บทที่ 3

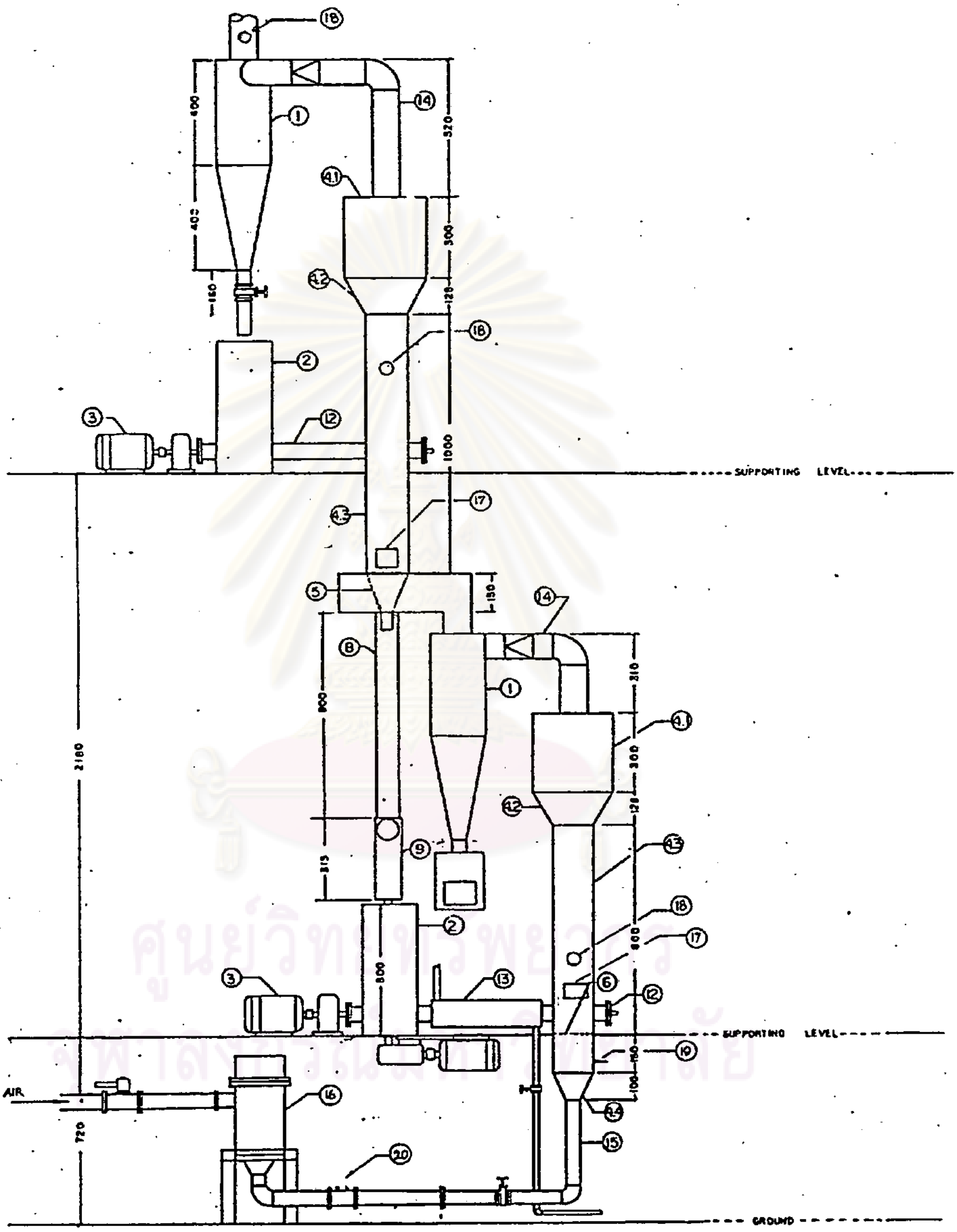
เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในกระบวนการกาซซิฟิเคชัน

เครื่องมือที่ใช้ในกระบวนการกาซซิฟิเคชันประกอบด้วยเครื่องมือ ดังแสดงในรูปที่ 3-1, 3-2 และ 3-3 ซึ่งประกอบด้วยฟลูอิไดซ์เบดคอลัมน์ (Fluidized bed column) 2 คอลัมน์ ซึ่งจะใช้เป็นคอลัมน์สำหรับกระบวนการเผาไหม้ (Fluidized bed combustor) และคอลัมน์สำหรับกระบวนการกาซซิฟิเคชัน (Fluidized bed gesifier) เครื่องวัดอัตราการไหลของกาศ (Orifice meter), ไซโคลน (Cyclone), ระบบป้อนวัตถุดิบ (Screw feeder), มอเตอร์ (Motor), เครื่องวัดและควบคุมอุณหภูมิ (Thermocouple and Temperature controller), เครื่องทำความร้อน (Heater), ระบบหล่อเย็นและทำความสะอาดก๊าซ (Air cooler and scrubber) รายละเอียดของเครื่องมือที่สำคัญ ๆ มีดังนี้ (หมายเลขในวงเล็บแสดงตำแหน่งของมือและอุปกรณ์ที่ปรากฏในรูปที่ 3-1)

3.1.1 ฟลูอิไดซ์เบดคอลัมน์สำหรับกระบวนการเผาไหม้ (Fluidized bed Combustor column) (4)

รูปที่ 3-1 แสดงถึงลักษณะของฟลูอิไดซ์เบดคอลัมน์สำหรับกระบวนการเผาไหม้ส่วนประกอบโครงสร้างทั้งหมดทำด้วยโลหะไร้สนิม (Stainless steel) ซึ่งหนา 4.5 มม. และมีความสูงรวม 1,788 มม. ส่วนของคอลัมน์ที่เกิดฟลูอิไดเซชันมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 150 มม. ส่วนบนของคอลัมน์ขยายออกเป็นท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 300 มม. อากาศถูกผ่านเข้าทางด้านล่างของคอลัมน์โดยผ่านท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 มม. (15) ภายในคอลัมน์ติดแผ่นกระจายลม (Perforated plate distributor) (6) ช่องสังเกตเปลวไฟ (17) และเทอร์โมคอบเปิล (18) อยู่สูงจากแผ่นกระจายลม 300 มม. และ 500 มม. ตามลำดับ วัตถุดิบถูกป้อนเข้าสู่คอลัมน์โดย Screw feeder (12) ซึ่งมีมอเตอร์และเครื่องลดความเร็วรอบ (Motor and speed reducer) (3) เป็นเครื่องฉุดกำลัง วัตถุดิบจะลุกไหม้จากหัวเผาก๊าซซึ่งสอดเข้าที่ช่องสอดหัวเผา (Burner) (19) ผิวด้านนอกของคอลัมน์หุ้มด้วย



รูปที่ 3-1 แสดงระบบทั้งหมดของการทดลองการผลิตก๊าซชีวมวลจากแกลบในเครื่องกำเนิดก๊าซแบบฟลูอิไดซ์เบด

ตารางที่ 3-1 แสดงรายละเอียดของหมายเลขต่าง ๆ ที่ปรากฏในรูปที่ 3-1

NO.	NAME	MATERIAL	SIZE	DESCRIPTION	QTY
1	CYCLONE	STEEL		SEE DWG NO. 2	2
2	RICE HUSK BIN	STEEL		SEE DWG NO. 2	2
3	MOTOR		0.5 HP WITH GEAR BOX	FOR SCREW CONVEYOR	2
			REDUCED SPEED TO 30	RPM.	
4	CONVERTOR	SS	T = 4.5 mm.		2
4.1	CYLINDER	SS	D = 300 mm.		2
4.2	TRANSITION CONE	SS	UPPER D = 300 mm.	LOWER D = 150 mm.	2
4.3	CYLINDER	SS	D = 150 mm.		2
4.4	TRANSITION CONE	SS	UPPER D = 150 mm.	LOWER D = 50 mm.	1
5	GAS DISTRIBUTOR	SS		SEE DWG NO. 3	1
6	GRATE	SS	T = 4 mm	DRILL HOLES D = 2 mm.	1
				SEE DWG NO 3	
7	ROTARY VALVE	SS		ELIMINATED	
8	CYLINDER	SS	D = 75 mm.	SEE DWG NO. 3	1
9	CYLINDER	SS	D = 100 mm.	SEE DWG NO. 3	1
10	CYLINDER	SS	D = 75 mm.	ELIMINATED	1
11	MOTOR		0.5 HP WITH REDUCTION	BOX, 30 RPM.	
12	SCREW CONVEYOR	SS		SEE DWG NO. 2	2
13	HEAT EXCHANGER			SEE DWG NO. 2	1
14	PIPE	SS	D = 100 mm.		
15	PIPE	SS	D = 50 mm.		
16	HEATER	STEEL	D = 150 mm.		1
17	NOZZLES				
18	THERMOCOUPLES				
19	BURNER				
20	ORIFICE				

Note T = Thickness, D = Diameter, SS = Stainless Steel
All dimension in ....mm

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ฉนวนเซรามิคไฟเบอร์ (Ceramic fiber) รุ่นอาร์พี-8 หนา 25 มม. ซึ่งทนความร้อนได้สูงประมาณ 1,300 องศาเซลเซียส อากาศร้อนและอนุภาคของวัตถุดิบที่ออกจากคอลัมน์จะถูกผ่านเข้าสู่ไซโคลน (1)

3.1.2 ฟลูอิไดซ์เบดคอลัมน์สำหรับกระบวนการกาซซิฟิเคชัน (Fluidized bed gasifier column) (4)

รูปที่ 3-1 แสดงถึงลักษณะของฟลูอิไดซ์เบดคอลัมน์สำหรับกระบวนการกาซซิฟิเคชัน ส่วนประกอบโครงสร้างทั้งหมดทำด้วยโลหะไร้สนิมซึ่งมีความหนา 4.5 มม. และมีความสูง 3,213 มม. ส่วนของคอลัมน์ที่เกิดปรากฏการณ์ฟลูอิไดเซชันมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 150 มม. ภายในคอลัมน์ใช้ตัวกระจายลมเป็นแบบกรวย (Perforated cone) (5) วัตถุดิบถูกป้อนโดย (12) (Screw feeder) ซึ่งอยู่สูงจากตัวกระจายลม 450 มม. การลุกไหม้ของวัตถุดิบอาศัยอากาศร้อนที่มาจากคอลัมน์กระบวนการเผาไหม้ ช่องสังเกตเปลวไฟ (18) อยู่สูงจากตัวกระจายลม 50 มม. เทอร์โมคอบเปิล (18) สอดไว้กลางคอลัมน์สูงจากตัวกระจายลม 700 มม. ผิวด้านนอกของคอลัมน์หุ้มด้วยฉนวนเซรามิกไฟเบอร์ ด้านล่างของตัวกระจายลมเจาะเป็นช่องให้เถ้าออกจากคอลัมน์ขนาดของช่อง 50 มม. และเชื่อมด้วยท่อโลหะไร้สนิมขนาด 75 มม. ยาว 1,115 มม. (8) ภายในท่อใช้ก้านเกลียว (Screw rod) ยาว 1,620 มม. สำหรับดึงให้เถ้าออกจากคอลัมน์ลงสู่ถัง ก้านเกลียวหมุนโดยมอเตอร์และเครื่องลดความเร็วรอบ (3) รายละเอียดของแท่งเกลียวอยู่ในรูปที่ 3-4

3.1.3 เครื่องวัดอัตราการไหลของอากาศ(Orifice meter) (20)

เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวัดอัตราการไหลของอากาศที่เข้าคอลัมน์โดยมีบอลล์วาล์วเป็นตัวควบคุมปริมาณการไหลของอากาศ การวัดอัตราการไหลของอากาศจะวัดเป็นความแตกต่างของความดันของอากาศที่ไหลผ่าน orifice meter หน่วยที่วัดเป็นความสูงที่แตกต่างกันของระดับน้ำ (Δh) และได้มีการเปรียบเทียบความแตกต่างของความดันของอากาศที่ไหลผ่าน orifice meter กับอุปกรณ์วัดอัตราการไหลของอากาศ (Air flow meter) ที่ได้มาตรฐาน ซึ่งมีหน่วยเป็นปริมาตรต่อเวลา

3.1.4 ระบบป้อนวัตถุดิบ (Screw feeder)(12)

ประกอบด้วยถังบรรจุแกลบ (Rice hull bin (2) และระบบส่งกำลังลำเลียงวัตถุดิบ (Screw conveyor (12) ขนาดและรายละเอียดแสดงไว้ในรูปที่ 3-3

ระบบป้อนวัตถุดิบขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ขนาด 0.5 แรงม้า แบบเอลเอฟ-อีอาร์ ใช้ไฟฟ้า 3 เฟส อัตราการหมุน 1,400 รอบต่อนาที พ่วงด้วยเครื่องลดความเร็วรอบขนาด 1 : 50 การทดลองจะใช้ระบบป้อนวัตถุดิบ 2 เครื่องเพื่อใช้กับคอลัมน์กระบวนการเผาไหม้ และคอลัมน์กระบวนการกาซซิฟิเคชัน ข้อแตกต่างของระบบป้อนวัตถุดิบสำหรับคอลัมน์กระบวนการเผาไหม้คือมีระบบท่อหล่อเย็นเพื่อไม่ให้อุณหภูมิของสกรูสูงมากเกินไป

3.1.5 เครื่องวัดและเครื่องควบคุมอุณหภูมิ (Thermocouple and Temperature controller) (18)

ในการวิจัยใช้เครื่องวัดและเครื่องควบคุมอุณหภูมิของบริษัท RKC ใช้วัดและควบคุมอุณหภูมิของการเผาไหม้ที่เกิดขึ้นภายในคอลัมน์ในช่วง 0-1,200 องศาเซลเซียส เทอร์โมคอบเปิลใช้ชนิด RKC-CA(K) สำหรับคอลัมน์กระบวนการเผาไหม้และท่อการออกของก๊าซเชื้อเพลิง และใช้เทอร์โมคอบเปิลชนิด PR 10(RKC) สำหรับคอลัมน์กระบวนการกาซซิฟิเคชัน

3.1.6 ไซโคลน (Cyclone) (1)

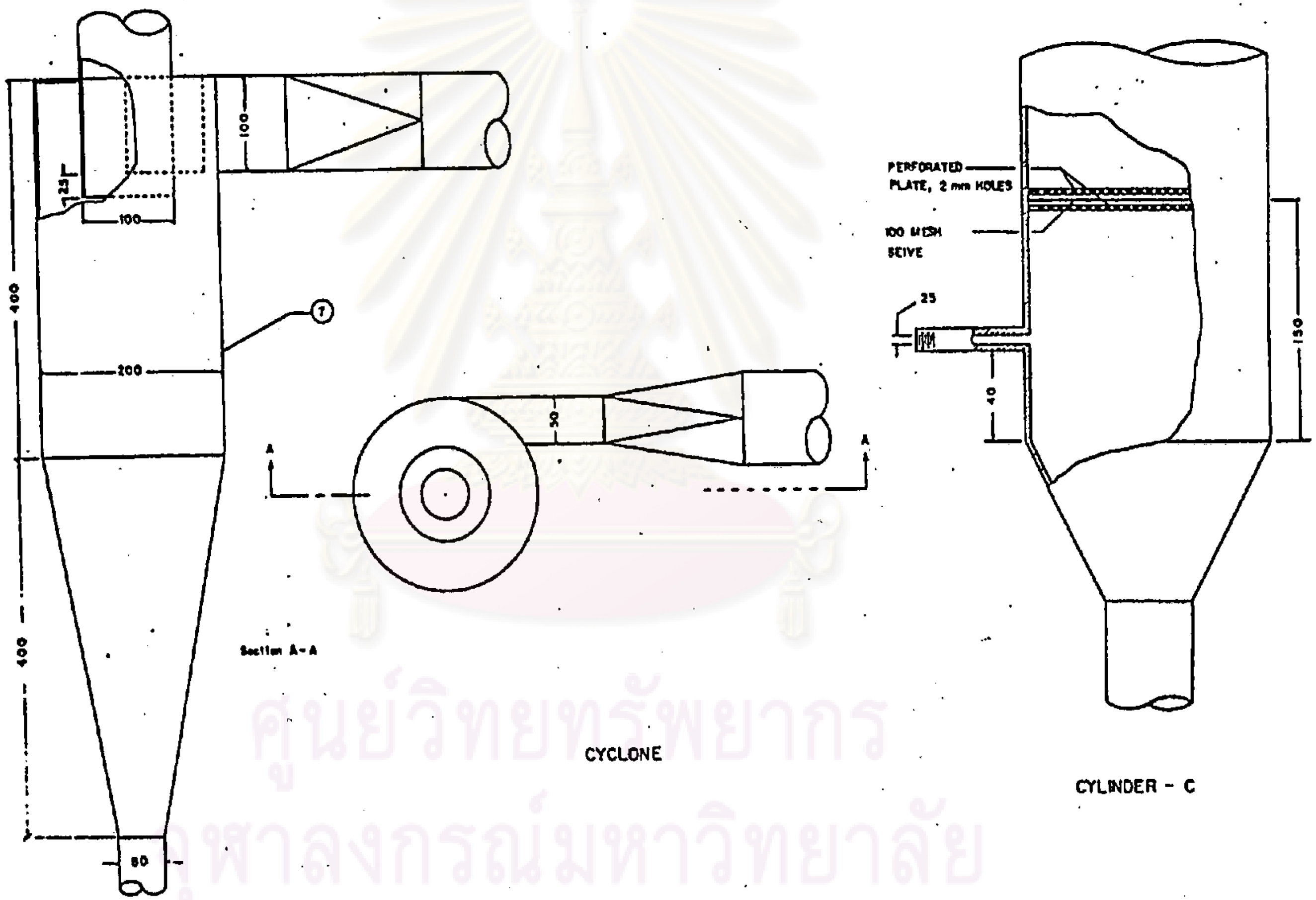
อุปกรณ์สำหรับแยกเถ้าออกจากก๊าซร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ ทำด้วยเหล็กหนา 3 มม. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 200 มม. ท่อทางออกของก๊าซร้อนมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 100 มม. และท่อทางออกของเถ้ามีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 มม. ลงสู่ถังเก็บ เถ้าที่เก็บได้จะนำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบ (รูปที่ 3-2)

3.1.7 เครื่องทำความร้อน (Heater) (16)

เครื่องมือสำหรับอุ่นอากาศให้ร้อนขึ้นก่อนที่จะผ่านเข้าสู่คอลัมน์ และใช้กำจัดความชื้นในอากาศที่จะผ่านเข้าคอลัมน์ด้วย ภายในเครื่องจะมี heating coil 3 coil สามารถใช้คอล์ยได้ทีละอันหรือใช้พร้อมกันได้ สามารถทำให้อากาศร้อนขึ้นได้ถึง 200 องศาเซลเซียสต่อคอล์ย

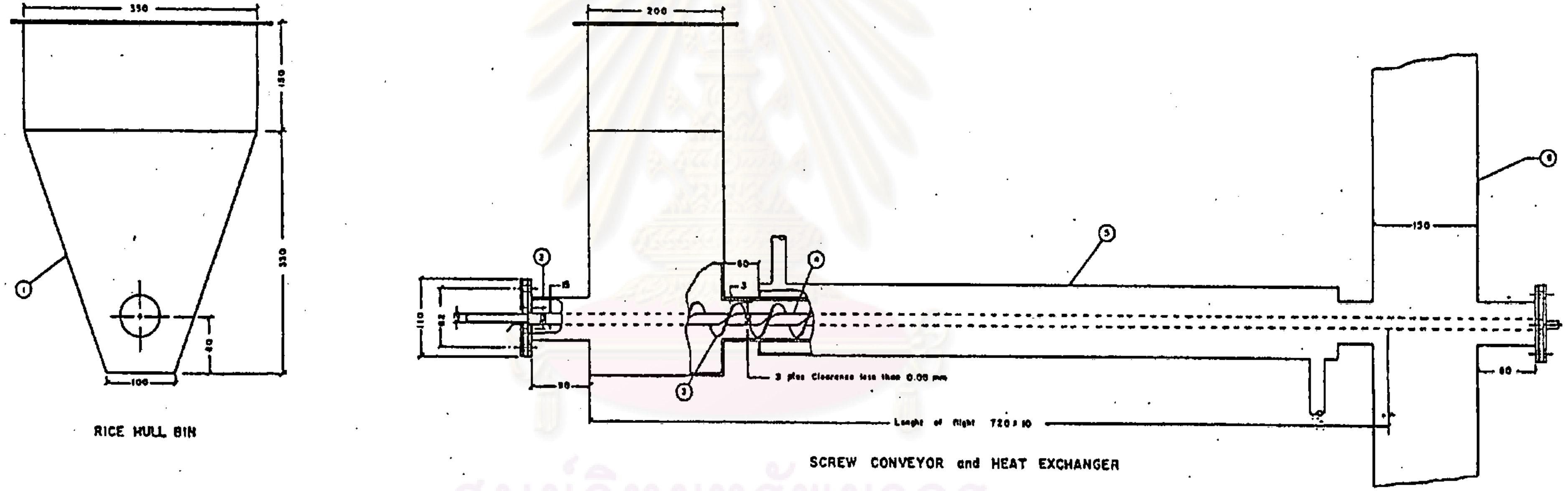
3.1.8 หัวเผา (Burner) และช่องสอดหัวเผา (Burner hold) (19)

ช่องสอดหัวเผาเป็นท่อเหล็กขนาด 37 มม. เชื่อมกับคอลัมน์กระบวนการเผาไหม้ ปล่อยท่อติดวาล์วชนิดประตูวาล์ว (Gate valve) หัวเผาใช้ก๊าซแอล พี จี (L.P.G)



รูปที่ 3-2 แสดงรายละเอียดของไซโคลนและแผ่นกระจายลม

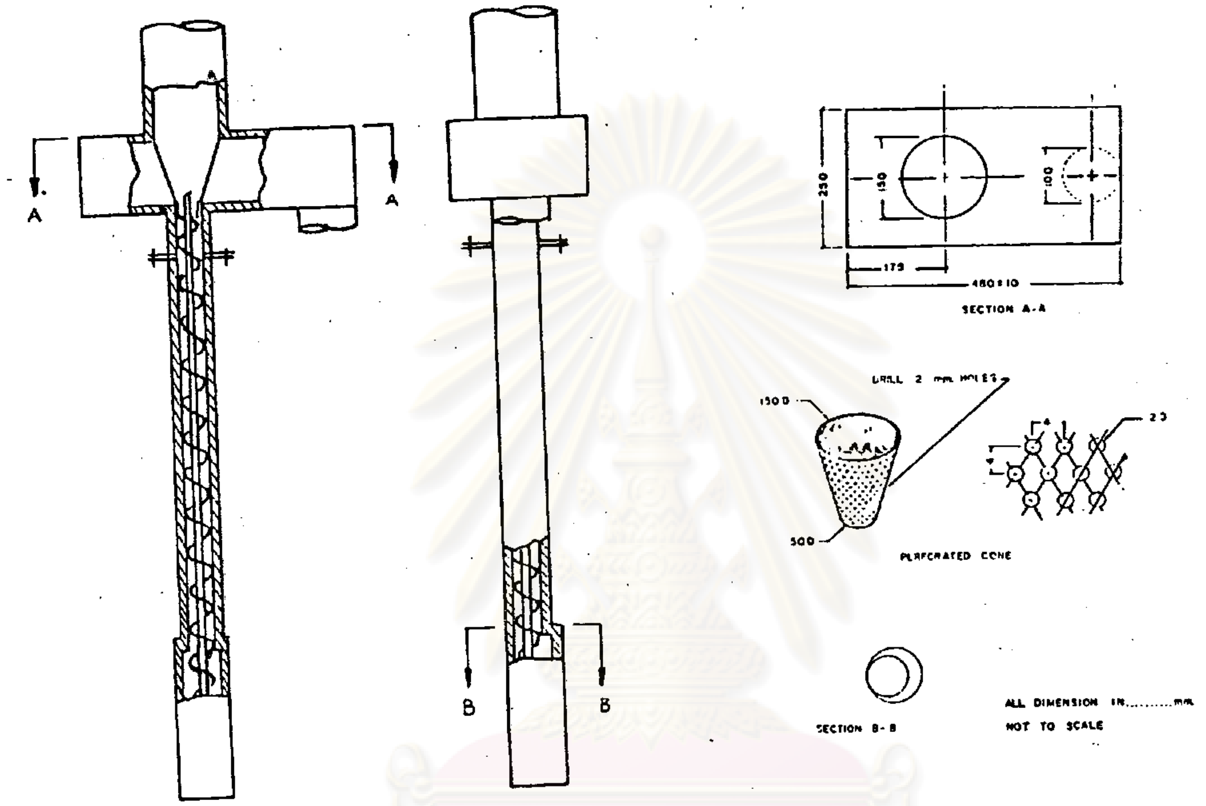
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3-3 แสดงระบบป้อนแกลบเข้าสู่คอลัมน์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3-4 แสดงระบบนำเถ้าออกจากคอลัมน์กระบวนการกาซซิฟิเคชัน

ผสมกับอากาศและควบคุมความร้อนของหัวเผาด้วยบอลล์วาล์ว

3.1.9 เครื่องอัดอากาศ (Air compressor)

ใช้เครื่องอัดอากาศ Broom Wade แบบ AC 41 ขนาดกำลังผลิตสูงสุด 80 ลบ.ฟ./นาที ความดันสูงสุด 150 ปอนด์/ตารางนิ้ว อากาศจากเครื่องอัดอากาศจะส่งไปตามท่อผ่านการควบคุมโดยบอลล์วาล์วและวัดอัตราการไหลด้วยเครื่องวัดอัตราการไหล (Orifice meter)

3.2 เครื่องมือวิเคราะห์ก๊าซออแสท (Orsat gas analyser)

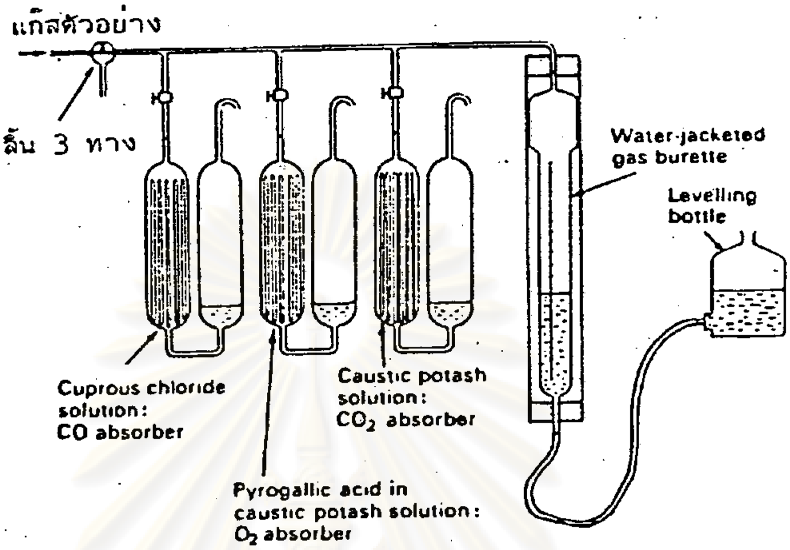
เครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์หาส่วนประกอบของก๊าซที่ได้จากกระบวนการกาซซิฟิเคชันเป็นการวิเคราะห์หาอัตราส่วนโดยปริมาตรของก๊าซ ก๊าซที่จะวิเคราะห์ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซออกซิเจน (O_2) และก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) (รูปที่ 3-5)

3.3 แก๊สโครมาโตกราฟฟี (Gas chromatography)

เป็นเทคนิคที่ใช้ในการแยกก๊าซต่าง ๆ ที่มีอยู่ในก๊าซผสมโดยอาศัยหลักการที่ก๊าซนั้นถูกดูดซับหรือแผ่กระจายไปในระหว่างสเตชันเนอร์เฟสและโมบายเฟสตามลำดับเวลา ก๊าซที่สามารถแยกได้เรียงตามลำดับดังนี้ ก๊าซไฮโดรเจน , ก๊าซออกซิเจน, ก๊าซไนโตรเจน , ก๊าซมีเทน และก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์

3.4 เครื่องมือทดลองหาค่าความเร็วต่ำสุดในการทำให้เกิดฟลูอิไดเซชัน

เครื่องมือประกอบด้วยคอลัมน์ใสขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 150 มม. ท่ออากาศต่อเข้าคอลัมน์ทางด้านล่าง ภายในคอลัมน์ติดตั้งแผ่นกระจายลม ใต้แผ่นกระจายลมบรรจุกรวดขนาดเล็กไว้ อากาศที่ผ่านเข้าคอลัมน์ถูกวัดอัตราการไหลด้วยเครื่องมือวัดอัตราการไหลชนิด flow-meter และใช้มาโนมิเตอร์เป็นอุปกรณ์สำหรับวัดความดันที่เปลี่ยนแปลงภายในคอลัมน์ปลายด้านบนของคอลัมน์จะเปิดไว้ให้สัมผัสกับอากาศรอบ ๆ ข้าง อากาศที่จะเข้าสู่คอลัมน์ถูกควบคุมปริมาณอากาศด้วยบอลล์วาล์ว รูปที่ 4-1 ในภาคผนวกที่ 4 แสดงเครื่องมือที่ใช้ทดลองหาค่าความเร็วต่ำสุดในการทำให้เกิดฟลูอิไดเซชัน



Orsat gas-analysis apparatus.

รูปที่ 3-5 เครื่องวิเคราะห์ก๊าซออแสท

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย