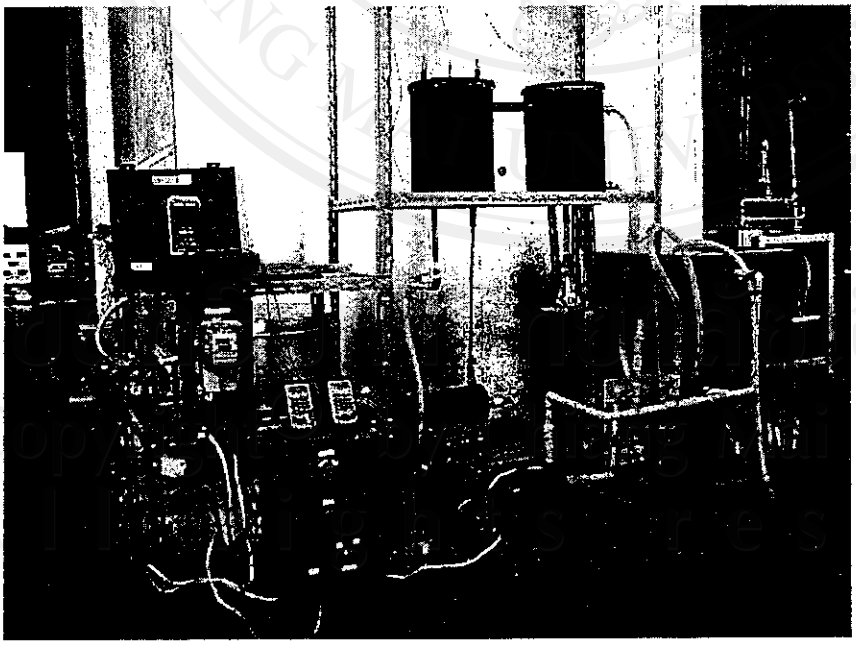
บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

โครงการวิจัยนี้เป็นการศึกษาการทำงานของระบบกลั่นเอทานอลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์โดยใช้เทคนิคบับเบิ้ลปั๊ม การทดสอบแบ่งเป็นสองส่วน คือ ส่วนแรกจะทำการทดสอบบับเบิ้ลปั๊มโดยใช้พลังงานไฟฟ้า เพื่อศึกษาผลของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีต่อความเข้มข้นและปริมาณของเอทานอลที่กลั่นได้ และในส่วนที่สองจะเป็นการทดสอบกลั่นเอทานอลโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานไฟฟ้า โดยการศึกษาทั้งสองส่วนนี้มีอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบดังต่อไปนี้

3.1.1 อุปกรณ์และเครื่องมือในการทดสอบบับเบิ้ลปั๊ม

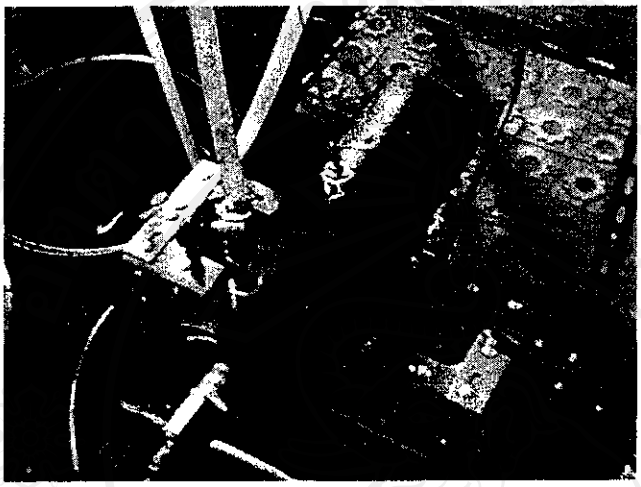
การทดสอบบับเบิ้ลปั๊มมีชุดการทดสอบดังแสดงในรูป 3.1 ซึ่งประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้



รูป 3.1 ชุดการทดสอบบับเบิ้ลปั๊ม

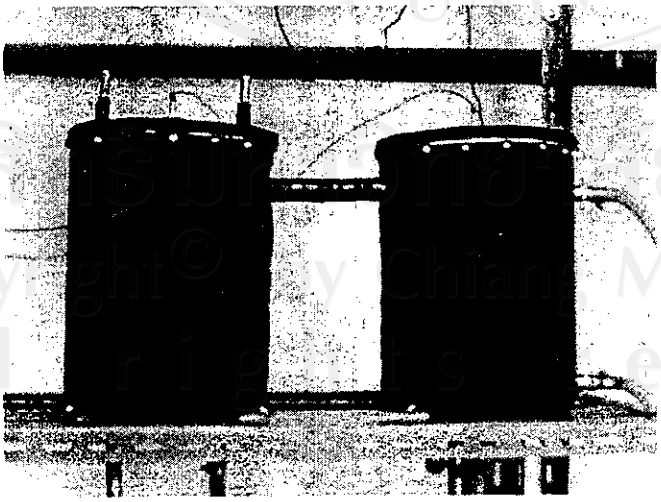
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.1.1.1 หม้อต้ม (Boiler) แสดงในรูป 3.2 ลักษณะเป็นถังทรงกระบอกในแนวนอน ปริมาตร 2.75 ลิตร หุ้มฉนวนกันความร้อนหนา 12.7 mm มีฮีตเตอร์ไฟฟ้าที่สามารถปรับค่าได้ขนาด 1,500 W ติดตั้งอยู่ภายในเพื่อทำหน้าที่ให้ความร้อนกับสารละลายเอทานอล



รูป 3.2 หม้อต้ม

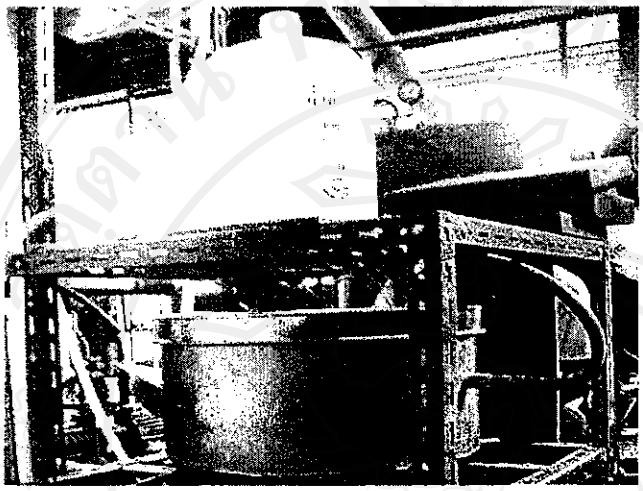
3.1.1.2 ถังแยกไอ – ของเหลว (Separator) และถังคอนเดนเซอร์ (Condenser) แสดงในรูป 3.3 ซึ่งถังแยกไอ – ของเหลวจะทำหน้าที่แยกไอและของเหลวที่ไหลมาจากหม้อต้มออกจากกัน โดยของเหลวจะถูกระบายออกไป ส่วนไอจะถูกส่งไปกลั่นตัวในถังคอนเดนเซอร์



รูป 3.3 ถังแยกไอ – ของเหลวและถังคอนเดนเซอร์

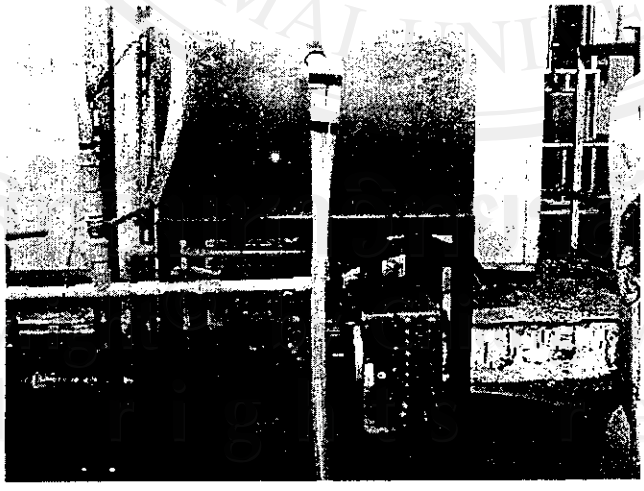
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.1.1.3 ถังเติม (Feed tank) และถังรักษาระดับสารละลาย (Level control tank) แสดงในรูป 3.4 โดยถังเติมจะอยู่ด้านบน ทำหน้าที่เติมสารละลายเอทานอลที่เตรียมเสร็จแล้วเข้าสู่ถังรักษาระดับซึ่งภายในถังนี้จะมีวาล์วลูกลอยทำหน้าที่รักษาระดับของสารละลายในถังให้คงที่ตลอดเวลา



รูป 3.4 ถังเติมและถังรักษาระดับสารละลาย

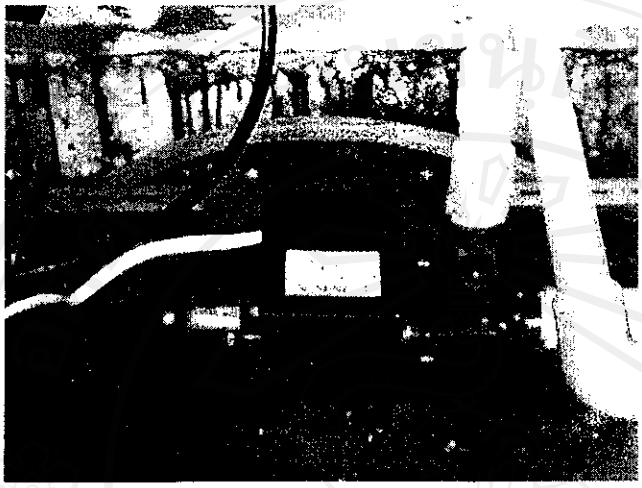
3.1.1.4 ชุดทำน้ำเย็น แสดงในรูป 3.5 ใช้สำหรับรักษาอุณหภูมิของน้ำที่ส่งเข้าไประบายความร้อนที่ถังคอนเดนเซอร์ไม่ให้สูงเกินไป



รูป 3.5 ชุดทำน้ำเย็น

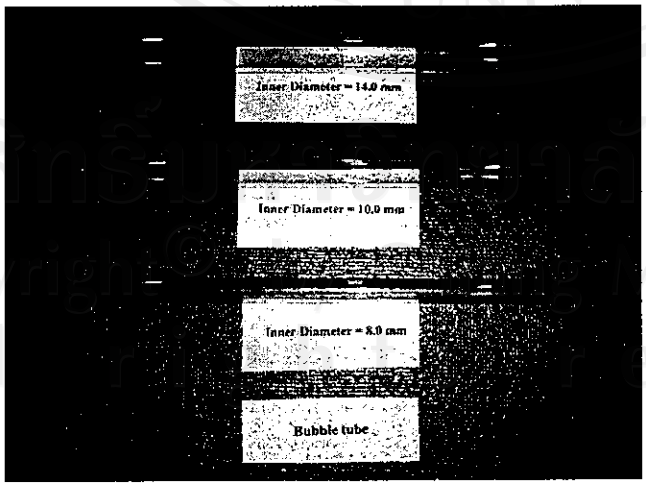
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.1.1.5 ปั๊มน้ำ (Water pump) แสดงในรูป 3.6 เป็นปั๊มขนาด 0.5 HP ทำหน้าที่ปั๊มน้ำจากชุดทำน้ำเย็นเข้าไประบายความร้อนที่ถังคอนเดนเซอร์



รูป 3.6 ปั๊มน้ำ

3.1.1.6 ท่อบับเบิ้ลปั๊ม (Bubble tube) แสดงในรูป 3.7 เป็นท่อแก้วทนความร้อน มีสามขนาดด้วยกัน คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 8, 10 และ 14 mm ตามลำดับ เชื่อมต่ออยู่ระหว่างหม้อต้มและถังแยกไอ – ของเหลว ของผสมระหว่างไอ - ของเหลวจะไหลจากหม้อต้มที่อยู่ด้านล่างผ่านท่อนี้ขึ้นไปแยกตัวในถังแยกไอ – ของเหลวที่อยู่ด้านบน



รูป 3.7 ท่อบับเบิ้ลปั๊ม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.1.1.7 เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับเก็บข้อมูล ในการทดสอบต้องใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ในการวัดค่าและปริมาณต่าง ๆ ซึ่งมีดังต่อไปนี้

ก. เครื่องตวง แสดงในรูป 3.8 ใช้สำหรับวัดปริมาณเอทานอลที่กลั่นได้และปริมาณสารละลายที่ระบายออกจากถังแยกไอ – ของเหลว

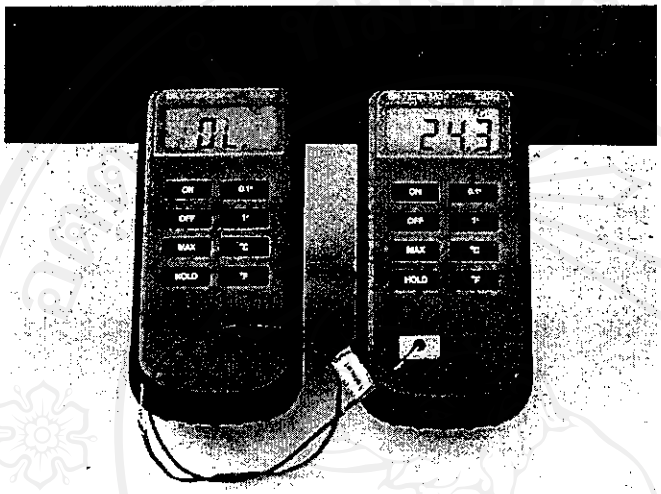
รูป 3.8 เครื่องตวง

ข. เครื่องวัดความเข้มข้นของเอทานอล (Alcohol meter) แสดงในรูป 3.9 ใช้สำหรับวัดความเข้มข้นของเอทานอล มีย่านการวัดระหว่าง 0 ถึง 100 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร

รูป 3.9 เครื่องวัดความเข้มข้นของเอทานอล

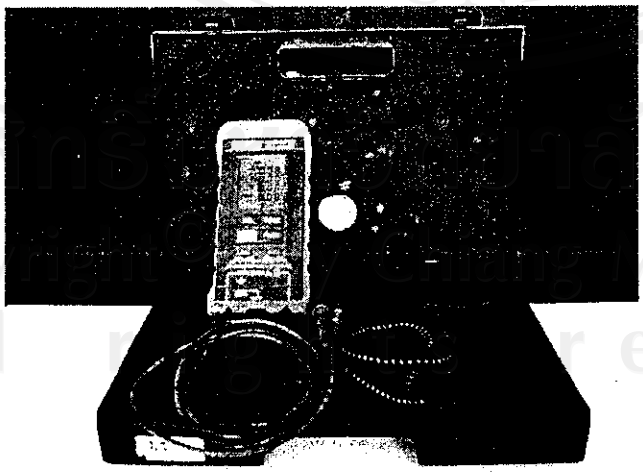
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ค. เครื่องวัดอุณหภูมิ ใช้เทอร์โมคัปเปิ้ลชนิดเค (Type K) โดยมีตัวอ่านแสดงผลแบบดิจิตอล (Digital thermometer) ยี่ห้อ Kane May รุ่น KM330 ย่านการวัดอุณหภูมิระหว่าง –70°C ถึง +1,100°C ความละเอียดของการวัด 0.1°C แสดงดังในรูป 3.10



รูป 3.10 เครื่องวัดอุณหภูมิ

ง. เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า (Digital power meter) ยี่ห้อ Chauvin Arnoux รุ่น C.A 8210 แสดงในรูป 3.11 ใช้วัดกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับฮีตเตอร์ ย่านการวัดกำลังไฟฟ้า 30 W ถึง 300 kW ความละเอียดของการวัด 0.1 W



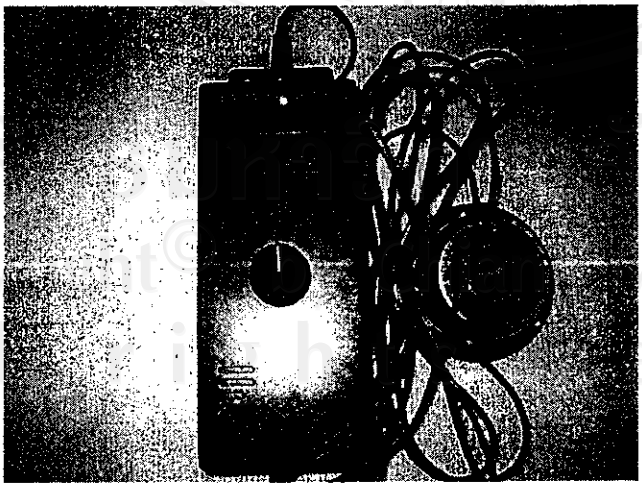
รูป 3.11 เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.1.2 อุปกรณ์และเครื่องมือในการทดสอบกลั่นเอทานอลโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานไฟฟ้า

การศึกษาระบบกลั่นเอทานอลด้วยเทคนิคบับเบิ้ลปั๊มโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานไฟฟ้ามีชุดการทดสอบดังแสดงในรูป 3.12 ซึ่งมีอุปกรณ์ทดสอบและอุปกรณ์การวัดต่าง ๆ เหมือนกับในส่วนที่หนึ่ง แต่จะมีส่วนที่เพิ่มเข้ามา คือ ตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ (Flat plate solar collector) ซึ่งมีขนาดพื้นที่รับแสงอาทิตย์เท่ากับ 2 ตารางเมตร ท่อของไหลภายในมีการติดครีบเพื่อเพิ่มพื้นที่ในการถ่ายเทความร้อน ส่วนเครื่องมือวัดที่เพิ่มเข้ามาคือเครื่องวัดค่ารังสีแสงอาทิตย์ (Pyranometer) ดังแสดงในรูป 3.13 ซึ่งสามารถอ่านค่าได้ทั้งในหน่วย W/m^2 และ kWh/m^2

รูป 3.12 ชุดการทดสอบกลั่นเอทานอลด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานไฟฟ้า



รูป 3.13 เครื่องวัดค่ารังสีแสงอาทิตย์

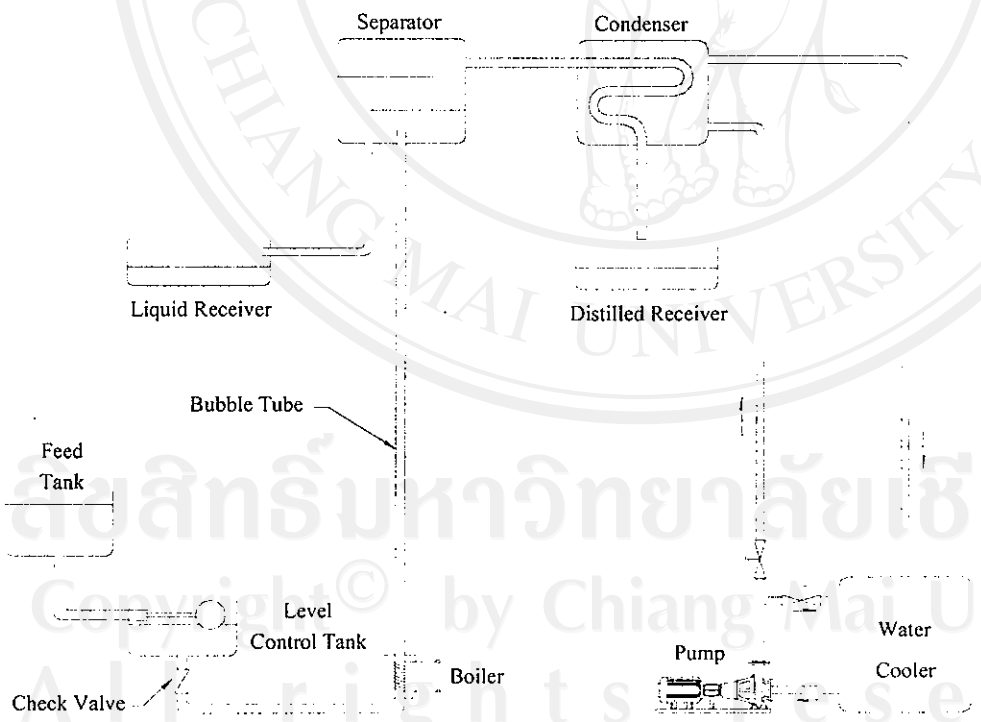
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2 วิธีดำเนินการทดสอบ

โครงการวิจัยนี้เป็นการศึกษาการทำงานของระบบกลั่นเอทานอลด้วยเทคนิคบับเบิ้ลปั๊มโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานไฟฟ้า ในการศึกษาจะแยกการทดสอบออกเป็นสองส่วน ส่วนแรกจะทำการทดสอบบับเบิ้ลปั๊มโดยการใช้พลังงานไฟฟ้า เพื่อศึกษาผลของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีต่อความเข้มข้นและปริมาณของเอทานอลที่กลั่นได้ และในส่วนที่สองจะเป็นการทดสอบกลั่นเอทานอลจากเครื่องกลั่นที่สร้างขึ้นโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานไฟฟ้า รายละเอียดในการทดสอบมีดังต่อไปนี้

3.2.1 การทดสอบบับเบิ้ลปั๊ม

ขั้นตอนการทดสอบกลั่นเอทานอลด้วยไฟฟ้าเป็นการทดสอบผลของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีต่อความเข้มข้นและปริมาณเอทานอลที่กลั่นได้ ได้แก่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความสูงของท่อบับเบิ้ลปั๊ม และกำลังไฟฟ้าที่ใช้ เพื่อหาจุดทำงานที่เหมาะสมของระบบกลั่น การทดสอบบับเบิ้ลปั๊มมีรายละเอียดดังต่อไปนี้



รูป 3.14 การทดสอบบับเบิ้ลปั๊ม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2.1.1 จัดเตรียมอุปกรณ์ที่จะใช้ในการทดสอบดังแสดงในรูป 3.14 ซึ่งประกอบไปด้วย ถังเติมสารละลาย (Feed thank), ถังรักษาระดับสารละลาย (Level control tank), เช็ควาล์ว (Check valve), หม้อต้ม (Boiler), ท่อบับเบิ้ล (Bubble tube), ถังแยกไอ – ของเหลว (Separator), ถังคอนเดนเซอร์ (Condenser), ภาชนะรองรับของเหลว (Liquid receiver), ภาชนะรองรับเอทานอลที่กลั่นได้ (Distilled receiver), ปั๊มน้ำ (Water pump) และชุดทำน้ำเย็น (Water cooler) สำหรับท่อบับเบิ้ลปั๊มที่ใช้ในการทดสอบจะเป็นท่อแก้วที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 8 mm และมีความสูง 0.5 m

3.2.1.2 เตรียมสารละลายเอทานอลที่จะใช้กลั่นให้มีค่าความเข้มข้นเริ่มต้นประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ซึ่งได้จากการผสมระหว่างน้ำกลั่นและสารละลายเอทานอลบริสุทธิ์ 99.8 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร

3.2.1.3 เติมสารละลายเอทานอลที่เตรียมไว้ลงในถังเติมสารละลาย จากนั้นสารละลายเอทานอลจะไหลเข้าไปในถังรักษาระดับสารละลายและไหลผ่านเช็ควาล์วเข้าไปสู่หม้อต้มรอจนกว่าระดับสารละลายในหม้อต้มและในถังรักษาระดับสารละลายคงที่

3.2.1.4 เริ่มให้ความร้อนกับสารละลายเอทานอลโดยการปรับดิมเมอร์ (Dimmer) เพื่อจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับฮีตเตอร์ไฟฟ้าที่อยู่ในหม้อต้มให้มีค่าประมาณ 800 W ควบคุมอุณหภูมิของน้ำที่มาระบายความร้อนที่คอนเดนเซอร์ไว้ไม่ให้เกิน 30 °C โดยการใช้ชุดทำน้ำเย็น

3.2.1.5 บันทึกผลการทดสอบ โดยการบันทึกค่าอุณหภูมิที่จุดต่าง ๆ ทุก ๆ 5 นาที และหลังจากที่เริ่มมีการกลั่นตัวเกิดขึ้นทำการบันทึกค่าปริมาณและค่าความเข้มข้นของเอทานอลที่กลั่นได้รวมทั้งปริมาณและค่าความเข้มข้นของสารละลายที่ระบายออกจากถังแยกไอ – ของเหลวทุก ๆ 10 นาที ใช้เวลาตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดรวม 2 ชั่วโมงเป็นการสิ้นสุดการทดสอบ

3.2.1.6 ทำการทดสอบซ้ำตามข้อ 3.2.1.1 ถึงข้อ 3.2.1.5 แต่เปลี่ยนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของท่อจาก 8 mm เป็น 10 และ 14 mm ตามลำดับ เปลี่ยนความสูงของท่อจาก 0.5 m เป็น 0.75 และ 1.0 m ตามลำดับ และเปลี่ยนขนาดกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับฮีตเตอร์จาก 800 W เป็น 1,000 และ 1,200 W ตามลำดับ จนครบทุกการทดสอบ

3.2.1.7 หลังจากทดสอบครบทั้ง 27 การทดสอบแล้ว พิจารณานำกรณีที่ระบบกลั่นสามารถทำงานได้ดีมาทำการทดสอบซ้ำ โดยใช้ระยะเวลาในการทดสอบมากขึ้นกว่าเดิมเป็น 5 ชั่วโมง ใช้สารละลายที่มีค่าความเข้มข้นเริ่มต้น 10 และ 40 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร

3.2.1.8 วิเคราะห์และสรุปผลการทดสอบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2.2 การทดสอบกลั่นเอทานอลโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานไฟฟ้า

สำหรับการศึกษาในส่วนที่สองนี้จะเป็นการทดสอบกลั่นเอทานอลโดยอาศัยพลังงานจากแสงอาทิตย์ร่วมกับพลังงานไฟฟ้า เพื่อศึกษาศักยภาพของพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับการกลั่นเอทานอลด้วยเทคนิคบับเบิ้ลปั๊ม ซึ่งระบบกลั่นที่ทำการศึกษาจะมีลักษณะคล้ายกับระบบที่ใช้ทดสอบบับเบิ้ลปั๊มในส่วนที่หนึ่งแต่จะมีส่วนที่เพิ่มเข้ามา คือ ตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ โดยสภาวะเงื่อนไขที่จะใช้ในการทดสอบกลั่นนั้นจะใช้เงื่อนไขสภาวะที่ระบบกลั่นสามารถทำงานได้ดีที่ได้จากการศึกษาในส่วนที่หนึ่ง ขั้นตอนการศึกษาในส่วนที่สองมีดังต่อไปนี้

3.2.2.1 ประกอบชุดระบบกลั่นเข้ากับตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบที่มีขนาดพื้นที่รับแสงอาทิตย์ 2 ตารางเมตร

3.2.2.2 เตรียมสารละลายเอทานอลที่จะใช้กลั่นให้มีค่าความเข้มข้นเริ่มต้นประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร จากนั้นเติมสารละลายเอทานอลที่เตรียมไว้ลงไปในถังเติมสารละลาย จนระดับสารละลายในถังรักษาระดับสารละลายคงที่

3.2.2.3 เริ่มให้ความร้อนกับสารละลายเอทานอลโดยการใช้ฮีตเตอร์ไฟฟ้า เมื่ออุณหภูมิของสารละลายเอทานอลที่ทางออกของตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์สูงขึ้นก็ทำการปรับดิมเมอร์เพื่อลดกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับฮีตเตอร์ตามความเหมาะสม

3.2.2.4 บันทึกผลการทดสอบ โดยการบันทึกค่ารังสีแสงอาทิตย์ ค่าอุณหภูมิที่จุดต่าง ๆ ทุก ๆ 15 นาที และหลังจากที่เริ่มมีการกลั่นตัวเกิดขึ้นทำการบันทึกค่าปริมาณและค่าความเข้มข้นของเอทานอลที่กลั่นได้รวมทั้งปริมาณและค่าความเข้มข้นของสารละลายที่ระบายออกจากถังแยกไอ – ของเหลวด้วย

3.2.2.5 การทดสอบเริ่มเวลา 08.00 น. สิ้นสุดการทดสอบเวลา 16.00 น.

3.2.2.6 วิเคราะห์และสรุปผลการทดสอบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved