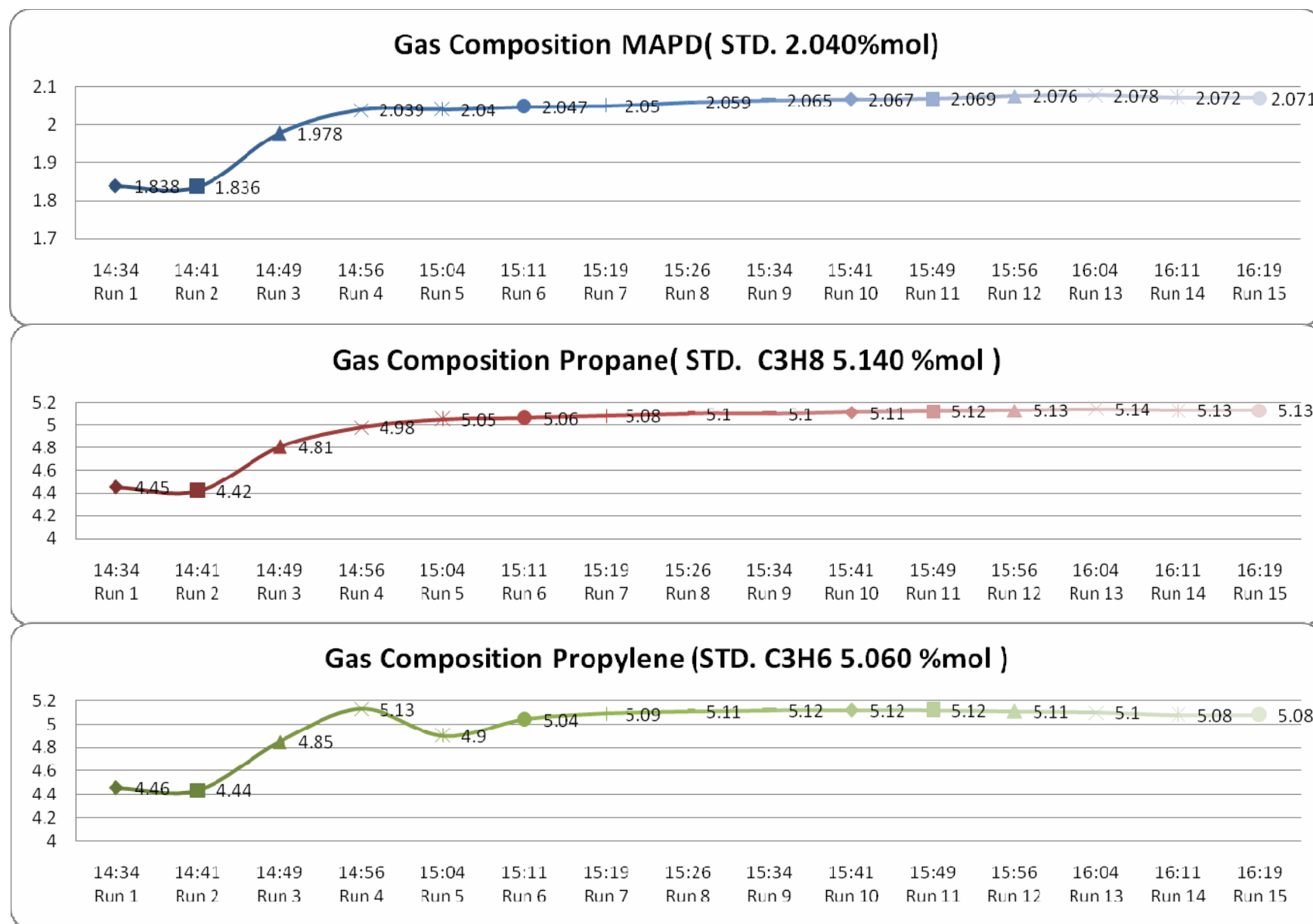
ภาพที่ 4.1 แสดงใบรับรองคุณภาพของก๊าซตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบกับเครื่องมือโดยมีหนังสือรับรองคุณภาพของก๊าซ

ที่มา: Air Liquid Thailand LDT

ตารางที่ 4.2 ผลการหาประสิทธิภาพเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ ครั้งที่ 1

การทดสอบหาประสิทธิภาพเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ  
ครั้งที่ 1 ...2011/12/15 เวลา 14:08 ถึง 16:19

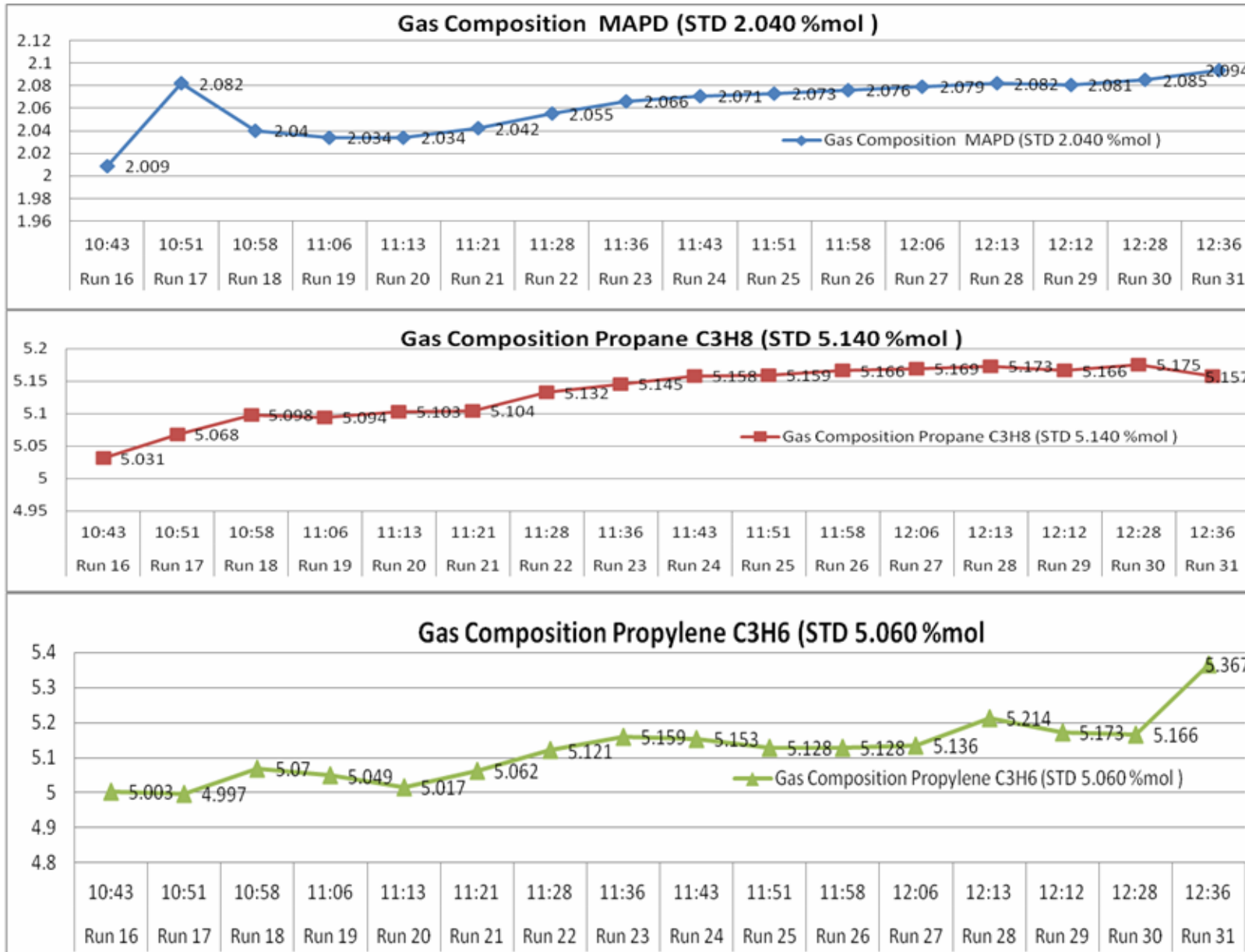
ครั้งที่	วันที่	เวลา	ก๊าซตัวอย่าง		
			MAPD GAS STD. 2.040%mol	Propane C3H8 GAS STD. 5.140 %mol	Propylene C3H6 GAS STD. STD 5.060 %mol
Run 1	15/12/2011	14:34	1.838	4.450	4.460
Run 2	15/12/2011	14:41	1.836	4.420	4.440
Run 3	15/12/2011	14:49	1.978	4.810	4.850
Run 4	15/12/2011	14:56	2.039	4.980	5.130
Run 5	15/12/2011	15:04	2.04	5.050	4.900
Run 6	15/12/2011	15:11	2.047	5.060	5.040
Run 7	15/12/2011	15:19	2.050	5.080	5.090
Run 8	15/12/2011	15:26	2.059	5.100	5.110
Run 9	15/12/2011	15:34	2.065	5.100	5.120
Run 10	15/12/2011	15:41	2.067	5.110	5.120
Run 11	15/12/2011	15:49	2.069	5.120	5.120
Run 12	15/12/2011	15:56	2.076	5.130	5.110
Run 13	15/12/2011	16:04	2.078	5.140	5.100
Run 14	15/12/2011	16:11	2.072	5.130	5.080
Run 15	15/12/2011	16:19	2.071	5.130	5.080



ภาพที่ 4.2 กราฟเส้นแสดงผลการหาประสิทธิภาพเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ ครั้งที่ 1

ตารางที่ 4.3 ผลการหาประสิทธิภาพเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ ครั้งที่ 2

การทดสอบหาประสิทธิภาพเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ					
ทดสอบครั้งที่ 2 .... 2011/12/15 เวลา 10:43 ถึง 12:36					
ครั้งที่	วันที่	เวลา	ก๊าซตัวอย่าง		
			MAPD GAS STD. 2.040%mol	Propane C3H8 GAS STD. 5.140 %mol	Propylene C3H6 GAS STD. STD 5.060 %mol
Run 16	16/12/2011	10:43	2.009	5.031	5.003
Run 17	16/12/2011	10:51	2.082	5.068	4.997
Run 18	16/12/2011	10:58	2.040	5.098	5.070
Run 19	16/12/2011	11:06	2.034	5.094	5.049
Run 20	16/12/2011	11:13	2.034	5.103	5.017
Run 21	16/12/2011	11:21	2.042	5.104	5.062
Run 22	16/12/2011	11:28	2.055	5.132	5.121
Run 23	16/12/2011	11:36	2.066	5.145	5.159
Run 24	16/12/2011	11:43	2.071	5.158	5.153
Run 25	16/12/2011	11:51	2.073	5.159	5.128
Run 26	16/12/2011	11:58	2.076	5.166	5.128
Run 27	16/12/2011	12:06	2.079	5.169	5.136
Run 28	16/12/2011	12:13	2.082	5.173	5.214
Run 29	16/12/2011	12:12	2.081	5.166	5.173
Run 30	16/12/2011	12:28	2.085	5.175	5.166
Run 31	16/12/2011	12:36	2.094	5.157	5.367

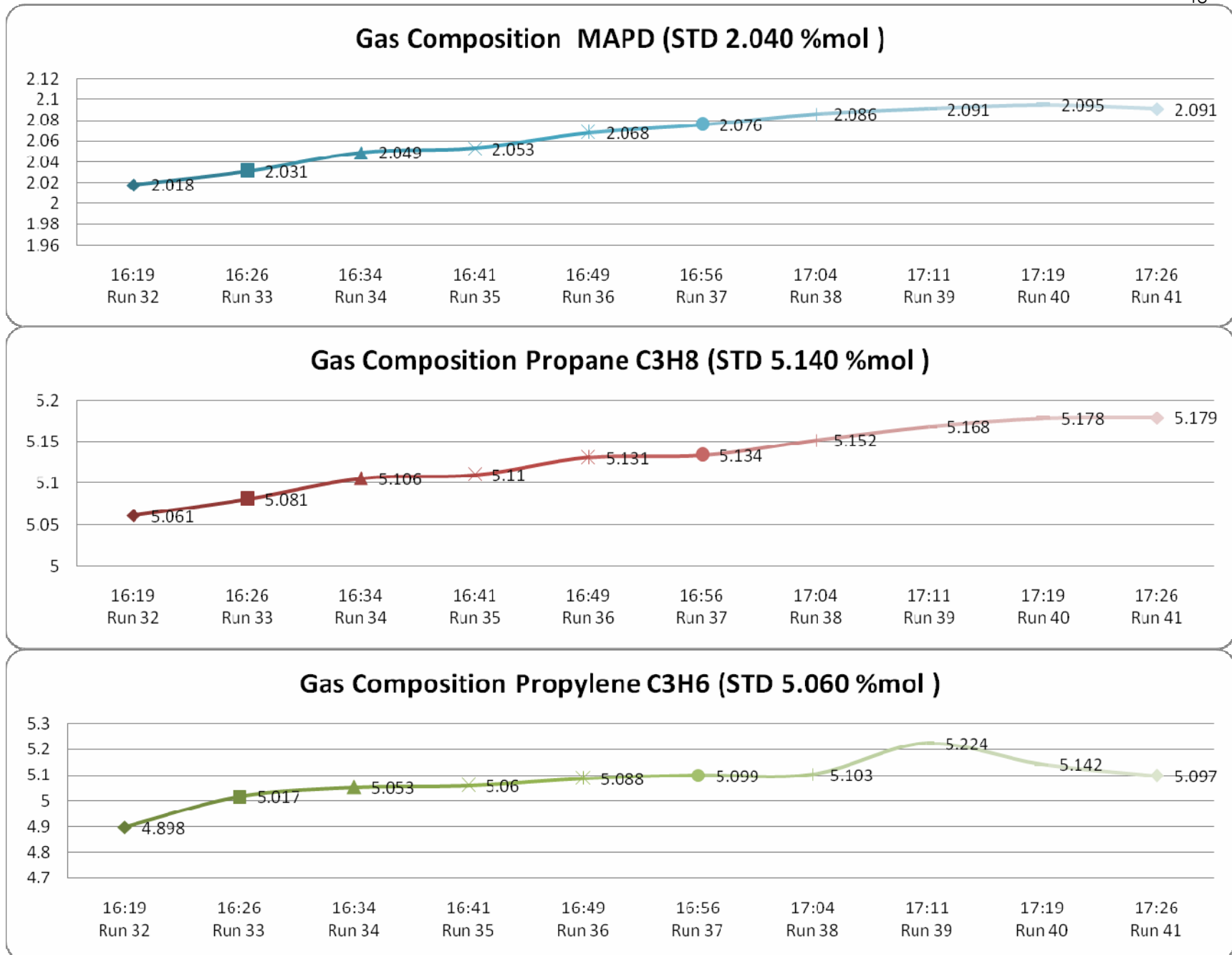


ภาพที่ 4.3 กราฟเส้นแสดงผลการหาประสิทธิภาพเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ ครั้งที่ 2

ตารางที่ 4.4 ผลการหาประสิทธิภาพเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ ครั้งที่ 3  
การทดสอบหาประสิทธิภาพเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ

ทดสอบครั้งที่ 3.... 2011/12/17 เวลา 16:19 ถึง 17:26

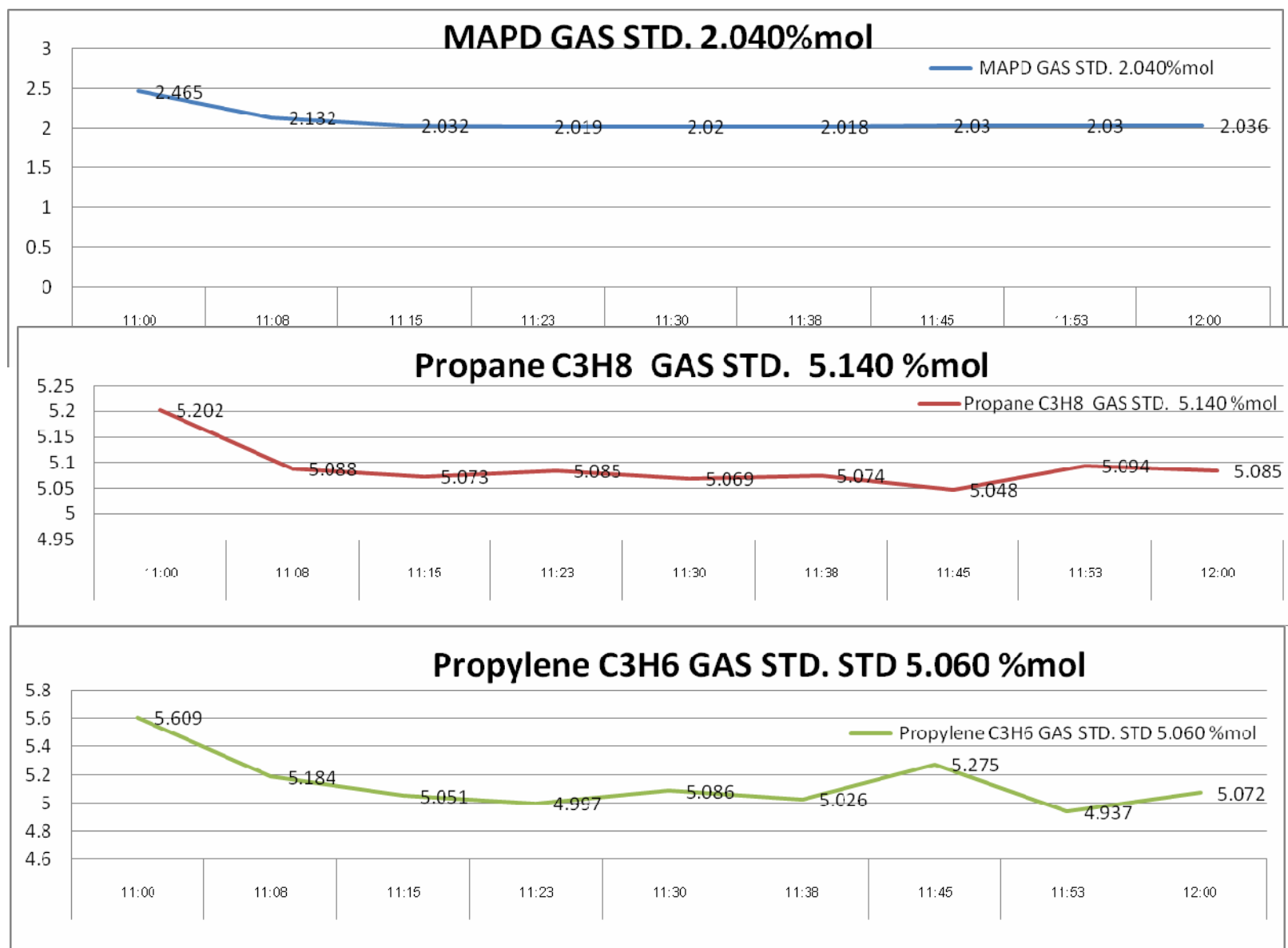
ครั้งที่	วันที่	เวลา	ก๊าซตัวอย่าง		
			MAPD GAS STD. 2.040%mol	Propane C3H8 GAS STD. 5.140 %mol	Propylene C3H6 GAS STD. STD 5.060 %mol
Run 32	17/12/2011	16:19	2.018	5.061	4.898
Run 33	17/12/2011	16:26	2.031	5.081	5.017
Run 34	17/12/2011	16:34	2.049	5.106	5.053
Run 35	17/12/2011	16:41	2.053	5.110	5.060
Run 36	17/12/2011	16:49	2.068	5.131	5.088
Run 37	17/12/2011	16:56	2.076	5.134	5.099
Run 38	17/12/2011	17:04	2.086	5.152	5.103
Run 39	17/12/2011	17:11	2.091	5.168	5.224
Run 40	17/12/2011	17:19	2.095	5.178	5.142
Run 41	17/12/2011	17:26	2.091	5.179	5.097



ภาพที่ 4.4 กราฟแสดงผลการหาประสิทธิภาพเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ ครั้งที่ 3

ตารางที่ 4.5 ผลการหาประสิทธิภาพเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ ครั้งที่ 4

การทดสอบหาประสิทธิภาพเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ					
ทดสอบครั้งที่ 4 ... 2011/19/15 เวลา 11:00 ถึง 12:00					
ครั้งที่	วันที่	เวลา	ก๊าซตัวอย่าง		
			MAPD GAS STD. 2.040%mol	Propane C3H8 GAS STD. 5.140 %mol	Propylene C3H6 GAS STD. STD 5.060 %mol
Run 42	19/12/2011	11:00	2.465	5.202	5.609
Run 43	19/12/2011	11:08	2.132	5.088	5.184
Run 44	19/12/2011	11:15	2.032	5.073	5.051
Run 45	19/12/2011	11:23	2.019	5.085	4.997
Run 46	19/12/2011	11:30	2.020	5.069	5.086
Run 47	19/12/2011	11:38	2.018	5.074	5.026
Run 48	19/12/2011	11:45	2.030	5.048	5.275
Run 49	19/12/2011	11:53	2.030	5.094	4.937
Run 50	19/12/2011	12:00	2.036	5.085	5.072



ภาพที่ 4.4 กราฟแสดงผลการหาประสิทธิภาพเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ ครั้งที่ 4

ตารางที่ 4.6 สรุปผลการทดสอบการหาประสิทธิภาพของเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ จำนวน 50 ครั้ง

Item	Gas Composition	Std. Gas Certify	Range	Unit	Data 50 Total Average	% ± Error	SpecError
1	MAPD	2.040	0-25	%mol	2.056	-0.811	± 2%
2	Propane (C3H8)	5.140	0-25	%mol	5.080	1.153	± 2%
3	Propylene (C3H6)	5.060	0-25	%mol	5.074	-0.270	± 2%

จากตารางที่ 4.6 การทดสอบทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ ได้ทำการทดสอบทั้งสิ้น 50 ครั้ง โดยทดสอบกับตัวอย่างก๊าซ 3 ชนิด คือ ก๊าซเอเอ็มเอพีดี ก๊าซโพรเพน และก๊าซโพรพิลีน จ่ายก๊าซเข้าเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำเพื่อเปลี่ยนสถานะจากก๊าซเหลวให้เป็นไอก๊าซใช้เครื่องมือวัดวิเคราะห์ก๊าซวัดหาค่าความเข้มข้นของก๊าซตัวอย่าง ผลที่วัดมีดังนี้

ก๊าซเอเอ็มเอพีดี ทดสอบ 50 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยค่าเท่ากับ 2.05509 %mol คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าผิดพลาดเท่ากับ -0.7398 เปอร์เซ็นต์

ก๊าซโพรเพน ทดสอบ 50 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยค่าเท่ากับ 5.08087 %mol คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าผิดพลาดเท่ากับ 1.1504 เปอร์เซ็นต์

ก๊าซโพรพิลีน ทดสอบ 50 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยค่าเท่ากับ 5.07138 %mol คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าผิดพลาดเท่ากับ -0.2251 เปอร์เซ็นต์

จากผลการทดสอบหาประสิทธิภาพของเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ ได้ผลค่าผิดพลาดของการทดสอบเครื่องมือเมื่อเปรียบเทียบกับใบรับรองคุณภาพก๊าซ ไม่เกิน  $\pm 2\%$  เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องตามสมมุติฐานที่กำหนดไว้

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อพัฒนา หาคูณภาพและประสิทธิภาพของเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยใช้พลังงานความร้อนจากไอ ซึ่งสรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะได้ดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.2 อภิปรายผล

5.3 ข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการวิจัย

##### 5.1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ ที่มีคุณภาพ

2. เพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ

##### 5.1.2 สมมติฐานการวิจัย

1. เครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำที่สร้างขึ้นมีคุณภาพในระดับดี

( $\bar{X} \geq 3.50$ ) ขึ้นไป

2. เครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำที่สร้างขึ้นจะมีประสิทธิภาพโดยมีค่าเฉลี่ยความผิดพลาดไม่เกิน  $\pm 2\%$

##### 5.1.3 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

###### 1. ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ ก๊าซตัวอย่าง 3 ชนิด ได้แก่ ก๊าซเอเอ็มเอพีดี ก๊าซโพเพน ก๊าซโพพิลีน ที่มีสถานะเป็นก๊าซเหลวตามหนังสือรับรองคุณภาพของก๊าซจากโรงงานผู้ผลิตก๊าซ

###### 2. กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่จะนำมาใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ ก๊าซตัวอย่าง 3 ชนิด ได้แก่ ก๊าซเอเอ็มเอพีดี ก๊าซโพเพน ก๊าซโพพิลีน ที่มีสถานะเป็นก๊าซเหลวซึ่งก๊าซมีแรงดันคงที่เท่ากับ  $1 \text{ kg/cm}^2$  นำมาใช้งานในระยะเวลา 2 ชั่วโมง โดยทำการทดสอบจำนวน 50 ครั้ง

#### 5.1.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ดำเนินการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย

1. เครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ
2. แบบประเมินคุณภาพเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ
3. แบบบันทึกผลการทดลองเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ

#### 5.1.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ มีขั้นตอนดังนี้

1. ขออนุญาตจากงานบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ถึงผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 คน เพื่อขอความร่วมมือในการวิจัยและเข้าชี้แจงรายละเอียดต่างๆกับผู้ทรงคุณวุฒิด้วยตนเอง เพื่อขอคำยืนยันในการประเมินคุณภาพของเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ
2. นำเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำที่พัฒนาขึ้นมาใหม่และแบบประเมินคุณภาพมอบให้ผู้ทรงคุณวุฒิประเมิน

#### 5.1.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลของเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำดังนี้

1. วิเคราะห์คุณภาพของเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำโดยใช้ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากผลการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิ
2. วิเคราะห์ประสิทธิภาพของเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำโดยวิเคราะห์จากการนำเครื่องมือไปใช้เปลี่ยนสถานะของก๊าซตัวอย่างที่เป็นก๊าซเหลว 3 ชนิด คือ ก๊าซเอเอ็มเอพีดี

ก๊าซโพรเพน และ ก๊าซโพรพิลีน ซึ่งก๊าซมีแรงดันคงที่เท่ากับ  $1 \text{ kg/cm}^2$  โดยทำการทดสอบทั้งหมด 50 ครั้ง

#### 5.1.7 สรุปผลการวิจัย

จากการดำเนินการวิจัยสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ผลการพัฒนาเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ จากการทดสอบนำไปใช้งาน เครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำสามารถเปลี่ยนสถานะของก๊าซเหลว ประเภท ก๊าซเอเอ็มเอพีดี ก๊าซโพรเพน และ ก๊าซโพรพิลีน ให้เป็น

ไอก๊าซได้ โดยเครื่องมือมีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 นิ้ว สูง 6 นิ้ว มีท่อขนาดเล็กภายในสำหรับใช้แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างไอน้ำกับก๊าซเหลว ขนาด ¼ นิ้ว จำนวน 60 ท่อ วัสดุที่ใช้สร้างเป็นสแตนเลสทั้งหมด เพื่อป้องกันการเกิดสนิม อุปกรณ์ของเครื่องมือสามารถถอดประกอบได้ง่ายต่อการบำรุงรักษาและการเคลื่อนย้าย ซึ่งได้นำเครื่องมือไปใช้เก็บข้อมูลโดยการจ่ายก๊าซตัวอย่างที่เป็นก๊าซเหลวให้ ทำการเปลี่ยนสถานะให้เป็นไอก๊าซ ใช้เวลาการทดสอบ 4 วัน แบ่งทดสอบวันละ 2 ชั่วโมง ที่แรงดันก๊าซคงที่  $1\text{kg/cm}^2$  ทำการบันทึกผลการทดสอบรวมทั้ง 50 ครั้ง

2. คุณภาพของเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ ที่ผ่านความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.69) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.32 ซึ่งสอดคล้องกับสมมุติฐานที่ตั้งไว้

3. ประสิทธิภาพของเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำมีประสิทธิภาพโดยมีค่าเฉลี่ยของความผิดพลาดในการทดสอบก๊าซทั้ง 3 คือ ก๊าซเอมเอพีดี ก๊าซโพเรน และก๊าซโพรพิลีน ค่าความผิดพลาดไม่เกิน  $\pm 2\%$  ซึ่งสอดคล้องกับสมมุติฐานที่ตั้งไว้

## 5.2 อภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำสามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

1. ผลการพัฒนาเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำจากการนำไปใช้งาน เครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ สามารถเปลี่ยนสถานะของก๊าซเหลว ประเภท ก๊าซเอมเอพีดี ก๊าซโพเรน และ ก๊าซโพรพิลีน ให้เป็นไอก๊าซได้ โดยเครื่องมือมีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 นิ้ว สูง 6 นิ้ว มีท่อขนาดเล็กภายในสำหรับใช้แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างไอน้ำกับก๊าซเหลว ขนาด ¼ นิ้ว จำนวน 60 ท่อ วัสดุที่ใช้สร้างเป็นสแตนเลสทั้งหมด เพื่อป้องกันการเกิดสนิม อุปกรณ์ของเครื่องมือสามารถถอดประกอบได้ง่ายต่อการบำรุงรักษาและการเคลื่อนย้าย ซึ่งได้นำเครื่องมือไปใช้เก็บข้อมูลโดยการจ่ายก๊าซตัวอย่างที่เป็นก๊าซเหลวให้ ทำการเปลี่ยนสถานะให้เป็นไอก๊าซ ใช้เวลาการทดสอบ 4 วัน แบ่งทดสอบวันละ 2 ชั่วโมง ที่แรงดันก๊าซคงที่  $1\text{kg/cm}^2$  ทำการบันทึกผลการทดสอบรวมทั้ง 50 ครั้ง

เครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ มีส่วนประกอบดังนี้

- 1.ท่อไอน้ำด้านขาเข้า (Low pressure steam inlet)
- 2.ท่อขนาดเล็กด้านในเป็นไอน้ำ (Tube side)
- 3.ท่อไอน้ำด้านขาออก (Low pressure steam outlet)
- 4.ท่อก๊าซทิ้ง (Sampling Gas Drain)
- 5.แผ่นซับกันการรั่ว (Gasket)
- 6.ผิวท่อด้านใน (Shellside)
- 7.แผ่นกั้นระหว่างห้อง (Plate)
- 8.ห้องไอก๊าซ (Chamber Vapor)
- 9.ท่อก๊าซตัวอย่างที่เป็นก๊าซเหลวไหลเข้า (Sampling gas inlet)
- 10.ท่อไอก๊าซตัวอย่างด้านขาออก (Vapor sampling gas outlet)

ซึ่งการพัฒนาเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ มีความสอดคล้องกับงานวิจัย วริทธิ์ อึ้งภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน (2540:13) กล่าวว่า สิ่งสำคัญที่สุดที่จะต้องคำนึงถึงในการออกแบบเครื่องจักรกล คือ ความแข็งแรง (Strength) เป็นองค์ประกอบหลักในการกำหนดรูปร่างและขนาดชิ้นส่วน ความแข็งแรงจึงเป็นข้อพิจารณาในการออกแบบที่สำคัญอย่างหนึ่งและสิ่งอื่น ๆ อีกเช่น ระบบต่างๆ ของเครื่องจักรกล ผลิตภัณฑ์ โครงสร้าง อุปกรณ์ ความปลอดภัย และความเหมาะสมการเลือกใช้ชิ้นส่วนที่นำมาประกอบเข้าด้วยกันต้องพิจารณา โดยมาตรฐานภายในประเทศ (มอก.) ซึ่งอาจจะเป็นสิ่งที่ทำให้เกิดการกระทบกระเทือนต่อการออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล หรือระบบที่ได้ออกแบบมีความเสียหาย ไม่สามารถใช้งานได้ หรือใช้งานได้ไม่ถึงขีดความสามารถตามที่ออกแบบไว้

2. ผลการหาคุณภาพของเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำแบ่งออกเป็น 5 ด้าน คือ ด้านการใช้งาน ด้านการออกแบบ ด้านความปลอดภัย ด้านการดูแลรักษา และด้านการตรวจสอบเครื่องมือก่อนการนำเครื่องมือไปใช้งาน ด้านการใช้งาน ด้านการออกแบบ ด้านความปลอดภัย ด้านการดูแลรักษาและด้านการตรวจสอบชุดเครื่องมือก่อนนำไปใช้งาน จากการประเมินคุณภาพของเครื่องมือโดยผู้ทรงคุณวุฒิ ได้ผลค่าเฉลี่ยรวมของทุกรายการเท่ากับ 4.69 มีคุณภาพในระดับดีมาก เนื่องจากเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำที่พัฒนาขึ้นคำนึงถึงความปลอดภัย ความสะดวกสบายในการใช้งาน สามารถซ่อมแซมและหาอะไหล่ได้ง่าย และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.32 ซึ่งสอดคล้องกับสมมุติฐานที่ตั้งไว้แสดงว่าความคิดเห็นของผู้ประเมินมีความสอดคล้องกับกรอบแนวคิดของ มนตรี ยอดบางเตย. (2538:72-73) เกี่ยวกับการออกแบบให้เกิดรูปทรงใหม่ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับความงามทางด้านศิลปะ การออกแบบผลิตภัณฑ์ต้องคำนึงถึงหลักการดังนี้

- (1) หน้าที่ใช้สอย ต้องออกแบบผลิตภัณฑ์ให้มีหน้าที่ใช้สอยถูกต้อง ตามเป้าหมายและตอบสนองความต้องการของผู้อุปโภคบริโภค
- (2) ความปลอดภัย การออกแบบต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้อุปโภคและบริโภค
- (3) ความสะดวกสบายในการใช้ ต้องคำนึงถึงสัดส่วนที่เหมาะสมกับการใช้งาน
- (4) ความสวยงามน่าใช้ ต้องออกแบบให้ผลิตภัณฑ์ มีรูปร่าง ขนาดสีสนที่สวยงามน่าใช้
- (5) สามารถซ่อมแซมได้ง่าย โดยเฉพาะอุปกรณ์ต้องซื้อหาได้ง่าย เมื่อเกิดการชำรุดเสียหายสามารถหาอะไหล่เปลี่ยนได้

3. ผลการหาประสิทธิภาพเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ ได้จากการนำชุดเครื่องเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ มาใช้ในการเปลี่ยนสถานะของก๊าซตัวอย่างที่มีหนังสือรับรองคุณภาพก๊าซโดยใช้เครื่องมือวัดวิเคราะห์ก๊าซเป็นเครื่องมือวัดค่าองค์ประกอบและค่าความเข้มข้นของก๊าซตัวอย่าง ใช้เวลาการทดสอบ 4 วัน แบ่งทดสอบวันละ 2 ชั่วโมง ที่แรงดันก๊าซคงที่  $1\text{kg/cm}^2$  ทำการบันทึกผลการทดสอบรวมทั้งหมด 50 ครั้ง โดยทำการวัดค่าองค์ประกอบของก๊าซ 3 ค่าคือ ก๊าซเอเอ็มเอพีดี ก๊าซโพรเพน และก๊าซโพรพิลีน

ผลที่วัดได้มีดังนี้

ก๊าซเอเอ็มเอพีดี ทดสอบ 50 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยค่าเท่ากับ 2.05509 %mol คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าผิดพลาดเท่ากับ -0.7398 เปอร์เซ็นต์

ก๊าซโพรเพน ทดสอบ 50 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยค่าเท่ากับ 5.08087 %mol คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าผิดพลาดเท่ากับ 1.1504 เปอร์เซ็นต์

ก๊าซโพรพิลีน ทดสอบ 50 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยค่าเท่ากับ 5.07138 %mol คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าผิดพลาดเท่ากับ -0.2251 เปอร์เซ็นต์

จากผลการทดสอบหาประสิทธิภาพของเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ ได้ผลค่าผิดพลาดของการทดสอบเครื่องมือเมื่อเปรียบเทียบกับใบรับรองคุณภาพก๊าซ ไม่เกิน  $\pm 2\%$  เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องตามสมมุติฐานที่กำหนดไว้ เนื่องจากเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำที่สร้างขึ้นใช้วัสดุในการสร้างเป็นแอสตันเลสทั้งหมด สามารถถ่ายเทความร้อนของผิวโลหะได้ดี เมื่อนำไอน้ำที่แรงดัน  $4 \text{ kg/cm}^2$  อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ไหลเข้าต่อเนื่องในเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ ส่งผลให้อุณหภูมิภายในของเครื่องมือสูงถึง 90 องศาเซลเซียส และเมื่อจ่ายก๊าซตัวอย่างที่มีคุณสมบัติเป็นก๊าซเหลวเข้าเครื่องมือเพื่อต้องการเปลี่ยนสถานะจากก๊าซเหลวให้เป็นไอก๊าซ ปรากฏว่าก๊าซเหลวได้เปลี่ยนสถานะเป็นไอก๊าซได้ทั้งหมดตามผลการทดสอบที่ได้มา แสดงให้เห็นว่าเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนสถานะของก๊าซจากก๊าซเหลวให้เป็นไอก๊าซ โดยมีค่าผิดพลาดในการทดสอบไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนดไว้

### 5.3 ข้อเสนอแนะ

#### 5.3.1 ข้อเสนอแนะเพื่อการนำผลการวิจัยไปใช้

จากการวิจัยนี้ทำให้ได้เครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำที่มีคุณภาพและประสิทธิภาพ ได้แก้ปัญหาในเรื่องของการซื้อเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซที่มีราคาแพง และช่วยทดแทนการนำเข้าเครื่องมือจากต่างประเทศ และช่วยแก้ปัญหาในเรื่องการสั่งซื้ออะไหล่ที่ใช้ระยะเวลานาน เนื่องจากอะไหล่ต่างๆของเครื่องมือหาซื้อได้ในประเทศและมีขายตามร้านวัสดุก่อสร้างทั่วไป และวัสดุที่ใช้สร้างเครื่องมือ ได้นำมาจากวัสดุที่เหลือใช้ภายในโรงงาน

เพื่อให้การใช้งานเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำให้มีประสิทธิภาพโดยสมบูรณ์ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการใช้งานดังนี้

1. เครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ ก่อนจ่ายก๊าซเหลวเข้า ควรเตรียมไอน้ำความดันที่แรงดัน  $4 \text{ kg/cm}^2$  อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส นำไอน้ำไหลเข้าต่อเนื่อง ในเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซนานประมาณ 3 ชั่วโมงเพื่อให้ภายในเครื่องมือเปลี่ยน

สถานะก๊าซร้อน รอกจนอุณหภูมิภายในตัวเครื่องมือไม่ลดลง/เพิ่มขึ้น โดยสังเกตได้จากชุดวัดอุณหภูมิ ควรมีอุณหภูมิสูงกว่า 90 องศาเซลเซียส เพื่อให้เครื่องมือทำงานได้เต็มประสิทธิภาพมากที่สุด

2. เครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ ขณะช่วงนำก๊าซ ในกระบวนการผลิต ที่อัตราการไหล 0.6 LPM แรงดัน  $1 \text{ kg/cm}^2$  คงที่ ไหลเข้าเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ เพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนกับเครื่องมือเปลี่ยนสถานะก๊าซร้อนต่อเนื่อง โดยเปิดวาล์วจุดทิ้งก๊าซเหลว เพื่อกำจัดไม่ให้มีก๊าซเหลวค้างอยู่ในเครื่องมือ ให้ภายในเครื่องมือมีเพียงไอน้ำเท่านั้นนำก๊าซที่จุดก๊าซออกไปหาค่าความเข้มข้นของก๊าซ โดยนำก๊าซจ่ายเข้าเครื่องมือวัดวิเคราะห์ก๊าซ เครื่องมือจะแสดงผลการตรวจวัดออกมาในรูปแบบของตัวเลข ทำตามขั้นตอนนี้ไปเรื่อยๆ จนกว่าจะเลิกใช้งาน

3. เครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำควรมีการทดสอบรอยรั่วของแนวเชื่อมเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ ด้วยวิธีการทดสอบโดยการใช้แรงดันของอากาศ อยู่เสมอประมาณ 1 เดือน/ครั้ง หรือสังเกตจากความเข้มข้นของก๊าซที่ตรวจวัดได้ว่าค่ายังปกติดีหรือไม่ เนื่องจากเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซใช้ชิ้นส่วนประกอบหลายชิ้น อาจทำให้ห้องที่เป็นที่อยู่ของไอน้ำอาจแทรกซึมเข้าไปในห้องที่เป็นที่อยู่ของก๊าซ ทำให้ก๊าซที่นำมาแลกเปลี่ยนความร้อนมีไอน้ำปนอยู่ส่งผลให้ก๊าซที่นำไปใช้วัดหาค่าความเข้มข้นได้ค่าที่วัดออกมาไม่ถูกต้อง ควรรีบทำการแก้ไข

4. เครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำเมื่อต้องการนำก๊าซชนิดอื่นมาแลกเปลี่ยนความร้อนกับเครื่องมือ ควรศึกษาเรื่องคุณสมบัติทางกายภาพของก๊าซนั้นๆก่อนนำมาใช้กับเครื่องมือ

5. เครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ เมื่อต้องการหยุดการใช้งานเครื่องมือ ชั่วคราว ควรปิดวาล์วจ่ายก๊าซเหลวขาเข้า และ เปิดวาล์วจุดทิ้งการให้สุด รอกจนกว่าภายในเครื่องมือไม่มีก๊าซหลงเหลืออยู่ จึงปิดวาล์วไอน้ำ เนื่องจากถ้าเกิดก๊าซภายในหลงเหลืออยู่ และไม่มีไอน้ำไปแลกเปลี่ยนความร้อน ก๊าซที่เหลือภายในจะจับตัวกันเป็นโพลีเมอร์ จะมีปัญหาเรื่องของการอุดตันของเครื่องมือได้

6. เครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำผิวท่อด้านนอกมีอุณหภูมิสูงประมาณ 120 องศาเซลเซียส เมื่อผิวหนังไปแตะโดนอาจทำให้เกิดอันตรายต่อร่างกาย และควรสังเกตเครื่องมือถ้าได้กลิ่นก๊าซรั่วออกมาภายนอกควรหยุดการทำงานของเครื่องมือแล้วหาจุดรั่วเพื่อแก้ไข ไม่ควรใช้งานต่อ

7. เครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำควรมีการทำ ความสะอาด 3 เดือน/ครั้ง ช่วงการทำ ความสะอาดควรใช้ก๊าซไนโตรเจน เป็นลมเป่าไล่ ก๊าซไฮโดคาร์บอน ออกให้หมดไม่ ให้หลงเหลืออยู่ในเครื่องมือก่อนถอดชิ้นงานมาล้าง ห้ามใช้ก๊าซออกซิเจนเป็นลมเป่า เนื่องจากอาจอันตรายทำให้ติดไฟและระเบิดได้ การทำความสะอาดควรใช้ สารทำละลายอะซิโตน นำ เครื่องมือมาแช่ก่อนให้สิ่งสกปรกหลุดให้หมดก่อนล้างด้วยน้ำเปล่า

8. เครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ ในส่วนของชุดวัด อุณหภูมิ ชุดวัดแรงดัน และชุดวัดอัตราการไหล ควรมีการตรวจสอบความถูกต้องของเครื่องมืออยู่เสมอ โดยการทำการสอบเทียบกับเครื่องมือที่ได้มาตรฐานประมาณ 3 เดือน/ครั้ง เพื่อความถูกต้องในการนำไปใช้งาน

### 5.3.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

ดังที่กล่าวในตอนต้นว่าในการพัฒนาเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำให้สมบูรณ์ในทุกๆส่วนอย่างมีคุณภาพนั้น จะต้องอาศัยการวิจัยและพัฒนาในหลายด้าน รวมถึงต้องใช้ต้นทุนระยะเวลา และบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถมากมายซึ่งงานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยที่มุ่งเน้นในการพัฒนา ดังนั้นผู้วิจัยจึงเห็นว่าหากมีการวิจัยและพัฒนาเกี่ยวกับเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำนี้เพิ่มเติม จะทำให้เครื่องมือนี้มีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์กับผู้ใช่มากยิ่งขึ้นโดยผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไปดังนี้

1. ควรมีการศึกษาพัฒนาและหาประสิทธิภาพของเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ ให้เครื่องมือสามารถเปลี่ยนสถานะของก๊าซเหลวให้เป็นไอก๊าซ โดยครอบคลุมก๊าซเหลวทุกชนิด

2. ควรมีการศึกษาเรื่องการอุดตันของเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ ในการนำไปใช้งาน

## บรรณานุกรม

กระทรวงพลังงาน. 2550. ก๊าซธรรมชาติคืออะไร.

(Online). Available : [www.energy.go.th/index.php?q=node/386](http://www.energy.go.th/index.php?q=node/386)

คณะวิทยาศาสตร์ อาคาร จุฬารัตน์. 2554. ศูนย์บริการเครื่องมือวิทยาศาสตร์.

(Online). Available: [ฉัตรชัย นิยมล. 2548. “พื้นฐานเกี่ยวกับระบบไอน้ำ.” คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ](http://www.kmitl.ac.th/sisc/จิรวัดนักศึกษาคณ. 2548. การผลิตไอน้ำสำหรับอุตสาหกรรมในครัวเรือนโดยใช้เตาเผาแบบตะแกรงเลื่อนเป็นแหล่งให้ความร้อน. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลบัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.</a></p>
</div>
<div data-bbox=)

ฉัตรชัย นิยมล. 2548. “บทความพื้นฐานเกี่ยวกับระบบไอน้ำ.” กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

พยุช นรินรัตน์. 2550. “ความต้องการใช้ก๊าซธรรมชาติของประชาชนในเขตกรุงเทพมหานคร.” วิทยานิพนธ์เศรษฐศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

พรรณพิศาล ยุติธรรมดำรง. 2542. “ปัจจัยที่มีผลต่อความต้องการใช้ก๊าซธรรมชาติในการผลิตในกระแสไฟฟ้าและภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทย.” วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ภัทรา นิคมานนท์. 2542. การประเมินผลการเรียน. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : อักษรการพิมพ์.

ทองฉัตร หงส์ดารมภ์. 2523. ความก้าวหน้าของการพัฒนาพลังงานธรรมชาติในประเทศไทย. กรุงเทพฯ : เอกสารประกอบการบรรยาย.

จงจิตร หิรัญลาภ. 2552. “บทความวิจัยและบทความวิชาการพลังงานทดแทน.” กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

บริษัท ปตท. จำกัด มหาชน. 2551. ชนิดและประโยชน์ของก๊าซธรรมชาติ.

(Online). Available : [www.pttplc.com](http://www.pttplc.com)

พวงรัตน์ มณีรัตน์. 2530. การสร้างและการพัฒนาแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

เพ็ญพรรณ ทะสะโส และนันทพล ทะสะโส. 2547. “การใช้แผ่นฟิล์มโพลีเมอร์เป็นแผ่นแลกเปลี่ยนความร้อนในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบกะทัดรัด.” กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตศาลายา.

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร. 2008. การเรียนรู้เรื่องโครมาโตกราฟี. (Online). Available: [http://e-learning.snru.ac.th/els/EL\\_comato/Chomatography.swf](http://e-learning.snru.ac.th/els/EL_comato/Chomatography.swf)

- เรือโทกิตติ จันทร์แสงสี. 2535. “การวิเคราะห์สมรรถนะเชิงความร้อนของหม้อไอน้ำแบบหลอดไฟ.”  
 วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล บัณฑิตวิทยาลัย,  
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- รวีวรรณ ชินะตระกูล. 2553. **การวิจัยการศึกษา**. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : ภาคพิมพ์.  
 ราชบัณฑิตยสถาน. 2538. พจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน. พิมพ์ครั้งที่ 5 กรุงเทพฯ :  
 อักษรเจริญทัศน์ อจท.
- วัลลภ จันทร์ตระกูล. 2543 : 161. สื่อการเรียนการสอน. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอม  
 เกล้าพระนครเหนือ. พิมพ์ลักษณะ.
- วัลลภ จันทร์ตระกูล. 2552. “การออกแบบและสร้างประเมินประสิทธิภาพชุดการสอน.” กรุงเทพฯ :  
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- อาจณรงค์ คุปตะบุตร. 2539. การอนุรักษ์พลังงานในอุตสาหกรรม. โรงพิมพ์  
 มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
- อาจณรงค์ คุปตะบุตร. 2539. **การอนุรักษ์พลังงานในอุตสาหกรรม**. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัย  
 ธรรมศาสตร์.
- Go company. 2554. เครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซ. (Online). Available :  
[www.goreg.com/products/regulators/vaporizing/index.htm](http://www.goreg.com/products/regulators/vaporizing/index.htm)
- Parker company. 2552. เครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซ. (Online). Available :  
[www.parker.com/literature/Veriflo/Veriflo%20.../25000138\\_A\\_VR3.pdf](http://www.parker.com/literature/Veriflo/Veriflo%20.../25000138_A_VR3.pdf)
- Mecanical Technology Magazine. 2546. การจัดการด้านพลังงานในส่วนของไอน้ำ.
- Mill Anthony F. 1992. Heat Transfer. New York: Richard D. Irwin, Inc.
- Library4science. 2005-2009. Gas Chromatography. (Online). Available :  
[www.chromatography-online.org/about.html](http://www.chromatography-online.org/about.html)
- Smith Eric M. 1997. Thermal design of heat exchanger. New York: John Wiley Sons Inc.
- Walker G. 1982. Industrial heat exchanger. New York: Hemisphere Publishing  
 Corporation.
- Yokogawa Electric Corporation. 1994-2011. GC1000 Mark II Process Gas  
 Chromatography. (Online).  
 Available: <http://www.yokogawa.com/an/gc1000m2/an-gc1000m2-01en.htm>
- Yunus G. 1989. Thermodynamics. New York: Mcgraw-Hill Inc.

## ภาคผนวก

- ภาคผนวก ก      แบบการประเมินคุณภาพเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำโดยผู้ทรงคุณวุฒิ
- ภาคผนวก ข      แบบประเมินคุณภาพของเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำที่สร้างขึ้นและ แบบบันทึกผลการทดสอบการทำงานของเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ
- ภาคผนวก ค      สรุปผลแบบประเมินคุณภาพเครื่องมือสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำที่พัฒนาขึ้นมาใหม่
- ภาคผนวก ง      แบบการตรวจสอบรอยร้าวของแนวเชื่อมเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ก่อนนำไปใช้งานโดยผู้ทรงคุณวุฒิ
- ภาคผนวก จ      หนังสือจากงานบัณฑิตศึกษาคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังถึงผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 คน เพื่อขอความร่วมมือในการวิจัยประเมินแบบประเมินคุณภาพ
- ภาคผนวก ฉ      ค่าความเข้มข้นของก๊าซจากเครื่องมือวัดวิเคราะห์ก๊าซขณะทดสอบหาประสิทธิภาพของเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำรวมทั้งสิ้น 54 ครั้ง
- ภาคผนวก ช      ขั้นตอนการบำรุงรักษาเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ
- ภาคผนวก ซ      ข้อกำหนดเครื่องเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ

ภาคผนวก ก

แบบการประเมินคุณภาพเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจาก  
ไอน้ำโดยผู้ทรงคุณวุฒิ

## แบบประเมินคุณภาพ

### ชุดเครื่องมือสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำที่พัฒนาขึ้นมาใหม่

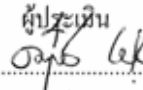
คำชี้แจงคำชี้แจง : ขอให้ท่านผู้ทรงคุณวุฒิได้กรุณาแสดงความคิดเห็นของท่านที่มีต่อชุดเครื่องมือสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำที่พัฒนาขึ้นมาใหม่โดยใส่เครื่องหมาย (✓) ลงในช่องระดับคะแนนการประเมิน พร้อมเขียนข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการนำไปพิจารณาปรับปรุงต่อไป

ซึ่งแบบประเมินคุณภาพแบ่งการประเมินเป็น 5 ด้าน ประกอบด้วย ด้านการใช้งาน ด้านการออกแบบ ด้านความปลอดภัย ด้านการดูแลรักษา และด้านการตรวจสอบชุดเครื่องมือ

ระดับผลการประเมินมี 5 ระดับ ดังนี้

คะแนน	5	หมายถึง	มีความเหมาะสมอยู่ในระดับ	ดีมาก
	4	หมายถึง	มีความเหมาะสมอยู่ในระดับ	ดี
	3	หมายถึง	มีความเหมาะสมอยู่ในระดับ	ปานกลาง
	2	หมายถึง	มีความเหมาะสมอยู่ในระดับ	พอใช้
	1	หมายถึง	มีความเหมาะสมอยู่ในระดับ	ควรปรับปรุง

ที่	รายการขอความคิดเห็น	ระดับคะแนนการประเมิน					ข้อเสนอแนะประกอบ การประเมิน
		5	4	3	2	1	
<b>1.</b>	<b>ด้านการใช้งาน</b>						
	1.1 ชุดเครื่องมือสามารถใช้งานได้และได้ค่าถูกต้อง	✓					
	1.2 ชุดเครื่องมือใช้เวลารวดเร็ว ในการติดตั้งพร้อมใช้งาน		✓				
	1.3 ชุดเครื่องมือมีความทนแข็งแรง	✓					
	1.4 ชุดเครื่องมือใช้งานง่าย	✓					
<b>2.</b>	<b>ด้านการออกแบบ</b>						
	2.1 ชุดเครื่องมือติดตั้งง่าย สะดวกในเคลื่อนย้าย	✓					
	2.2 ชุดเครื่องมือใช้วัสดุในการสร้างที่หาซื้อได้ง่าย		✓				
	2.3 ชุดเครื่องมือมีรูปทรงและขนาดเหมาะในการใช้งาน		✓				
	2.4 ชุดเครื่องมือชิ้นส่วนต่างๆสามารถถอดประกอบได้	✓					
<b>3.</b>	<b>ด้านความปลอดภัย</b>						
	3.1 ชุดเครื่องมือใช้ชิ้นส่วนประกอบมีมาตรฐานรับรองคุณภาพ		✓				
	3.2 ชุดเครื่องมือติดตั้งไม่กีดขวางอุปกรณ์อื่นๆ		✓				
	3.3 ชุดเครื่องมือมีชุด ปิด/เปิด ระบบเมื่อต้องการแก้ไข		✓				
	3.4 ชุดเครื่องมือมี ป้าย /ชื่ออุปกรณ์แสดงให้เห็นชัดเจน	✓					
<b>4.</b>	<b>ด้านการดูแลรักษา</b>						
	4.1 ชุดเครื่องมือทำความสะอาดง่าย	✓					
	4.2 ชุดเครื่องมือง่ายในการเก็บรักษาหลังการใช้งาน	✓					
	4.3 ชุดเครื่องมือสามารถซ่อมบำรุงได้โดยไม่ต้องจ้างผู้ชำนาญ	✓					
	4.4 ชุดเครื่องมือมีเอกสาร ระบุโครงสร้าง ส่วนประกอบ ที่ใช้งาน	✓					
<b>5.</b>	<b>ด้านการตรวจสอบชุดเครื่องมือ</b>						
	5.1 ตรวจสอบรอยร้าวของแนวเชื่อมด้วยวิธีการใช้สารแทรกซึมทดสอบ	✓					
	5.2 ตรวจสอบรอยร้าวของแนวเชื่อมด้วยวิธีการใช้แรงดันลมทดสอบ	✓					

ผู้ประเมิน  
ลงชื่อ.....  .....

คุณศักดิ์ฤทธิ์ แซ่อ่อง

ตำแหน่งวิศวกร หน่วยงานบำรุงรักษาเครื่องมือวัด  
บริษัท พีทีทีโพลีเอทีลิน จำกัด

ที่	รายการขอความคิดเห็น	ระดับคะแนนการประเมิน					ข้อเสนอแนะประกอบ การประเมิน
		5	4	3	2	1	
<b>1.</b>	<b>ด้านการใช้งาน</b>						
	1.1 ชุดเครื่องมือสามารถใช้งานได้และได้ค่าถูกต้อง	✓					
	1.2 ชุดเครื่องมือใช้เวลารวดเร็ว ในการติดตั้งพร้อมใช้งาน		✓				
	1.3 ชุดเครื่องมือมีความคงทนแข็งแรง	✓					
	1.4 ชุดเครื่องมือใช้งานง่าย	✓					
<b>2.</b>	<b>ด้านการออกแบบ</b>						
	2.1 ชุดเครื่องมือติดตั้งง่าย สะดวกในเคลื่อนย้าย		✓				
	2.2 ชุดเครื่องมือใช้วัสดุในการสร้างที่หาซื้อได้ง่าย	✓					
	2.3 ชุดเครื่องมือมีรูปทรงและขนาดเหมาะในการใช้งาน		✓				
	2.4 ชุดเครื่องมือชิ้นส่วนต่างๆสามารถถอดประกอบได้	✓					
<b>3.</b>	<b>ด้านความปลอดภัย</b>						
	3.1 ชุดเครื่องมือใช้ชิ้นส่วนประกอบมีมาตรฐานรับรองคุณภาพ		✓				
	3.2 ชุดเครื่องมือติดตั้งไม่กีดขวางอุปกรณ์อื่นๆ	✓					
	3.3 ชุดเครื่องมือมีชุด ปิด/เปิด ระบบเมื่อต้องการแก้ไข	✓					
	3.4 ชุดเครื่องมือมี ป้าย /ชื่ออุปกรณ์แสดงให้เห็นชัดเจน	✓					
<b>4.</b>	<b>ด้านการดูแลรักษา</b>						
	4.1 ชุดเครื่องมือทำความสะอาดง่าย	✓					
	4.2 ชุดเครื่องมือง่ายในการเก็บรักษาหลังการเลิกใช้งาน	✓					
	4.3 ชุดเครื่องมือสามารถซ่อมบำรุงได้โดยไม่ต้องจ้างผู้ชำนาญ	✓					
	4.4 ชุดเครื่องมือมีเอกสาร ระบุโครงสร้าง ส่วนประกอบ ที่ใช้งาน	✓					
<b>5.</b>	<b>ด้านการตรวจสอบชุดเครื่องมือ</b>						
	5.1 ตรวจสอบรอยร้าวของแนวเชื่อมด้วยวิธีการ ใช้สารแทรกซึมทดสอบ	✓					
	5.2 ตรวจสอบรอยร้าวของแนวเชื่อมด้วยวิธีการ ใช้แรงดันลมทดสอบ	✓					

ผู้ประเมิน  
ลงชื่อ.....สมโภชน์ ต......

คุณสมโภชน์ ตันประเสริฐ  
ตำแหน่งช่างเทคนิค หน่วยงานบำรุงรักษาเครื่องมือวัด  
บริษัท พีทีทีโพลีเทคติน จำกัด

ที่	รายการขอความคิดเห็น	ระดับคะแนนการประเมิน					ข้อเสนอแนะประกอบ การประเมิน
		5	4	3	2	1	
<b>1.</b>	<b>ด้านการใช้งาน</b>						
	1.1 ชุดเครื่องมือสามารถใช้งานได้และได้ค่าถูกต้อง	/					
	1.2 ชุดเครื่องมือใช้เวลารวดเร็ว ในการติดตั้งพร้อมใช้งาน		/				
	1.3 ชุดเครื่องมือมีความคงทนแข็งแรง		/				
	1.4 ชุดเครื่องมือใช้งานง่าย		/				
<b>2.</b>	<b>ด้านการออกแบบ</b>						
	2.1 ชุดเครื่องมือติดตั้งง่าย สะดวกในเคลื่อนย้าย	/					
	2.2 ชุดเครื่องมือใช้วัสดุในการสร้างที่หาซื้อได้ง่าย	/					
	2.3 ชุดเครื่องมือมีรูปทรงและขนาดเหมาะในการใช้งาน		/				
	2.4 ชุดเครื่องมือชิ้นส่วนต่างๆสามารถถอดประกอบได้	/					
<b>3.</b>	<b>ด้านความปลอดภัย</b>						
	3.1 ชุดเครื่องมือใช้ชิ้นส่วนประกอบมีมาตรฐานรับรองคุณภาพ	/					
	3.2 ชุดเครื่องมือติดตั้ง ไม่กีดขวางอุปกรณ์อื่นๆ		/				
	3.3 ชุดเครื่องมือมีชุด ปัดเบียด ระบบเมื่อต้องการแก้ไข	/					
	3.4 ชุดเครื่องมือมี ป้าย / ชื่ออุปกรณ์แสดงให้เห็นชัดเจน						
<b>4.</b>	<b>ด้านการดูแลรักษา</b>						
	4.1 ชุดเครื่องมือทำความสะอาดง่าย		/				
	4.2 ชุดเครื่องมือง่ายในการเก็บรักษาหลังการใช้งาน		/				
	4.3 ชุดเครื่องมือสามารถซ่อมบำรุงได้โดยไม่ต้องจ้างผู้ชำนาญ		/				
	4.4 ชุดเครื่องมือมีเอกสาร ระบุโครงสร้าง ส่วนประกอบ ที่ใช้งาน	/					
<b>5.</b>	<b>ด้านการตรวจสอบชุดเครื่องมือ</b>						
	5.1 ตรวจสอบรอยร้าวของแนวเชื่อมด้วยวิธีการใช้สารแทรกซึมทดสอบ	/					
	5.2 ตรวจสอบรอยร้าวของแนวเชื่อมด้วยวิธีการใช้แรงดันลมทดสอบ	/					

ผู้ประเมิน  
ลงชื่อ.....*กิตติคุณ*.....  
คุณจักรพัทธ์ ศรีสว่าง  
ตำแหน่งวิศวกร หน่วยงานบำรุงรักษาเครื่องมือวัด  
บริษัท ทีทีทีโพลีเอทิลีน จำกัด

## แบบประเมินคุณภาพ

การตรวจสอบแนวเชื่อมของชุดเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซ  
โดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำก่อนการนำชุดเครื่องมือไปใช้งาน

คำชี้แจงคำชี้แจง : ขอให้ท่านผู้ทรงคุณวุฒิได้กรุณาแสดงความคิดเห็นของท่านที่มีต่อชุดเครื่องมือสถานะของ  
ก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำที่พัฒนาขึ้นมาใหม่โดยใส่เครื่องหมาย ( ✓ ) ลงในช่องการประเมิน  
ซึ่งแบบประเมินคุณภาพ การตรวจสอบชุดเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซ โดยการใช้พลังงานความ  
ร้อนจากไอน้ำก่อนการนำชุดเครื่องมือไปใช้งาน การประเมินการตรวจสอบชุดเครื่องมือแบ่งออกเป็น 2 วิธี  
ประกอบด้วย วิธีการตรวจสอบรอยรั่วของแนวเชื่อมโดยใช้สารแทรกซึม และวิธีการตรวจสอบรอยรั่วของแนว  
เชื่อมโดยใช้แรงดันของอากาศ

ระดับผลการประเมินการทดสอบมี 2 ระดับ ดังนี้

1. ผ่านการทดสอบ สามารถนำไปใช้งานได้
2. ไม่ผ่านการทดสอบ ไม่สามารถนำไปใช้งานได้

การตรวจสอบแนวเชื่อมของชุดเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซ โดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ ก่อนการนำชุดเครื่องมือไปใช้งาน		
1. วิธีการใช้สารแทรกซึมหรือที่เรียกว่าการทำ Liquid Penetrate Testing (PT)		หมายเหตุ
ผลการทดสอบ: (✓) ผ่านการทดสอบ สามารถนำไปใช้งานได้		
(.....) ไม่ผ่านการทดสอบ ไม่สามารถนำไปใช้งานได้		
2. วิธีการทดสอบโดยการใช้แรงดัน Air Leakage Test		
ผลการทดสอบ: (✓) ผ่านการทดสอบ สามารถนำไปใช้งานได้		
(.....) ไม่ผ่านการทดสอบ ไม่สามารถนำไปใช้งานได้		

ผู้ประเมิน  
ลงชื่อ.....  
คุณศักดิ์ แซ่อึ้ง

ตำแหน่งวิศวกร หน่วยงานบำรุงรักษาเครื่องมือวัด  
บริษัท พีทีทีโพลีเทค จำกัด

## แบบประเมินคุณภาพ

การตรวจสอบแนวเชื่อมของชุดเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซ  
โดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำก่อนการนำชุดเครื่องมือไปใช้งาน

คำชี้แจง: ขอให้ท่านผู้ทรงคุณวุฒิได้กรุณาแสดงความคิดเห็นของท่านที่มีต่อชุดเครื่องมือสถานะของ  
ก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำที่พัฒนาขึ้นมาใหม่โดยใส่เครื่องหมาย (✓) ลงในช่องการประเมิน  
ซึ่งแบบประเมินคุณภาพ การตรวจสอบชุดเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความ  
ร้อนจากไอน้ำก่อนการนำชุดเครื่องมือไปใช้งาน การประเมินการตรวจสอบชุดเครื่องมือแบ่งออกเป็น 2 วิธี  
ประกอบด้วย วิธีการตรวจสอบรอยรั่วของแนวเชื่อมโดยใช้สารแทรกซึม และวิธีการตรวจสอบรอยรั่วของแนว  
เชื่อมโดยใช้แรงดันของอากาศ

ระดับผลการประเมินการทดสอบมี 2 ระดับ ดังนี้

1. ผ่านการทดสอบ สามารถนำไปใช้งานได้
2. ไม่ผ่านการทดสอบ ไม่สามารถนำไปใช้งานได้

การตรวจสอบแนวเชื่อมของชุดเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซ โดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ ก่อนการนำชุดเครื่องมือไปใช้งาน	
1. วิธีการใช้สารแทรกซึมหรือที่เรียกว่าการทำ Liquid Penetrate Testing (PT)	หมายเหตุ
ผลการทดสอบ: (✓) ผ่านการทดสอบ สามารถนำไปใช้งานได้ (.....) ไม่ผ่านการทดสอบ ไม่สามารถนำไปใช้งานได้	
2. วิธีการทดสอบโดยการใช้แรงดัน Air Leakage Test	
ผลการทดสอบ: (✓) ผ่านการทดสอบ สามารถนำไปใช้งานได้ (.....) ไม่ผ่านการทดสอบ ไม่สามารถนำไปใช้งานได้	

ผู้ประเมิน  
ลงชื่อ.....

คุณสมโภชน์ ตันประเสริฐ

ตำแหน่งช่างเทคนิค หน่วยงานบำรุงรักษาเครื่องมือวัด

บริษัท พีทีทีโพลีเอทิลีน จำกัด

## แบบประเมินคุณภาพ

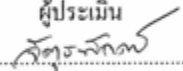
การตรวจสอบแนวเชื่อมของชุดเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซ  
โดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำก่อนการนำชุดเครื่องมือไปใช้งาน

คำชี้แจงคำชี้แจง : ขอให้ท่านผู้ทรงคุณวุฒิได้กรุณาแสดงความคิดเห็นของท่านที่มีต่อชุดเครื่องมือสถานะของ  
ก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำที่พัฒนาขึ้นมาใหม่โดยใส่เครื่องหมาย ( ✓ ) ลงในช่องการประเมิน  
ซึ่งแบบประเมินคุณภาพ การตรวจสอบชุดเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความ  
ร้อนจากไอน้ำก่อนการนำชุดเครื่องมือไปใช้งาน การประเมินการตรวจสอบชุดเครื่องมือแบ่งออกเป็น 2 วิธี  
ประกอบด้วย วิธีการตรวจสอบรอยรั่วของแนวเชื่อมโดยใช้สารแทรกซึม และวิธีการตรวจสอบรอยรั่วของแนว  
เชื่อมโดยใช้แรงดันของอากาศ

ระดับผลการประเมินการทดสอบมี 2 ระดับ ดังนี้

1. ผ่านการทดสอบ สามารถนำไปใช้งานได้
2. ไม่ผ่านการทดสอบ ไม่สามารถนำไปใช้งานได้

การตรวจสอบแนวเชื่อมของชุดเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซ โดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ ก่อนการนำชุดเครื่องมือไปใช้งาน	
<b>1. วิธีการใช้สารแทรกซึมหรือที่เรียกว่าการทำ Liquid Penetrate Testing (PT)</b>	หมายเหตุ
ผลการทดสอบ: ( / ) ผ่านการทดสอบ สามารถนำไปใช้งานได้ ( ..... ) ไม่ผ่านการทดสอบ ไม่สามารถนำไปใช้งานได้	
<b>2. วิธีการทดสอบโดยการใช้แรงดัน Air Leakage Test</b>	
ผลการทดสอบ: ( / ) ผ่านการทดสอบ สามารถนำไปใช้งานได้ ( ..... ) ไม่ผ่านการทดสอบ ไม่สามารถนำไปใช้งานได้	

ผู้ประเมิน  
ลงชื่อ..... 

คุณจักรพัทธ์ศรีสว่าง

ตำแหน่งวิศวกร หน่วยงานบำรุงรักษาเครื่องมือวัด  
บริษัท พีทีทีโพลีเอทีสัน จำกัด

### ภาคผนวก ข

แบบประเมินคุณภาพของเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำที่  
สร้างขึ้น

และแบบบันทึกผลการทดสอบเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ

### 3.2.4.4 ตัวอย่างแบบประเมินคุณภาพของเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำที่สร้างขึ้น

แบบแสดงความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิที่มีต่อเครื่องมือสถานะของก๊าซโดยใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ **คำชี้แจง:** ขอให้ท่านผู้ทรงคุณวุฒิกรุณาแสดงความคิดเห็นของท่านที่มีต่อแบบประเมินโดยใส่เครื่องหมาย

(✓) ลงในช่องความคิดเห็นของท่านพร้อมเขียนข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการนำไปพิจารณาปรับปรุงต่อไป

ตารางที่ 3.1	แบบประเมินคุณภาพของเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำที่พัฒนาขึ้นมาใหม่	ระดับคะแนนการประเมิน					ข้อเสนอแนะประการ การประเมิน
		5	4	3	2	1	
1.	<b>ด้านการใช้งาน</b>						
	1.1 เครื่องมือสามารถใช้งานได้และได้ค่าถูกต้อง						
	1.2 เครื่องมือใช้เวลารวดเร็ว ในการติดตั้งพร้อมใช้งาน						
	1.3 เครื่องมือมีความคงทนแข็งแรง						
	1.4 เครื่องมือใช้งานง่าย						
2.	<b>ด้านการออกแบบ</b>						
	2.1 เครื่องมือติดตั้งง่าย สะดวกในเคลื่อนย้าย						
	2.2 เครื่องมือใช้วัสดุในการสร้างที่หาซื้อได้ง่าย						
	2.3 เครื่องมือมีรูปทรงและขนาดเหมาะในการใช้งาน						
	2.4 เครื่องมือชิ้นส่วนต่างๆสามารถถอดประกอบได้						
3.	<b>ด้านความปลอดภัย</b>						
	3.1 เครื่องมือใช้ชิ้นส่วนประกอบมีมาตรฐานรับรองคุณภาพ						
	3.2 เครื่องมือติดตั้งไม่กีดขวางอุปกรณ์อื่นๆ						
	3.3 เครื่องมือมีชุด ปิด/เปิด ระบบเมื่อต้องการแก้ไข						
	3.4 เครื่องมือมีป้าย /ชื่ออุปกรณ์แสดงให้เห็นชัดเจน						
4.	<b>ด้านการดูแลรักษา</b>						
	4.1 เครื่องมือทำความสะอาดง่าย						
	4.2 เครื่องมือง่ายในการเก็บรักษาหลังการเลิกใช้งาน						
	4.3 เครื่องมือสามารถซ่อมบำรุงได้โดยไม่ต้องจ้างผู้ชำนาญ						
	4.4 เครื่องมือมีเอกสาร ระบุโครงสร้าง ส่วนประกอบ ที่ใช้ในงาน						
5.	<b>ด้านการตรวจสอบเครื่องมือ</b>						
	5.1 ตรวจสอบรอยรั่วของแนวเชื่อมด้วยวิธีการใช้สารแทรกซึมทดสอบ						
	5.2 ตรวจสอบรอยรั่วของแนวเชื่อมด้วยวิธีการใช้แรงดันลมทดสอบ						

**ตาราง 3.2** แบบบันทึกผลการทดสอบการทำงานของเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำที่พัฒนาขึ้น

ก๊าซตัวอย่าง	ค่าความเข้มข้นของก๊าซ อ่านค่าจากเครื่องมือวัดและวิเคราะห์ก๊าซ (ppm/ppb/mol%)	ค่าความชื้นของก๊าซอ่านค่าจากใบรับรองคุณภาพของก๊าซ (ppm/ppb/mol%)	ค่าผิดพลาด(%)
ค่าองค์ประกอบของก๊าซตัวที่ 1 .....			
ค่าองค์ประกอบของก๊าซตัวที่ 2 .....			
ค่าองค์ประกอบของก๊าซตัวที่ 3 .....			
ค่าองค์ประกอบของก๊าซตัวที่ 4 .....			

**ตาราง 3.3** แบบบันทึกผลการทดสอบเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำรวมทั้งหมด 50 ครั้ง

ตารางบันทึกผลการทดสอบรวม				
เครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ทั้งหมด 50 ครั้ง				
ชื่อ-ก๊าซตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ยรวม 50 ครั้ง ก๊าซตัวอย่าง (ppm/ppb/mol%)	ค่าก๊าซตัวอย่างจากใบรับรอง (ppm/ppb/mol%)	ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดของก๊าซแต่ละชนิด (%)	ค่าเฉลี่ยรวมของความผิดพลาดก๊าซทั้งหมด (%)
ก๊าซตัวอย่าง 1.....				
ก๊าซตัวอย่าง 2.....				
ก๊าซตัวอย่าง 3.....				
ก๊าซตัวอย่าง 4.....				

### ภาคผนวก ค

สรุปผลแบบประเมินคุณภาพเครื่องมือสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจาก  
ไอน้ำที่พัฒนาขึ้นมาใหม่

ตารางที่ 6.1 สรุปผลแบบประเมินคุณภาพเครื่องมือสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำที่พัฒนาขึ้นมาใหม่

รายการประเมิน	ผู้ทรงคุณวุฒิ			ค่าเฉลี่ย	S.D.	ค.
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
<b>1. ด้านการใช้งาน</b>						
1.1 เครื่องมือสามารถใช้งานได้และได้ค่าถูกต้อง	5.00	5.00	5.00	5.00	0.00	
1.2 เครื่องมือใช้เวลารวดเร็วในการติดตั้งพร้อมใช้งาน	4.00	4.00	4.00	4.00	0.00	
1.3 เครื่องมือมีความคงทนแข็งแรง	5.00	5.00	4.00	4.67	0.58	
1.4 เครื่องมือใช้งานง่าย	5.00	5.00	4.00	4.67	0.58	
<b>รวมด้านการใช้งาน</b>				<b>4.58</b>	<b>0.29</b>	
<b>2. ด้านการออกแบบ</b>						
2.1 เครื่องมือติดตั้งง่าย สะดวกในเคลื่อนย้าย	4.00	5.00	5.00	4.67	0.58	
2.2 เครื่องมือใช้วัสดุในการสร้างที่หาซื้อได้ง่าย	5.00	4.00	5.00	4.67	0.58	
2.3 เครื่องมือมีรูปทรงและขนาดเหมาะในการใช้งาน	4.00	4.00	4.00	4.00	0.00	
2.4 เครื่องมือชิ้นส่วนต่างๆสามารถถอดประกอบได้	5.00	5.00	5.00	5.00	0.00	
<b>รวมด้านการออกแบบ</b>				<b>4.58</b>	<b>0.29</b>	
<b>3. ด้านความปลอดภัย</b>						
3.1 เครื่องมือใช้ชิ้นส่วนประกอบมีมาตรฐานรับรองคุณภาพ	4.00	4.00	5.00	4.33	0.58	
3.2 เครื่องมือติดตั้งไม่กีดขวางอุปกรณ์อื่นๆ	5.00	4.00	4.00	4.56	0.58	
3.3 เครื่องมือมีชุด ปิด/เปิดระบบเมื่อต้องการแก้ไข	5.00	4.00	5.00	4.67	0.58	
3.4 เครื่องมือมีป้าย / ชื่ออุปกรณ์แสดงให้เห็นชัดเจน	5.00	5.00	4.00	4.53	0.58	
<b>รวมด้านความปลอดภัย</b>				<b>4.52</b>	<b>0.58</b>	
<b>4. ด้านการดูแลรักษา</b>						
4.1 เครื่องมือทำความสะอาดง่าย	5.00	5.00	4.00	4.67	0.58	
4.2 เครื่องมือง่ายในการเก็บรักษาหลังการเลิกใช้งาน	5.00	5.00	4.00	4.67	0.58	
4.3 เครื่องมือสามารถซ่อมบำรุงได้โดยไม่ต้องจ้างผู้ชำนาญ	5.00	5.00	4.00	4.67	0.58	
4.4 เครื่องมือมีเอกสาร ระบุโครงสร้างส่วนประกอบ ที่ใช้ในงาน	5.00	5.00	5.00	5.00	0.00	
<b>รวมด้านการดูแลรักษา</b>				<b>4.75</b>	<b>0.43</b>	
<b>5. ด้านการตรวจสอบเครื่องมือ</b>						
5.1 ตรวจสอบรอยรั่วของแนวเชื่อมด้วยวิธีการใช้สารแทรกซึมทดสอบ	5.00	5.00	5.00	5.00	0.00	
5.2 ตรวจสอบรอยรั่วของแนวเชื่อมด้วยวิธีการใช้แรงดันลมทดสอบ	5.00	5.00	5.00	5.00	0.00	
<b>รวมด้านการตรวจสอบเครื่องมือ</b>				<b>5.00</b>	<b>0.00</b>	

### ภาคผนวก ง

แบบการตรวจสอบรอยร้าวของแนวเชื่อมเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ก่อนนำไปใช้งานโดยผู้ทรงคุณวุฒิ

## วิธีการตรวจสอบเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ ด้านการตรวจสอบเครื่องมือก่อนนำเข้าใช้งาน

การตรวจสอบเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ มีหลักการทดสอบคือ ทดสอบก่อนนำไปใช้งาน และทดสอบหลังการนำไปใช้งาน โดยการทดสอบก่อนนำเข้าใช้งานมีกระบวนการการตรวจสอบรอยร้าวของชุดเครื่องเครื่องมือที่สร้างขึ้นเนื่องจากเครื่องมือที่สร้างขึ้นนำชิ้นส่วนหลายๆชิ้นนำมาประกอบกันอาจเกิดการรั่วไหลตามแนวเชื่อมเพื่อให้เกิดความมั่นใจก่อนนำเข้าใช้งานควรมีการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือก่อน เมื่อนำเข้าใช้งานถ้าเกิดการรั่วหรืออุปกรณ์แตกอาจเกิดอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานได้ จึงจำเป็นต้องมีการตรวจสอบก่อนใช้งานจริงโดยให้ผู้ทรงคุณวุฒิที่มีประสบการณ์ในโรงงานด้านแผนกซ่อมบำรุงรักษา ซึ่งเคยทำงานในโรงงานอุตสาหกรรมมาไม่น้อยกว่า 3 ปีเป็นผู้ควบคุมการตรวจสอบ ด้วยวิธีการตรวจสอบ 2 วิธี ดังนี้

1. การตรวจสอบรอยร้าวของแนวเชื่อมของเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ ด้วยวิธีการใช้สารแทรกซึมหรือที่เรียกว่าการทำ Liquid Penetrate Testing (PT)

2. การตรวจสอบรอยร้าวของแนวเชื่อมเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ ด้วยวิธีการทดสอบโดยการใช้แรงดันของอากาศหรือก๊าซไนโตรเจน

1. การตรวจสอบรอยร้าวของแนวเชื่อมของเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ ด้วยวิธีการใช้สารแทรกซึมหรือที่เรียกว่าการทำ Liquid Penetrate Testing (PT)

เป็นวิธีการตรวจสอบความบกพร่องบนผิวชิ้นงานด้วยสายตาเปล่าหรือแว่นขยายของวัสดุที่ผิวหน้าเปิดและวัสดุต้องไม่เป็นรูพรุนวิธีนี้เป็นวิธีที่นิยมใช้ตรวจสอบกับวัสดุที่ไม่มีคุณสมบัติความเป็นแม่เหล็กโดยใช้หลักการของกระบวนการการแทรกซึมของน้ำยาลงไปในผิวชิ้นงานตัวอย่างงานที่ใช้วิธีการนี้ได้แก่ งานท่อ งานโครงสร้างโลหะด้วย สเปร์ยตรวจสอบรอยร้าวของบริษัท MAGNAFLUX CHEMICALS ที่ผิวแนวเชื่อมประกอบด้วย Penetrant , Remover และ Developer มีคุณสมบัติในการตรวจสอบที่ต้องการความรวดเร็วโดยไม่จำเป็นต้องใช้วัสดุอุปกรณ์พิเศษอื่นมาเป็นองค์ประกอบในการใช้งาน ทั้งนี้ น้ำยาชนิดนี้ยังมีความสามารถในการตรวจสอบหารอยร้าวได้สูงและยังให้ผลการตรวจสอบที่เชื่อถือได้ สามารถใช้งานได้กับโลหะและวัสดุหลากหลายชนิด น้ำยาชนิดนี้สามารถตรวจสอบรอยร้าวที่เราไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าโดยใช้น้ำยาสีแดงทาผิวหน้าบริเวณที่ต้องการตรวจสอบจากนั้นล้างคราบสีแดงด้วย Cleaner และใช้น้ำยาสีขาวทาทับถ้ามีรอยร้าวจะขึ้นสีแดงจากน้ำยาสีแดงมีวิธีการทดสอบทั้งหมด 5 ขั้นตอนดังนี้

### ขั้นตอนที่ 1 ฉีดน้ำยาทำความสะอาดผิวงาน Cleaning (กระป๋องสีฟ้า)

ควรตรวจสอบประเภทสนิม, คราบน้ำมัน, ผงผ้า ทำความสะอาดพื้นผิวก่อนโดยฉีดน้ำยา cleaner ในระหว่างการทำความสะอาดควรระวังผิวหน้าอุดตันผลดีของการทำความสะอาดผิวหน้าก่อนจะทำให้มีน้ำยาที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น

### ขั้นตอนที่ 2 ฉีดน้ำยาแทรกซึม Penetration (กระป๋องสีแดง)

หลังจากทำความสะอาดผิวหน้าแล้วควรทำให้แห้งหลังจากนั้นฉีดน้ำยาสีแดงลงบนวัตถุที่ต้องการตรวจจ็รอยร้าวโดยให้ห่างจากชิ้นงานประมาณ 20-30 ซม. รอให้น้ำยาซึมซับประมาณ 2-3 นาที หากต้องการผลที่แน่นอนควรทิ้งไว้ 3-6 นาทีวัตถุที่จะทำการตรวจควรอยู่ในอุณหภูมิประมาณ 10-40 องศาเซลเซียส หากใช้น้ำยาบริเวณที่มีอากาศเย็นและอยู่กลางแจ้ง ควรฉีดซ้ำประมาณ 2 ครั้ง

### ขั้นตอนที่ 3 เช็ดทำความสะอาดผิวงาน Cleaning (กระป๋องสีฟ้า)

หลังจากฉีดน้ำยาแทรกซึมแล้วล้างคราบสีแดงออกโดยฉีดน้ำยา Cleaning ลงบนผ้า, กระดาษทิชชู หรือล้างด้วยน้ำ (ในกรณีสารเคมีที่สามารถละลายน้ำได้) หากทำความสะอาดผิวหน้าของวัตถุที่ต้องการตรวจสอบไม่หมดจะทำให้ผลการตรวจสอบไม่ดีจึงควรทำความสะอาดผิวหน้าก่อน อย่าใช้น้ำยาทันที

### ขั้นตอนที่ 4 ฉีดน้ำยาเร่งปฏิกิริยา Development (กระป๋องสีขาว)

ฉีดน้ำยาเร่งปฏิกิริยาลงบนผิวงานที่ได้เช็ดคราบน้ำยาสีแดงออกจนหมดการฉีดให้เขย่ากระป๋องสีขาวรอยร้าว จะปรากฏเป็นสีแดง

### ขั้นตอนที่ 5 การตรวจสอบ

หลังจากขั้นตอนที่ 4 (Development) พื้นที่ที่ไม่ปรากฏสีแดง หมายถึง ไม่พบตำหนิรอยร้าว รอยร้าวหากตรวจสอบพบขนาดความลึก, ตำแหน่งของรอยร้าวปรากฏด้วยสีแดงที่ฉีกลงในชิ้นงาน หมายถึงมีรอยร้าวเกิดขึ้นทำการแก้ไขชิ้นงาน

แหล่งที่มา:[http://www.ndtmart.com/index.php?cPath=20\\_53\\_69](http://www.ndtmart.com/index.php?cPath=20_53_69)

## 2. การตรวจสอบรอยร้าวของแนวเชื่อมเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ ด้วยวิธีการทดสอบโดยการใช้แรงดันของอากาศหรือก๊าซไนโตรเจน

การทดสอบการรั่วซึม (Air Leakage Test) เป็นการทดสอบการรั่วไหลของเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ ด้วยวิธีการอัดแรงดันลมหรือไนโตรเจนเข้าไปในเครื่องมือที่สร้างขึ้น แล้วทำการปิดตัวอุปกรณ์ให้แรงดันค้างอยู่ภายใน ที่แรงดัน 1.5 เท่าของการใช้งานจริง ติดตั้งชุดวัดแรงดันในตัวอุปกรณ์เพื่อไว้สำหรับดูว่าแรงดันที่อัดไปรั่วหรือลดลงหรือไม่ ถ้าแรงดันต้นมีการลดลงจากค่าแรงดันครั้งแรกที่อัดไปแสดงว่าเครื่องมือรั่ว โดยการหาจุดรั่วโดยการใช้น้ำสบู่ฉีดให้ทั่วๆกับอุปกรณ์ จะเกิดฟองอากาศเกิดขึ้นมาในบริเวณนั้นๆ สามารถสรุปวิธีการทดสอบทั้งหมด 4 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ประกอบเครื่องมือเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำที่พัฒนาขึ้นมาใหม่

ประกอบเครื่องมือโดยการขันน็อตและติดตั้งอุปกรณ์ทุกอย่างที่จะใช้งานให้เรียบร้อยพร้อมทั้งติดตั้งชุดวาล์วเพื่อใช้สำหรับ ปิด/เปิดแรงดัน

ขั้นตอนที่ 2 ติดตั้งชุดวัดแรงดันที่ย่านย่านวัด 0-8 kg/cm<sup>2</sup> จำนวน 2 ชุด

ติดตั้งชุดวัดแรงดันเพื่อใช้รับรู้ว่าแรงดันที่ทดสอบเปรียบเทียบกับว่าแรงดันมีการลดลงหรือไม่สามารถดูค่าได้จากเกจวัดแรงดัน ถ้าแรงดันตกลงแสดงว่าชิ้นงานมีการรั่วไหล

ขั้นตอนที่ 3 ติดตั้งก๊าซไนโตรเจนที่มีแรงดันมากกว่าแรงดันใช้งานจริง 1.5 เท่า

ทำการจ่ายชุดแรงดันเข้าไปด้านในเครื่องมือโดยดูค่าจากเกจวัดแรงดันเมื่อแรงดันถึงที่ 1.5 เท่า ของแรงดันใช้งาน แล้วทำการปิดวาล์วทั้งด้านขาเข้าและขาออก ทิ้งไว้ในระยะเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง ถ้าแรงดันเกจวัดแรงดันยังเท่ากับแรงดันครั้งแรกที่จ่ายเข้าไป แสดงว่าอุปกรณ์ไม่มีการรั่วไหล

ขั้นตอนที่ 4 การตรวจสอบใช้น้ำสบู่ฉีดเพื่อหาจุดรั่ว

เมื่อเครื่องมือเกิดการรั่วไหลจะขึ้นน็อตอัดให้แน่นมากขึ้นกว่าเดิมหรือเปลี่ยนแผ่นรองกันรั่วใหม่ แล้วใช้น้ำสบู่ฉีดตามจุดข้อต่อรอยเชื่อมต่างๆทุกจุด เพื่อจะได้ทราบว่าจุดรั่วมีจุดตรงไหนบ้างจะได้แก้ไขตามจุดรั่วได้ถูกต้อง

**แหล่งที่มา :** เอกสารวิธีการปฏิบัติงานการตรวจสอบสภาพภายในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน. บริษัท พีทีที แมนแทนแนนซ์ แอนด์ เอนจิเนียริง จำกัด)

<http://www.pttplc.com/th/about-ptt-business-operations-ptochemical-refining-unit-ptochemical-company.aspx>

### ภาคผนวก จ

หนังสือจากงานบัณฑิตศึกษาคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังถึงผู้ทรงคุณวุฒิ  
จำนวน 3 คน เพื่อขอความร่วมมือในการวิจัยประเมินแบบประเมินคุณภาพ

ที่ ศธ 0524.04/ 4433



คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า  
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง  
กรุงเทพฯ 10520

[๙ ธันวาคม 2554

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบประเมินคุณภาพชุดเครื่องมือ ฯ เพื่อการวิจัย

เรียน คุณจตุรพักตร์ ศรีสว่าง

สิ่งที่ส่งมาด้วย 1. แบบประเมินคุณภาพของชุดเครื่องมือ ฯ เพื่อการวิจัย

ด้วย นายปิยะพล เครือรัตน์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาชุดเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซ โดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ” โดยมี รศ.กิตติพงศ์ มะโน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และรศ.วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบประเมินคุณภาพชุดเครื่องมือ ฯ นี้ว่ามีความถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจแบบประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของ นายปิยะพล เครือรัตน์ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์)

คณบดี

ส่วนบริหารงานทั่วไป

โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02- 329-8436

ติดต่อนักศึกษา โทร. 086-829-7993

ที่ ศธ 0524.04/ 4433



คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า  
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง  
กรุงเทพฯ 10520

17 ธันวาคม 2554

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบประเมินคุณภาพชุดเครื่องมือ ฯ เพื่อการวิจัย

เรียน คุณศีกฤทธิ์ แซ่อ่อง

สิ่งที่ส่งมาด้วย 1. แบบประเมินคุณภาพของชุดเครื่องมือ ฯ เพื่อการวิจัย

ด้วย นายปิยะพล เครือรัตน์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาชุดเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซ โดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ” โดยมี รศ.กิติพงศ์ มะโน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และรศ.วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบประเมินคุณภาพชุดเครื่องมือ ฯ นี้ว่ามีความถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจแบบประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของ นายปิยะพล เครือรัตน์ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์)

คณบดี

ส่วนบริหารงานทั่วไป

โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02- 329-8436

ติดต่อนักศึกษา โทร. 086-829-7993

ที่ ศธ 0524.04/4433



คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า  
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง  
กรุงเทพฯ 10520

14 ธันวาคม 2554

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบประเมินคุณภาพชุดเครื่องมือ ฯ เพื่อการวิจัย

เรียน คุณสมโภชน์ ดันประเสริฐ

สิ่งที่ส่งมาด้วย 1. แบบประเมินคุณภาพของชุดเครื่องมือ ฯ เพื่อการวิจัย

ด้วย นายปิยะพล เครือรัตน์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาชุดเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซ โดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ” โดยมี รศ.กิติพงศ์ มะโน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และรศ.วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบประเมินคุณภาพชุดเครื่องมือ ฯ นี้ว่ามีความถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจแบบประเมินของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของ นายปิยะพล เครือรัตน์ มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์)

คณบดี

ส่วนบริหารงานทั่วไป

โทร. 02-329-8000 ต่อ 3692

โทรสาร. 02- 329-8436

ติดต่อนักศึกษา โทร. 086-829-7993

### ภาคผนวก ฉ

ค่าความเข้มข้นของก๊าซจากเครื่องมือวัดวิเคราะห์ก๊าซขณะทดสอบหาประสิทธิภาพ  
ของเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ  
รวมทั้งสิ้น 50 ครั้ง

การทดสอบหาประสิทธิภาพเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ  
ครั้งที่ 1 ....Total 17RUN 2011/12/15 เวลา 14:08 ถึง 16:19

Analysis Results( #5/14AT005 ) - Concentration analysis history

File Window Graph Help

#	Strm#-Peak#-PeakName ( % )	2011/12/15 14:56	2011/12/15 14:49	2011/12/15 14:41	2011/12/15 14:34	2011/12/15 14:15	2011/12/15 14:08	2011/12/15 14:00	2011/12/15 13:53	2011/12/15 13:45	2011/12/15 13:38	2011/12/15 13:30	2011/12/15 13:23
1	01-001-MAPD ( % )							2.803	1.644	1.217	1.132	1.328	1.4
2	01-002-C3H8 ( % )							3.507	1.043	2.514	2.379	2.782	2.7
3	01-003-C3H6 ( % )							0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.0
4	01-004-C3S ( % )							6.310	2.687	3.731	3.512	4.110	4.1
5	01-005- ( % )												
6	01-006- ( % )												
7	01-007- ( % )												
8	02-001-MAPD ( % )	2.039	1.978	1.836	1.838	1.558	0.824						
9	02-002-C3H8 ( % )	4.983	4.811	4.419	4.452	3.809	0.813						
10	02-003-C3H6 ( % )	5.128	4.850	4.443	4.460	3.832	0.121						
11	02-004- ( % )												
12	02-005- ( % )												
13	02-006- ( % )												
14	02-007- ( % )												
15	03-001-MAPD ( % )												
16	03-002-C3H8 ( % )												
17	03-003-C3H6 ( % )												
18	03-004- ( % )												
19	03-005- ( % )												
20	03-006- ( % )												
21	03-007- ( % )												

Friday, December 16, 2011

start Overview ( #241 ) AsetFTPCom AsetComm Analysis Results( #5/14... Chromatogram #5/14...

10:01 AM

ภาพที่ 6.1 การทดสอบหาประสิทธิภาพเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ ครั้งที่ 1

การทดสอบหาประสิทธิภาพเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ  
ทดสอบครั้งที่ 1 ต่อ ....Total 17RUN 2011/12/15 เวลา 14:08 ถึง 16:19

Analysis Results( #5/14AT005 ) - Concentration analysis history

File Window Graph Help

#	Strm#-Peak#-PeakName	2011/12/15 16:32	2011/12/15 16:19	2011/12/15 16:11	2011/12/15 16:04	2011/12/15 15:56	2011/12/15 15:49	2011/12/15 15:41	2011/12/15 15:34	2011/12/15 15:26	2011/12/15 15:19	2011/12/15 15:11	2011/12/15 15:04
1	01-001-MAPD ( % )	2.462											
2	01-002-C3H8 ( % )	4.842											
3	01-003-C3H6 ( % )	0.000											
4	01-004-C3S ( % )	7.304											
5	01-005- ( % )												
6	01-006- ( % )												
7	01-007- ( % )												
8	02-001-MAPD ( % )		2.071	2.072	2.078	2.076	2.069	2.067	2.065	2.059	2.050	2.047	2.040
9	02-002-C3H8 ( % )		5.133	5.131	5.140	5.127	5.122	5.114	5.102	5.103	5.076	5.058	5.040
10	02-003-C3H6 ( % )		5.084	5.077	5.102	5.108	5.116	5.117	5.124	5.105	5.086	5.039	4.990
11	02-004- ( % )												
12	02-005- ( % )												
13	02-006- ( % )												
14	02-007- ( % )												
15	03-001-MAPD ( % )												
16	03-002-C3H8 ( % )												
17	03-003-C3H6 ( % )												
18	03-004- ( % )												
19	03-005- ( % )												
20	03-006- ( % )												
21	03-007- ( % )												

start Overview ( #241 ) AsetFTPCom AsetComm Analysis Results( #5/... Chromatogram #5/14... 10:02 AM

ภาพที่ 6.2 การทดสอบหาประสิทธิภาพเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ ครั้งที่ 1(ต่อ)

การทดสอบหาประสิทธิภาพเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ  
ทดสอบครั้งที่ 2 ...Total 18RUN 2011/12/15 เวลา 10:24 ถึง 16:19

Analysis Results( #5/14AT005 ) - Concentration analysis history

File Window Graph Help

#	Strm#-Peak#-PeakName	2011/12/16 11:43	2011/12/16 11:36	2011/12/16 11:28	2011/12/16 11:21	2011/12/16 11:13	2011/12/16 11:06	2011/12/16 10:58	2011/12/16 10:51	2011/12/16 10:43	2011/12/16 10:36	2011/12/16 10:24	2011/12/16 10:17
1	01-001-MAPD ( % )												3.0
2	01-002-C3H8 ( % )												4.5
3	01-003-C3H6 ( % )												0.0
4	01-004-C3S ( % )												8.0
5	01-005- ( % )												
6	01-006- ( % )												
7	01-007- ( % )												
8	02-001-MAPD ( % )	2.071	2.066	2.055	2.042	2.034	2.034	2.040	2.082	2.009	1.758	1.511	
9	02-002-C3H8 ( % )	5.158	5.145	5.132	5.104	5.103	5.094	5.098	5.068	5.031	4.345	3.150	
10	02-003-C3H6 ( % )	5.153	5.159	5.121	5.062	5.017	5.049	5.070	4.997	5.003	4.349	0.000	
11	02-004- ( % )												
12	02-005- ( % )												
13	02-006- ( % )												
14	02-007- ( % )												
15	03-001-MAPD ( % )												
16	03-002-C3H8 ( % )												
17	03-003-C3H6 ( % )												
18	03-004- ( % )												
19	03-005- ( % )												
20	03-006- ( % )												
21	03-007- ( % )												

start Overview ( #241 ) AsetFTPCom AsetComm Analysis Results( #5/... Chromatogram #5/14... 1:03 PM

ภาพที่ 6.3 การทดสอบหาประสิทธิภาพเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ ครั้งที่ 2

การทดสอบหาประสิทธิภาพเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ  
ทดสอบครั้งที่ 2 ต่อ ....Total 18RUN 2011/12/15 เวลา 10:24 ถึง 16:19

Analysis Results( #5/14AT005 ) - Concentration analysis history

File Window Graph Help

#	Strm#-Peak#-PeakName ( % )	2011/12/16 12:36	2011/12/16 12:28	2011/12/16 12:21	2011/12/16 12:13	2011/12/16 12:06	2011/12/16 11:58	2011/12/16 11:51	2011/12/16 11:43	2011/12/16 11:36	2011/12/16 11:28	2011/12/16 11:21	2011/12/16 11:13
1	01-001-MAPD ( % )												
2	01-002-C3H8 ( % )												
3	01-003-C3H6 ( % )												
4	01-004-C3S ( % )												
5	01-005- ( % )												
6	01-006- ( % )												
7	01-007- ( % )												
8	02-001-MAPD ( % )	2.094	2.085	2.081	2.082	2.079	2.076	2.073	2.071	2.066	2.055	2.042	2.0
9	02-002-C3H8 ( % )	5.157	5.175	5.166	5.173	5.169	5.166	5.159	5.158	5.145	5.132	5.104	5.1
10	02-003-C3H6 ( % )	5.367	5.166	5.173	5.214	5.136	5.128	5.128	5.153	5.159	5.121	5.062	5.0
11	02-004- ( % )												
12	02-005- ( % )												
13	02-006- ( % )												
14	02-007- ( % )												
15	03-001-MAPD ( % )												
16	03-002-C3H8 ( % )												
17	03-003-C3H6 ( % )												
18	03-004- ( % )												
19	03-005- ( % )												
20	03-006- ( % )												
21	03-007- ( % )												

start Overview ( #241 ) AsetFTPCom AsetComm Analysis Results( #5/... Chromatogram #5/14... 1:07 PM

ภาพที่ 6.4 การทดสอบหาประสิทธิภาพเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ ครั้งที่ 2 (ต่อ)

การทดสอบหาประสิทธิภาพเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ  
ทดสอบครั้งที่ 3...Total 10RUN 2011/12/17 เวลา 16:19 ถึง 17:26

Analysis Results( #5/14AT005 ) - Concentration analysis history

File Window Graph Help

#	Strm#-Peak#-PeakName	2011/12/17 17:37	2011/12/17 17:26	2011/12/17 17:19	2011/12/17 17:11	2011/12/17 17:04	2011/12/17 16:56	2011/12/17 16:49	2011/12/17 16:41	2011/12/17 16:34	2011/12/17 16:26	2011/12/17 16:19	2011/12/17 16:06
1	01-001-MAPD ( % )												
2	01-002-C3H8 ( % )												
3	01-003-C3H6 ( % )												
4	01-004-C3S ( % )												
5	01-005- ( % )												
6	01-006- ( % )												
7	01-007- ( % )												
8	02-001-MAPD ( % )	2.978	2.091	2.095	2.091	2.086	2.076	2.068	2.053	2.049	2.031	2.018	3.1
9	02-002-C3H8 ( % )	7.564	5.179	5.178	5.168	5.152	5.134	5.131	5.110	5.106	5.081	5.061	4.9
10	02-003-C3H6 ( % )	0.000	5.097	5.142	5.224	5.103	5.099	5.088	5.060	5.053	5.017	4.898	6.2
11	02-004- ( % )												
12	02-005- ( % )												
13	02-006- ( % )												
14	02-007- ( % )												
15	03-001-MAPD ( % )												
16	03-002-C3H8 ( % )												
17	03-003-C3H6 ( % )												
18	03-004- ( % )												
19	03-005- ( % )												
20	03-006- ( % )												
21	03-007- ( % )												

start Overview ( #241 ) AsetFTPCom AsetComm Analysis Results( #5/... Alarm Message! 6:02 PM

ภาพที่ 6.5 การทดสอบหาประสิทธิภาพเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ ครั้งที่ 3

การทดสอบหาประสิทธิภาพเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ  
ทดสอบครั้งที่ 4 ...Total 13RUN 2011/19/15 เวลา 11:10 ถึง 12:30

Analysis Results( #5/14AT005 ) - Concentration analysis history

File Window Graph Help

#	Strm#-Peak#-PeakName	2011/12/19 11:38	2011/12/19 11:30	2011/12/19 11:23	2011/12/19 11:15	2011/12/19 11:08	2011/12/19 11:00	2011/12/19 10:53	2011/12/19 10:45	2011/12/19 10:38	2011/12/19 10:27	2011/12/19 10:19	2011/12/19 10:08
1	01-001-MAPD ( % )												2.6
2	01-002-C3H8 ( % )												5.7
3	01-003-C3H6 ( % )												0.0
4	01-004-C3S ( % )												8.5
5	01-005- ( % )												
6	01-006- ( % )												
7	01-007- ( % )												
8	02-001-MAPD ( % )	2.018	2.020	2.019	2.032	2.132	2.465	2.935	3.379	3.384	1.173	1.687	
9	02-002-C3H8 ( % )	5.074	5.069	5.085	5.073	5.088	5.202	5.331	4.973	5.148	2.699	2.717	
10	02-003-C3H6 ( % )	5.026	5.086	4.997	5.051	5.184	5.609	6.016	6.294	6.320	2.809	0.000	
11	02-004- ( % )												
12	02-005- ( % )												
13	02-006- ( % )												
14	02-007- ( % )												
15	03-001-MAPD ( % )												
16	03-002-C3H8 ( % )												
17	03-003-C3H6 ( % )												
18	03-004- ( % )												
19	03-005- ( % )												
20	03-006- ( % )												
21	03-007- ( % )												

start Overview ( #241 ) AsetFTPCom AsetComm Analysis Results( #5/... 12:49 PM

ภาพที่ 6.6 การทดสอบหาประสิทธิภาพเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ ครั้งที่ 4

การทดสอบหาประสิทธิภาพเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ  
ทดสอบครั้งที่ 4 ต่อ...Total 13RUN 2011/19/15 เวลา 11:00 ถึง 12:30

Analysis Results( #5/14AT005 ) - Concentration analysis history

File Window Graph Help

#	Strm#-Peak#-PeakName	2011/12/19 12:30	2011/12/19 12:23	2011/12/19 12:15	2011/12/19 12:08	2011/12/19 12:00	2011/12/19 11:53	2011/12/19 11:45	2011/12/19 11:38	2011/12/19 11:30	2011/12/19 11:23	2011/12/19 11:15	2011/12/19 11:08
1	01-001-MAPD ( % )												
2	01-002-C3H8 ( % )												
3	01-003-C3H6 ( % )												
4	01-004-C3S ( % )												
5	01-005- ( % )												
6	01-006- ( % )												
7	01-007- ( % )												
8	02-001-MAPD ( % )	2.036	2.040	2.037	2.034	2.036	2.030	2.030	2.018	2.020	2.019	2.032	2.032
9	02-002-C3H8 ( % )	5.087	5.085	5.080	5.080	5.085	5.094	5.048	5.074	5.069	5.085	5.073	5.073
10	02-003-C3H6 ( % )	5.033	5.034	5.067	5.021	5.072	4.937	5.275	5.026	5.086	4.997	5.051	5.051
11	02-004- ( % )												
12	02-005- ( % )												
13	02-006- ( % )												
14	02-007- ( % )												
15	03-001-MAPD ( % )												
16	03-002-C3H8 ( % )												
17	03-003-C3H6 ( % )												
18	03-004- ( % )												
19	03-005- ( % )												
20	03-006- ( % )												
21	03-007- ( % )												

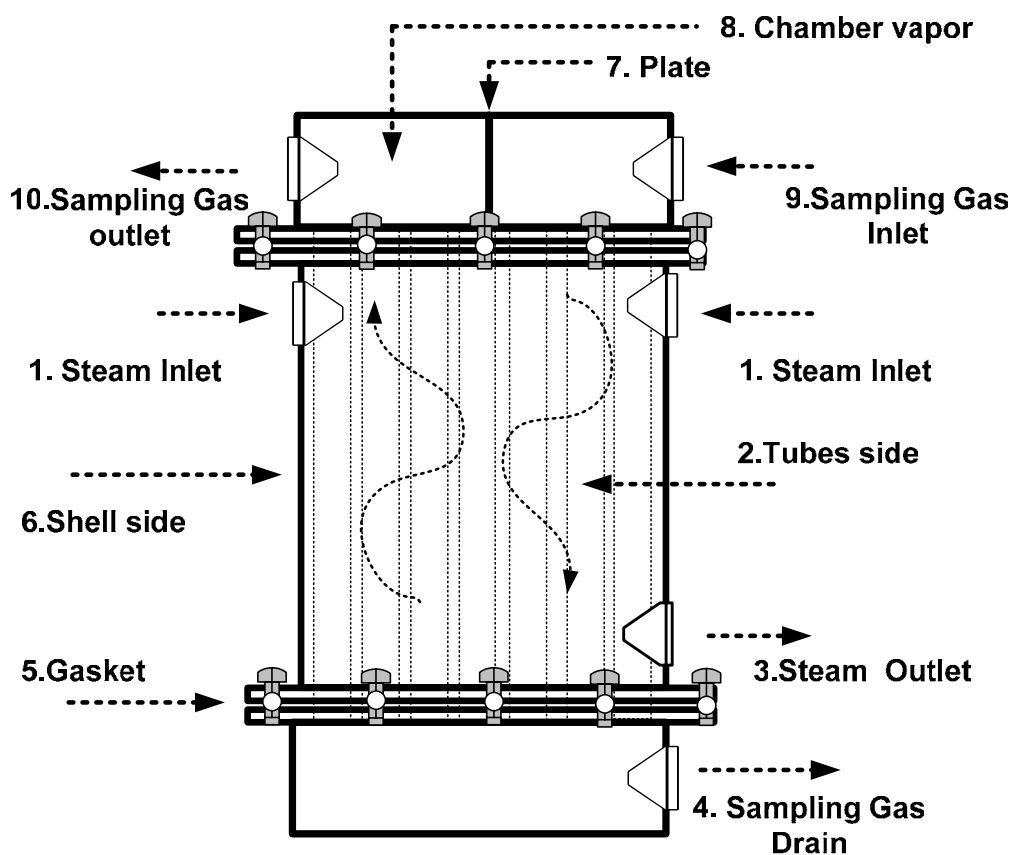
start Overview ( #241 ) AsetFTPCom AsetComm Analysis Results( #5/... HP V135W (F:) Alarm Message! Connected 12:52 PM

ภาพที่ 6.7 การทดสอบหาประสิทธิภาพเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ ครั้งที่ 4 (ต่อ)

### ภาคผนวก ข

ขั้นตอนการบำรุงรักษาเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ

การบำรุงรักษาแบบบันทึกผลการทดสอบเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ



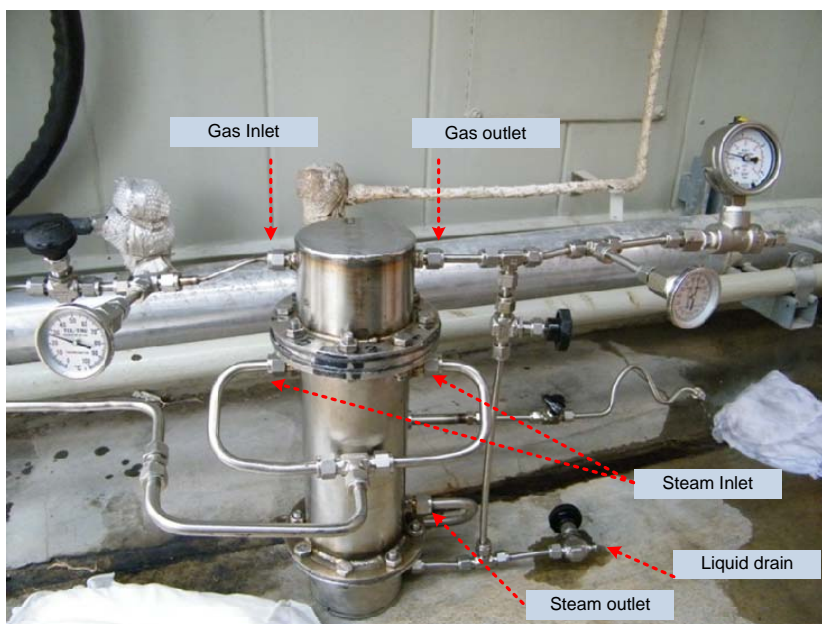
ภาพที่ 6.8 โครงสร้างของเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ

อุปกรณ์ประกอบเครื่องมือเปลี่ยนสถานะโดยใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ประกอบด้วยอุปกรณ์ดังนี้

1. ท่อไอน้ำด้านขาเข้า (Low pressure steam inlet)
2. ท่อขนาดเล็กด้านในเป็นไอน้ำ (Tube side)
3. ท่อไอน้ำด้านขาออก (Low pressure steam outlet)
4. ท่อก๊าซทิ้ง (Sampling Gas Drain)
5. แผ่นซีบกั้นการรั่ว (Gasket)
6. ท่อด้านใน (Shellside)
7. แผ่นกั้นระหว่างห้อง (Plate)
8. ห้องไอก๊าซ (Chamber Vapor)
9. ท่อก๊าซตัวอย่างที่เป็นก๊าซเหลวไหลเข้า (Sampling gas inlet)
10. ท่อไอก๊าซตัวอย่างด้านขาออก (Vapor sampling gas outlet)

## ขั้นตอนการใช้งานเครื่องมือเปลี่ยนสถานะโดยใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ

1. เตรียมเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำที่พัฒนาขึ้นมาใหม่
2. เตรียมไอน้ำความดันที่แรงดัน  $4 \text{ kg/cm}^2$  อุณหภูมิ  $150$  องศาเซลเซียส  $3$  ชั่วโมง
3. นำไอน้ำไหลเข้าต่อเนื่อง ในเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซนานประมาณ  $3$  ชั่วโมงเพื่อให้ภายในเครื่องมือเปลี่ยนสถานะก๊าซร้อน รอจนอุณหภูมิภายในตัวเครื่องมือไม่ลดลง/เพิ่มขึ้นโดยสังเกตได้จากชุดวัดอุณหภูมิควรสูงกว่า  $90 \text{ }^\circ\text{C}$
4. นำก๊าซในกระบวนการผลิต ที่อัตราการไหล  $0.6 \text{ LPM}$  แรงดัน  $1 \text{ kg/cm}^2$  คงที่ ไหลเข้าเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ เพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนกับเครื่องมือเปลี่ยนสถานะก๊าซร้อนโดยต่อเนื่อง
5. เปิดวาล์วจุดทิ้งก๊าซเหลว (Drain) เพื่อกำจัดไม่ให้มีก๊าซเหลวกังอยู่ในเครื่องมือ ให้ภายในเครื่องมือมีเพียงไอก๊าซเท่านั้น
6. นำก๊าซที่จุดก๊าซออก (Sampling gas outlet) ไปหาค่าความเข้มข้นของก๊าซ โดยนำก๊าซจ่ายเข้าเครื่องมือวัดวิเคราะห์ก๊าซ (Gas chromatography) เครื่องมือจะแสดงผลการตรวจวัดออกมาในรูปของตัวเลข ทำตามขั้นตอนนี้ไปเรื่อยๆ จนกว่าจะเลิกใช้งาน



ภาพที่ 6.9 แสดงตำแหน่งการใช้งานเครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยใช้พลังงานที่พัฒนาขึ้นมาใหม่

## ขั้นตอนการบำรุงรักษาเครื่องมือเปลี่ยนสถานะโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ

1. ทำการปิดวาล์วก๊าซด้านเข้าและวาล์วไอน้ำด้านเข้า รอให้เครื่องมือเย็นลง สังเกตจากตัววัดอุณหภูมิควรต่ำกว่า 35 °C
2. นำก๊าซไนโตรเจน ที่แรงดัน 1 kg/cm<sup>2</sup> ง่ายเข้าเครื่องมือด้าน ก๊าซเข้า และเปิดวาล์วทุกจุดของเครื่องมือเพื่อทำการไล่ก๊าซภายในเครื่องมือออกทั้งหมด ใช้เวลาประมาณ 30 นาที
3. นำก๊าซไนโตรเจน ที่แรงดัน 1 kg/cm<sup>2</sup> ง่ายเข้าเครื่องมือด้านไอน้ำเข้าและเปิดวาล์วทุกจุดของเครื่องมือเพื่อทำการไล่ไอน้ำภายในเครื่องมือออกทั้งหมด ใช้เวลาประมาณ 30 นาที
4. ทำการถอดอุปกรณ์ต่างออกทั้งหมด และถอดน็อตเพื่อถอดชุด Tube, Shell Cover Gasket ออกมาทำความสะอาด
5. นำชิ้นส่วนที่ถอดออกมา แช่ลงใน สารตัวทำละลาย (Solvent) หรือน้ำยาล้างเล็บ แช่ทิ้งไว้ประมาณ 1-2 ชั่วโมง เพื่อให้ น้ำยากัดสิ่งสกปรกออก
6. นำชิ้นส่วนมาล้างน้ำสะอาดและสังเกตดูว่าสะอาดหรือไม่ ถ้าไม่สะอาดย้อนไปทำข้อที่ 3.5 อีกครั้ง
7. เมื่อชิ้นส่วนสะอาดแล้วนำมาเป่าลมไล่ความชื้นด้วยก๊าซไนโตรเจนเพื่อให้ชิ้นส่วนแห้งก่อนประกอบใช้งาน
8. นำชิ้นส่วนประกอบเข้าเหมือนเดิมและเตรียมนำเข้าใช้งาน



ภาพที่ 6.10 เครื่องมือเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำที่พัฒนาขึ้นมาใหม่หลังจากการทำความสะอาดความร้อนจากไอน้ำ

ภาคผนวก ซ

ข้อกำหนดเครื่องเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำและ มาตรฐาน ท่อ  
ขนาดเล็กตามสมาคมวิศวกรเครื่องกลชาวอเมริกัน

## SPECIFICATION SHEET OF LIQUID VAPORIZER

ITEM	DETAIL	DESCRIPTION	
1	SERVICE OF UNIT	LIQUID GAS MAPD, C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> , C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	
2	SIZE SHEEL AND TUBE	SHELL=3 INCH TUBE=1/4 INCH	
3	TOTAL TUBE	60 PITCH	
4	THICKNESS TUBE	0.018 INCH	
5	SERFACE PER TUBE	376.8 INCH <sup>2</sup>	
6	LENGTH TUBE	8 INCH	
7	WEIGHT	7 KG	
8	FLUID ALLOCATON	SHELL SIDE	TUBE SIDE
9	FLUID NAME	STEAM	LIQUID MAPD, C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> , C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>
10	FLOW RATE FLUID	CONTINUE	0.67 LPM
11	TEMPERATURE OPERATING	IN=127 C OUT=120 C	IN=25 C OUT=90 C
12	PRESSURE OPERATING	4 KG/CM <sup>2</sup>	1 KG/CM <sup>2</sup>
13	OVERALL HEAT TRANFER COEFFICIENT	1211.08 W/M <sup>2</sup> /C	
14	HEAT LOSS PER TUBE	233.47 W	
15	TEST PRESSURE	6 KG/CM <sup>2</sup>	6 KG/CM <sup>2</sup>
16	MATERIAL	STAINLESS	STAINLESS
17	INSULATION	HOT	
18	GASKET	GRAPHITE	
19	SHETCH (TUBE, SHELL, COVER, GASKET)		

ภาพที่ 3.0 ข้อกำหนดชุดเครื่องเปลี่ยนสถานะของก๊าซโดยการใช้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายปิยะพล เครือรัตน์
วัน เดือน ปี เกิด	3 ธันวาคม พ.ศ. 2527
สถานที่เกิด	105 หมู่ 4 ต.ปากทาง อ.เมือง จ.พิจิตร 66000
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	15/32 ต.ทับมา อ.เมืองระยอง จ.ระยอง 21150
สถานที่ทำงาน	บริษัทพีทีที โพลีเอทิลีน จำกัด เลขที่ 8 ถ.ผาแดง นิคมอุตสาหกรรมผาแดง ต.มาบตาพุด อ.เมือง จ.ระยอง 21150
ตำแหน่ง	ช่างเทคนิคเครื่องมือวัด หน่วยงานบำรุงรักษา บริษัทพีทีที โพลีเอทิลีน จำกัด
ประวัติการศึกษา	ปีการศึกษา 2546 สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคพิจิตร
	ปีการศึกษา 2548 สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคพิจิตร
	ปีการศึกษา 2550 สำเร็จการศึกษาศรศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
	ปีการศึกษา 2555 สำเร็จการศึกษาศรศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ บัณฑิตวิทยาลัย คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง