บทที่ 3

เครื่องมือและวิธีการดำเนินการวิจัย

อุปกรณ์และเครื่องมือ

อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ดังแสดงในรูปที่ 3.1 และ 3.2 มีรายละเอียดดังนี้ คือ

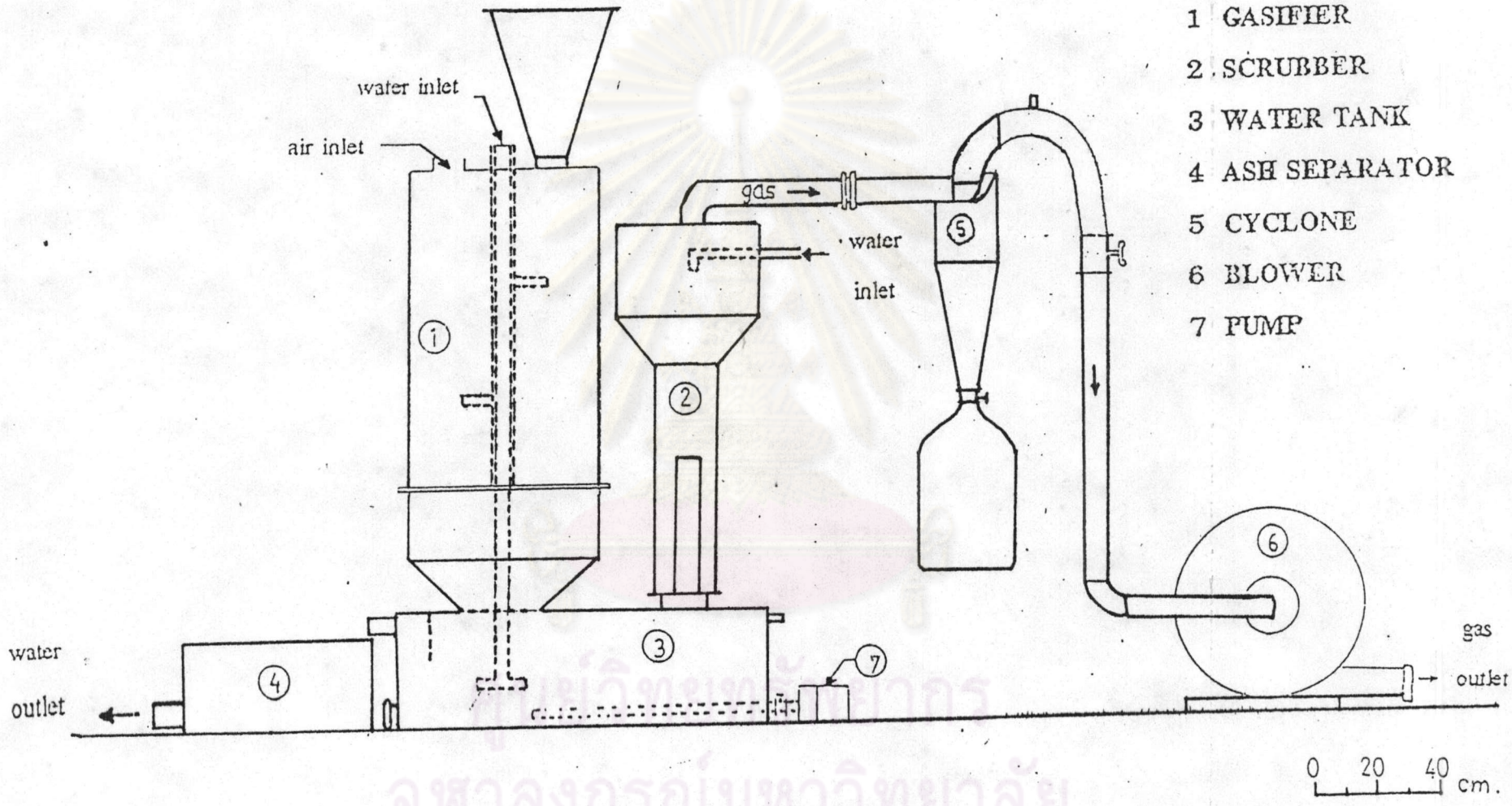
1. ส่วนผลิตก๊าซ

ส่วนผลิตก๊าซประกอบไปด้วยอุปกรณ์หลักๆ ดังนี้ (ดูรูปที่ 3.1) คือ เครื่องปฏิกรณ์ ระบบป้อนแกลบเข้า ระบบกวน ระบบป้อนน้ำเข้าเพื่อทำความเย็น และระบบนำเถ้าออกจากตัวปฏิกรณ์

1.1 เครื่องผลิตก๊าซแบบเบดนิ่ง (Fixed Bed Gasifier)

เครื่องผลิตก๊าซแบบเบดนิ่ง ตัวเตามีลักษณะเป็นทรงกระบอก (ดูรูปที่ 3.3 และ รูปที่ 3.4) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 50 เซนติเมตร ผนังด้านในเป็นเหล็กมีความหนาประมาณ 1 เซนติเมตร มีความสูงประมาณ 143 เซนติเมตร แบ่งออกเป็น 2 ส่วน โดยมีตะแกรงเจาะรูเป็นตัวกั้นระหว่างส่วนทั้งสอง (หมายเลข 4) เส้นผ่านศูนย์กลาง 46 เซนติเมตร และเจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตรตลอดหน้าตัด และตะแกรงสามารถหมุนได้โดยรอบโดยมีเพลากลางด้านบนของตัวเครื่อง (หมายเลข 5) เพื่อติดมอเตอร์สำหรับหมุนตะแกรง โดยแกนเหล็กนี้จะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร และหุ้มแกนเหล็กที่เป็นท่อสำหรับน้ำไหล และแกนที่ติดกับตะแกรงนี้จะมีเหล็ก (เหล็กแท่งกลมตันเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร ยาว 10 เซนติเมตร)(หมายเลข 6) ติดขวางอยู่ 2 อันอยู่บริเวณที่เป็นเบด เพื่อช่วยในการกวนแกลบไม่ให้เกาะติดอยู่กับที่

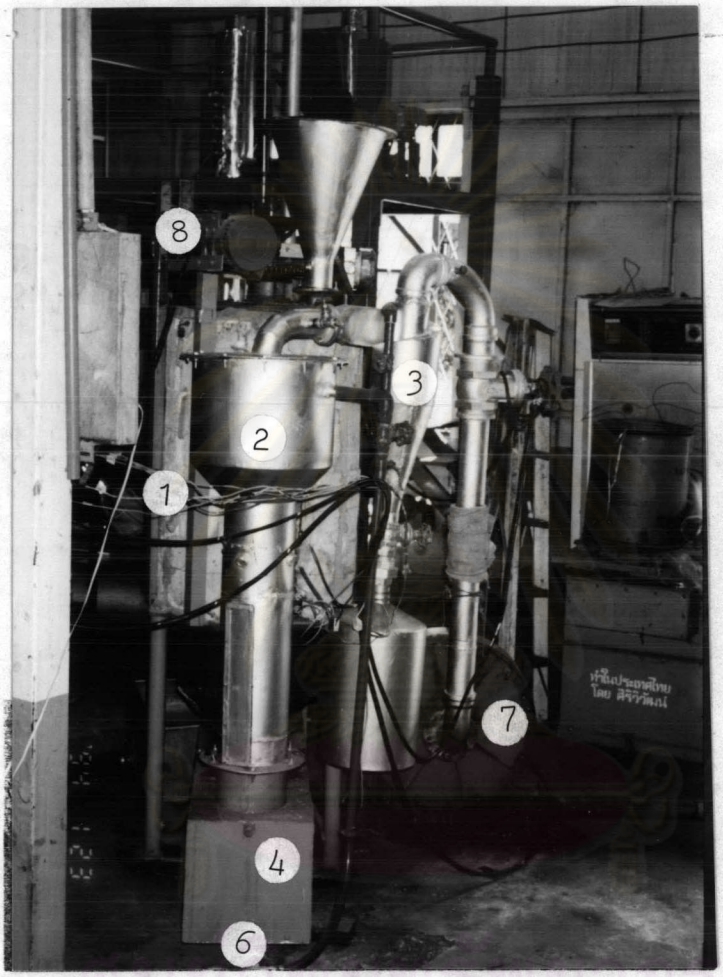
- ส่วนที่เป็นเบดสูง 100 เซนติเมตร ผนังด้านนอกบุด้วยอิฐทนไฟโดยรอบมีความหนาประมาณ 7 เซนติเมตร (หมายเลข 1) ด้านบนมีช่องขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร 2 ช่อง สำหรับเป็นทางเข้าของอากาศและทางเข้าของแกลบ บริเวณแกนกลางของเครื่องเป็นท่อสำหรับใส่น้ำที่จะช่วยในการหล่อเย็น แกนกลางที่ใช้หมุนตะแกรงและหมุนใบพัด



รูปที่ 3.1 แสดง SCHEMATIC DIAGRAM OF FIXED-BED GASIFIER UNIT

(หน่วย : เซนติเมตร)

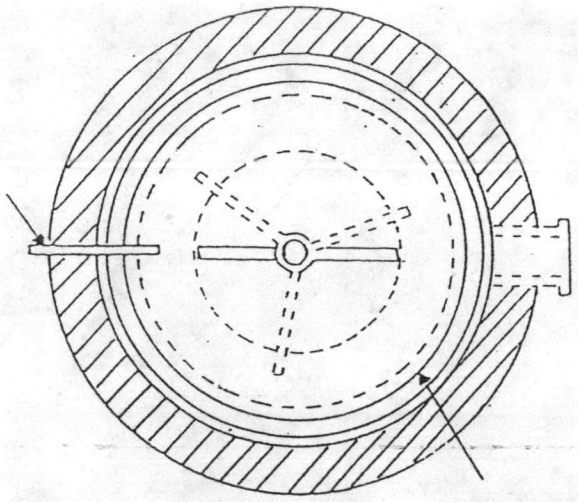
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

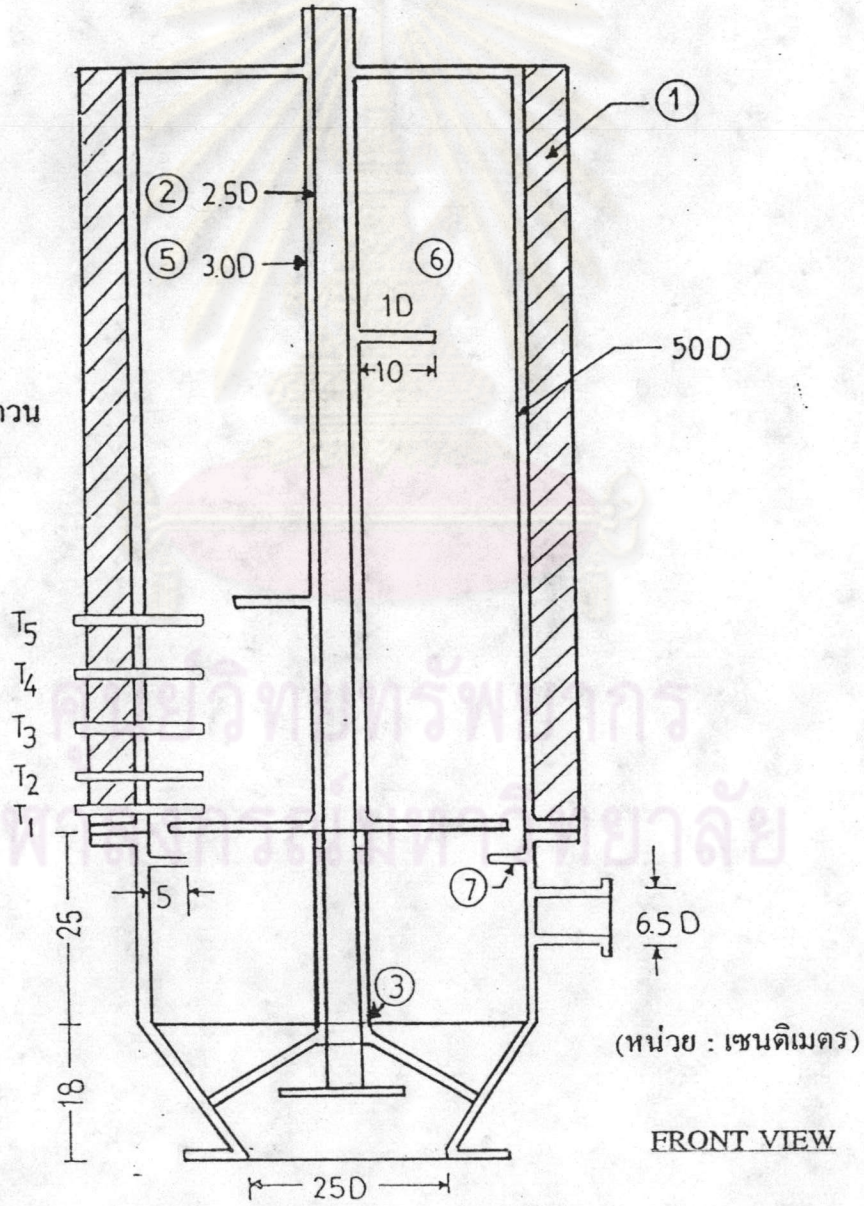
<u>รูปที่ 3.2</u> แสดงภาพ Fixed-Bed Gasifier unit

1. Fixed-Bed Gasifier
2. Scrubber
3. Cyclone
4. ถังรองรับน้ำและเถ้า
5. กะบะแยกเถ้า
6. ปั๊มสำหรับฉีดน้ำระบายเถ้า
7. Blower
8. มอเตอร์หมุนตะแกรงเหล็ก



TOP VIEW

1. ฉนวนความร้อน
2. แกนกลาง
3. ท่อเหล็ก 3 แฉก
4. ตะแกรง
5. เพลากลาง
6. แท่งเหล็กใช้ในการกวน
7. เหล็กยื่นจากผนังเตา
8. เทอร์โมคอปเปิล

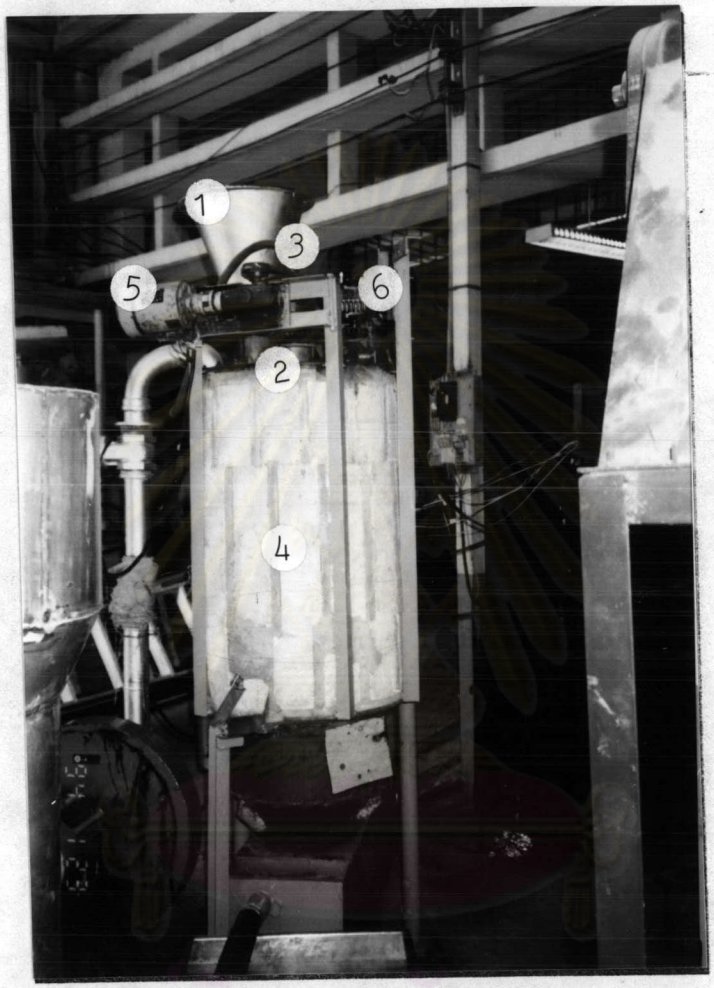


(หน่วย : เซนติเมตร)

FRONT VIEW

รูปที่ 3.3 แสดงขนาดและลักษณะของเครื่องผลิตก๊าซแบบเบดนิ่ง (FIXED-BED GASIFIER)

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3.4 แสดงภาพเครื่องผลิตก๊าซแบบเบดนิ่ง (Fixed Bed Gasifier)

1. ช่องสำหรับป้อนแกลบ
2. ช่องสำหรับป้อนอากาศเข้า
3. ท่อน้ำหล่อเย็นของเหล็กแกนกลาง
4. อิฐทนไฟ
5. มอเตอร์ที่ใช้หมุนกระจายน้ำ
6. มอเตอร์ที่ใช้หมุนตะแกรง

กวนแกลบภายในเบดไม่ให้เกาะตัวแน่น มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร (หมายเลข 2) ท่อเหล็กนี้จะมีตัวช่วยยึดไม่ให้เกิดการแกว่ง (หมายเลข 3) ส่วนปลายสุดของของแกนเหล็กนี้จะติดท่อเหล็กสามแฉกซึ่งเจาะรูขนาดเล็ก เพื่อช่วยในการกระจายน้ำให้แรงไปทั่วบริเวณทำหน้าที่ทำให้เถ้าฟุ้งกระจาย และส่วนบนของแกนเหล็กมีมอเตอร์สำหรับหมุนแกนเหล็ก ที่ผนังของตัวเครื่องจะมีรูเจาะไว้สำหรับวัดอุณหภูมิภายในเบดที่ความสูงต่างๆ กัน

- อีกส่วนหนึ่งไม่มีอิฐทนไฟหุ้ม ซึ่งต่อรองลงมาจากส่วนแรก มีความสูงประมาณ 43 เซนติเมตร ที่ส่วนนี้จะมีเหล็กยื่นออกมาจากผนังรอบเตา (หมายเลข 7) ยาว 5 เซนติเมตร หนา 0.5 เซนติเมตร เพื่อป้องกันไม่ให้แกลบร่วงลงมา และทางด้านล่างของเครื่องผลิตก๊าซนี้จะต่ออยู่กับถังรองรับน้ำและเถ้า

1.2 <u>ระบบป้อนแกลบ</u>

มีลักษณะเป็นรูปทรงกรวยอยู่ด้านบนของเตาผลิตก๊าซสำหรับเทแกลบใส่ลงไป (หมายเลข 8 รูปที่ 3.1)

2. <u>ส่วนปฏิบัติการสำหรับก๊าซที่ผลิตได้</u>

ส่วนนี้ประกอบด้วยระบบทำความเย็นและระบบแยกเถ้าที่ปลิวมากับก๊าซที่ออกจากระบบผลิตก๊าซ ระบบดูดก๊าซ ระบบแยกเถ้าและทาร์ ระบบการกรองฝุ่น

2.1 <u>ระบบทำความเย็น</u> (Fluidized Bed Scrubber) (ดูรูปที่ 3.5)

สำหรับในงานวิจัยนี้ Scrubber จะทำหน้าที่แยกเอาฝุ่นและทาร์ออกจากก๊าซที่เกิดขึ้นออกจากเครื่องปฏิกรณ์ Scrubber ในการทดลองนี้เป็น Fluidized Bed Scrubber ซึ่งจะมีข้อดีกว่า Scrubber แบบอื่นหลายประการ เช่น ทำให้การหมุนเวียนการผสมระหว่างก๊าซกับสารดูดซับดีขึ้นเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของพื้นผิวการดูดซับมากขึ้นซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนมวลสูงขึ้นด้วย ในงานวิจัยนี้ ใช้วัสดุภายใน Fluidized Bed เป็นไม้ทรงกลม และใช้น้ำเป็นตัว Absorbent ที่ดึงเอาฝุ่นและทาร์ออกจากก๊าซ

ระบบนี้ประกอบไปด้วยระบบฉีดพ่นน้ำ น้ำที่ฉีดพ่นนี้จะไปเคลือบที่ผิวของอนุภาคในเบดที่อยู่ในสภาพฟลูอิไดซ์ เมื่อก๊าซที่ร้อนและมีฝุ่นละอองไหลผ่านอนุภาคภายในเบด จะสัมผัสกับน้ำที่เคลือบอยู่ที่ผิวของอนุภาคของฟลูอิไดซ์เบดทำให้เกิดปรากฏการณ์ดังนี้

ก. เกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำและก๊าซร้อน ทำให้อุณหภูมิของก๊าซร้อนลดลง

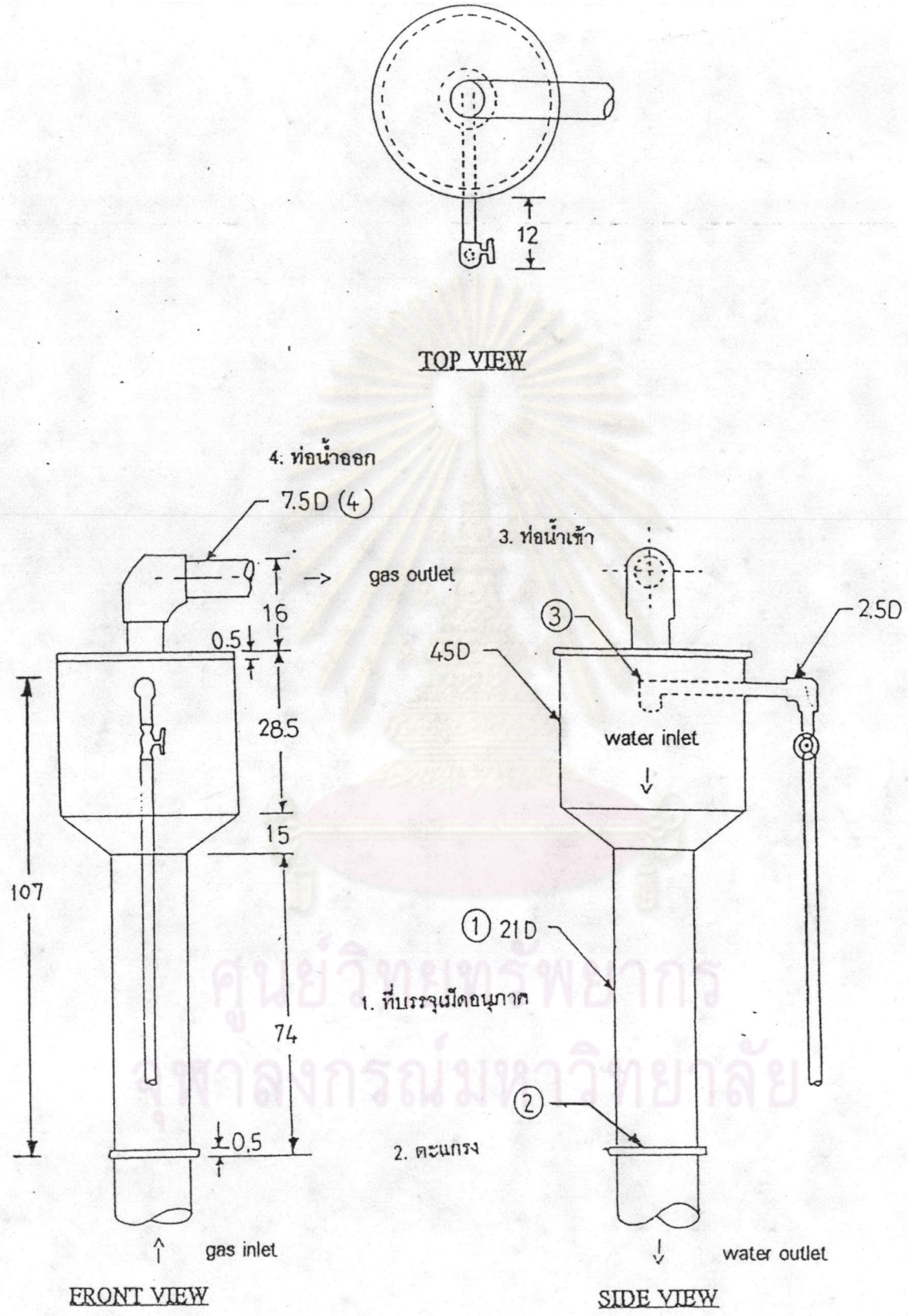
ข. ทาร์ที่อยู่ภายในก๊าซจะเกิดการรวมตัวเป็นอนุภาคใหญ่ขึ้นเนื่องจากอุณหภูมิเย็นลง เกาะที่ผิวของอนุภาค

ค. ฝุ่นละอองเมื่อมาตกกระทบผิวของเบดที่มีน้ำเกาะอยู่จะถูกจับที่ผิวของเบด

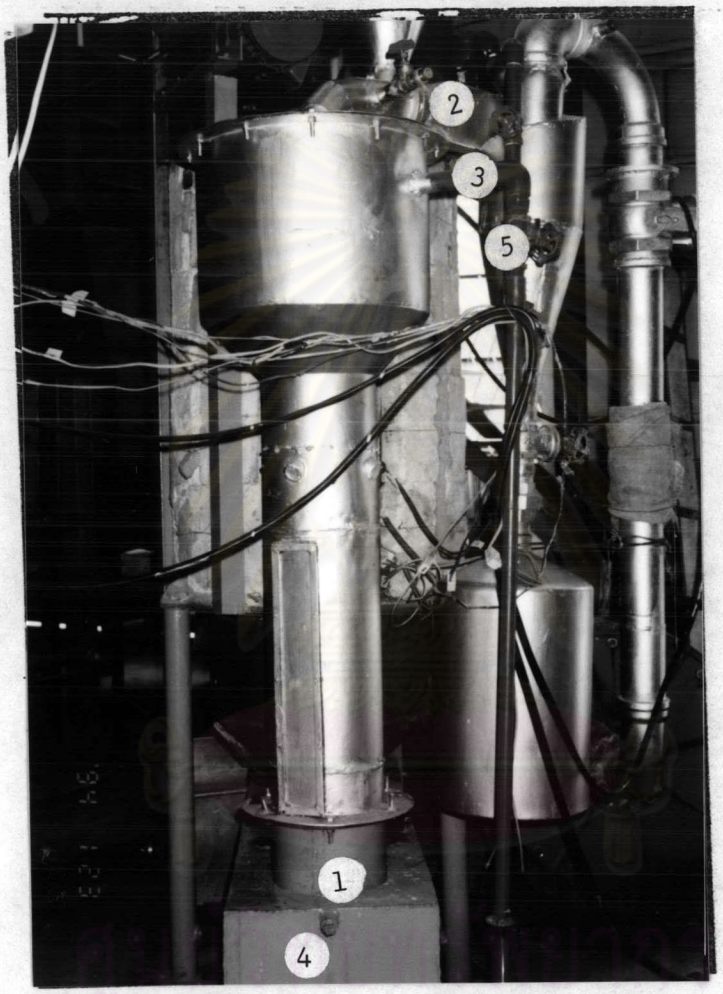
ง. เนื่องจากอนุภาคในเบดเกิดการหมุนเวียนและชนกันอยู่ตลอดเวลา ซึ่งทำให้ทั้งทาร์และฝุ่นละอองที่เกาะอยู่ที่ผิวของเบดหลุดรวมมากับน้ำ ไหลลงสู่ด้านล่างของคอลัมน์ ถูกแยกจากก๊าซน้ำดังกล่าวจะไหลรวมไปกับน้ำจากหน่วยทำความเย็นเข้าสู่เตาผลิตก๊าซด้านล่าง เพื่อใช้ในการนำเถ้าออกจากเตาผลิตก๊าซต่อไป ลักษณะของ Scrubber (ดูรูปที่ 3.5) สูง 117.5 เซนติเมตร ประกอบด้วยท่อเหล็กด้านบนมีหัวฉีดน้ำมีความสูง 43.5 เซนติเมตร มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 45 เซนติเมตรเพื่อลดความเร็วของก๊าซลง และอีกส่วนหนึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 21 เซนติเมตร สูง 74 เซนติเมตร ซึ่งจะเป็นบริเวณที่ใช้บรรจุเม็ดอนุภาคที่ใช้ในการฟลูอิไดซ์ (หมายเลข 1 รูปที่ 3.5) และด้านล่างจะรองรับด้วยตะแกรง (หมายเลข 2) ซึ่งรายละเอียดได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.5 และในรูปที่ 3.6

เบดที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยไม้ที่มีขนาดเป็นเม็ดกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2 เซนติเมตร เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวในการสัมผัสกันระหว่างน้ำและก๊าซ โดยเม็ดอนุภาคนี้จะบรรจุเข้าไปจนมีความสูงประมาณ 47 เซนติเมตร ก๊าซที่ผ่านจากระบบแล้วจะออกจาก Scrubber ทางท่อขนาด 7.5 เซนติเมตร (หมายเลข 4) ด้านล่างของ Scrubber นี้จะต่ออยู่กับถังรองรับน้ำและเถ้า ดังนั้นน้ำที่ไหลผ่านเม็ดอนุภาคแล้วจะไหลลงไปที่ถังรองรับน้ำและเถ้า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.5 แสดงลักษณะและขนาดของ SCRUBBER (หน่วย : เซนติเมตร)



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>รูปที่ 3.6</u> แสดงภาพ Scrubber

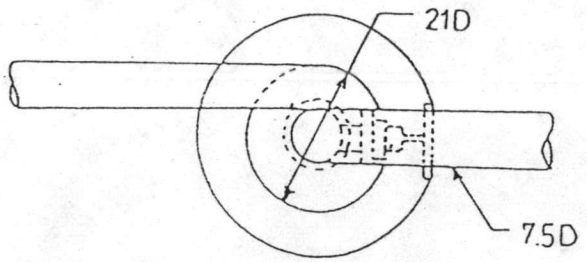
1. ก๊าซเข้าสู่ Scrubber
2. ก๊าซออกจาก Scrubber
3. น้ำเข้าสู่ Scrubber
4. น้ำออกจาก Scrubber
5. วาล์วเปิด-ปิดน้ำ

3. ไซโคลน (Cyclone)

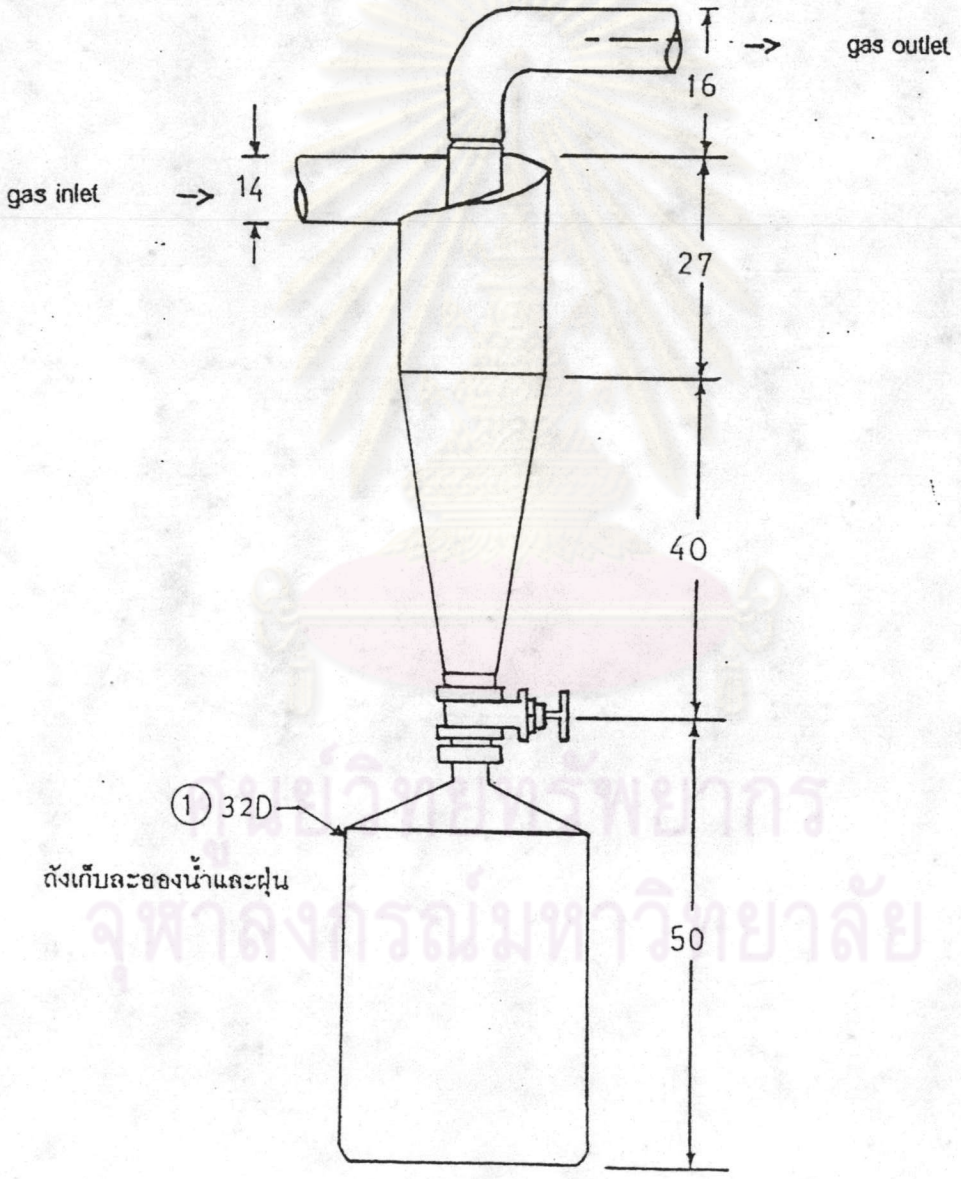
ไซโคลนเป็นอุปกรณ์ที่ใช้แยกมวลสารที่มีผู้นิยมใช้มากชนิดหนึ่ง เพราะง่ายในการออกแบบและใช้งานไซโคลนมีหลักการทำงานดังนี้คือ ก๊าซซึ่งมีฝุ่นละอองปะปนอยู่จะเข้าสู่คอลัมน์ซึ่งอาจมีรูปร่างเป็นทรงกระบอกในทิศทางของแนวสัมผัส หลังจากนั้นก๊าซจะผ่านไปสู่ทางออกดังแสดงในรูปที่ 3.7 และรูปภาพแสดงในรูปที่ 3.8 อนุภาคของฝุ่นละอองจะเคลื่อนเข้าสู่ผนังของเครื่องแยกฝุ่นละออง โดยอาศัยความเฉื่อยของมันเอง หลังจากนั้นเครื่องแยกจะนำฝุ่นละอองเหล่านี้ไปยังที่รองรับฝุ่นละอองต่อไป

ไซโคลนที่ใช้ในการทดลองนี้จะสามารถใช้แยกละอองน้ำและฝุ่นละอองที่อาจติดมาพร้อมกับก๊าซซึ่งออกมาจาก Scrubber ไซโคลนมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 21 เซนติเมตร และมีความสูง 67 เซนติเมตร โดยอาศัยหลักการเหวี่ยงทำให้ละอองน้ำและฝุ่นถูกแยกออกมาด้านล่างสู่ถังเก็บ ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 32 เซนติเมตร และสูง 50 เซนติเมตร ไซโคลนจะใช้ได้ดีในอนุภาคที่มีขนาดใหญ่กว่า 200 ไมโครเมตร ในกรณีซึ่งฝุ่นละอองนั้นเกิดการจับตัวได้ง่ายหรือมีความเข้มข้นสูง ไซโคลนจะดักฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กเท่านั้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



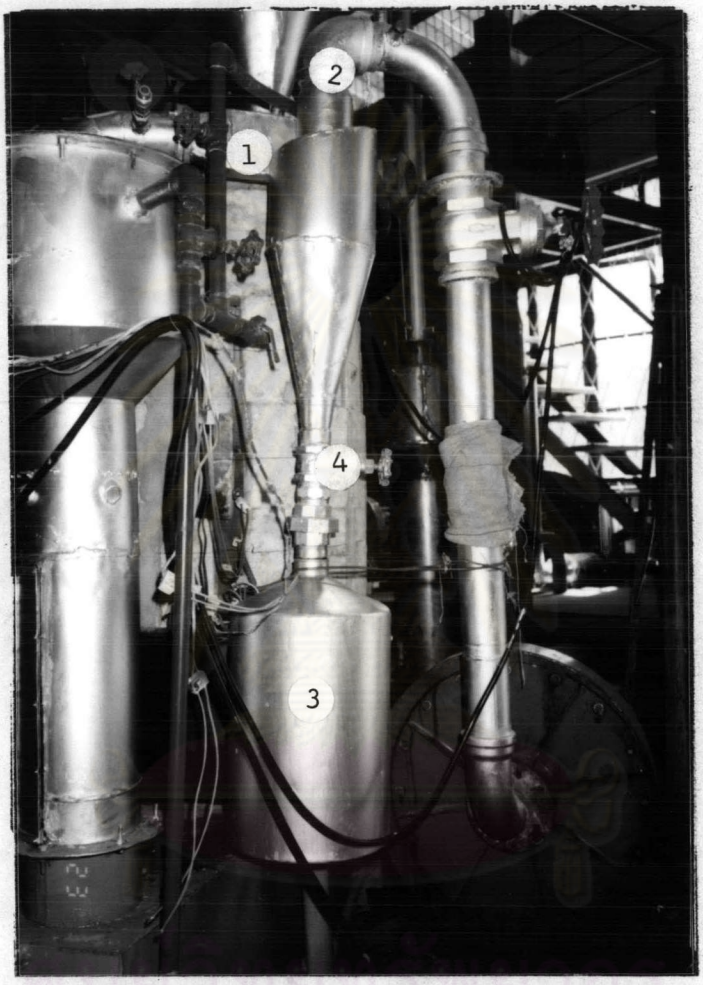
TOP VIEW



FRONT VIEW

รูปที่ 3.7 แสดงลักษณะและขนาดของ CYCLONE (หน่วย : เซนติเมตร)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>รูปที่ 3.8</u> แสดงภาพ Cyclone

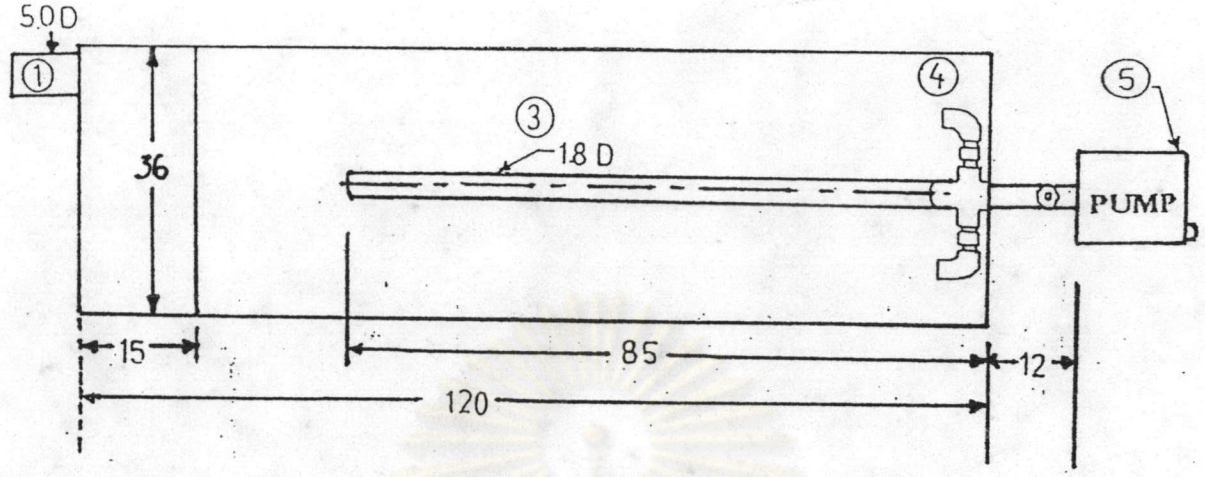
1. ก๊าซเข้าสู่ Cyclone
2. ก๊าซออกจาก Cyclone
3. ถังเก็บฝุ่นและน้ำ
4. วาล์วเปิด-ปิดถัง

4. ถังรองรับน้ำและเถ้า และระบบระบายเถ้า

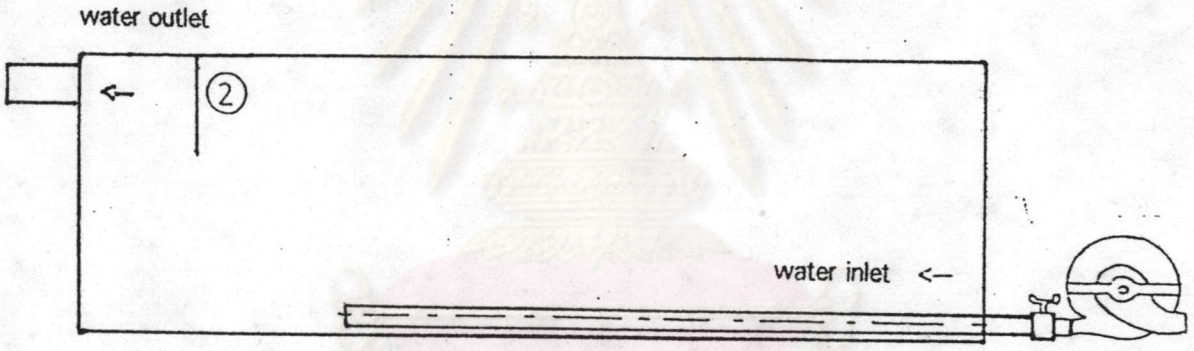
- ถังรองรับน้ำและเถ้ามีลักษณะเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยม กว้าง 36 เซนติเมตร ยาว 120 เซนติเมตร และสูง 36 เซนติเมตร ด้านบนต่ออยู่กับเครื่องผลิตก๊าซและ scrubber มีท่อน้ำล้นขนาด 5 เซนติเมตรติดอยู่ด้านข้าง (หมายเลข 1 รูปที่ 3.9) รูปภาพแสดงในรูปที่ 3.10 สำหรับให้น้ำและเถ้าไหลออกไปยังกะบะแยกเถ้า ตรงระยะ 15 เซนติเมตร จากท่อน้ำล้นจะมีแผ่นเหล็กขนาด 14 x 36 เซนติเมตรกั้นอยู่ (หมายเลข 2) เพื่อไม่ให้ก๊าซออกไปสู่ภายนอกได้ ส่วนบริเวณที่เหลือจากแผ่นกั้นซึ่งมีขนาด 22 x 36 เซนติเมตรจะเป็นช่องสำหรับระบายน้ำและเถ้าขณะทำการทดลองจะต้องให้ระดับน้ำในถังสูงประมาณ 33 เซนติเมตร ส่วนช่องด้านบนที่เหลือของถัง (เหนือระดับน้ำ) จะเป็นทางเดินของก๊าซที่เกิดจากเครื่องผลิตก๊าซผ่านไปยังด้านล่างของ Scrubber

- ระบบระบายเถ้าจะประกอบไปด้วยท่อสำหรับฉีดน้ำเป็นท่อขนาด 1.8 เซนติเมตร แยกออกเป็น 3 ทาง ท่อตรงกลาง (หมายเลข 3) จะเป็นท่อยาว 85 เซนติเมตร ท่อที่อยู่ริมอีก 2 ท่อ (หมายเลข 4) จะสั้น ปั๊มขนาด 0.25 แรงม้า (หมายเลข 5) และท่อนี้จะติดตั้งเข้ากับถังรองรับน้ำและเถ้าทางด้านที่ต่อกับ Scrubber เพื่อไม่ให้เกิดการสะสมของเถ้า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



TOP VIEW



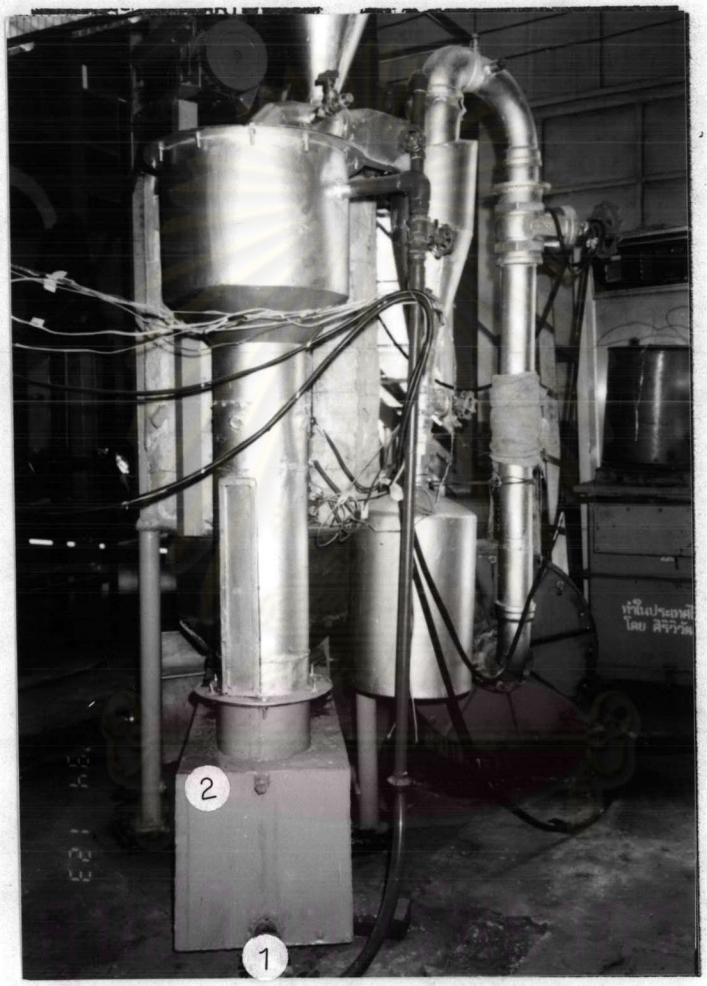
FRONT VIEW

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3.9 แสดงลักษณะและขนาดของถังรองรับน้ำและเถ้า และระบบระบายเถ้า

(หน่วย : เซนติเมตร)

1. ท่อน้ำล้น
2. แผ่นเหล็กกั้นก๊าซ
3. ท่อน้ำ (ท่อกลาง)
4. ท่อน้ำ (ท่อริม)
5. ปั๊มน้ำ



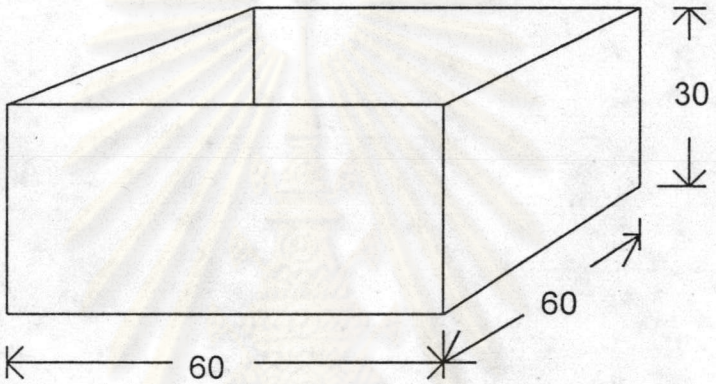
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>รูปที่ 3.10</u> แสดงภาพถังรองรับน้ำและเถ้าและระบบระบายเถ้า

1. ปั๊มสำหรับฉีดน้ำ
2. ถังรองรับน้ำและเถ้า

5. กะบะแยกเถ้า

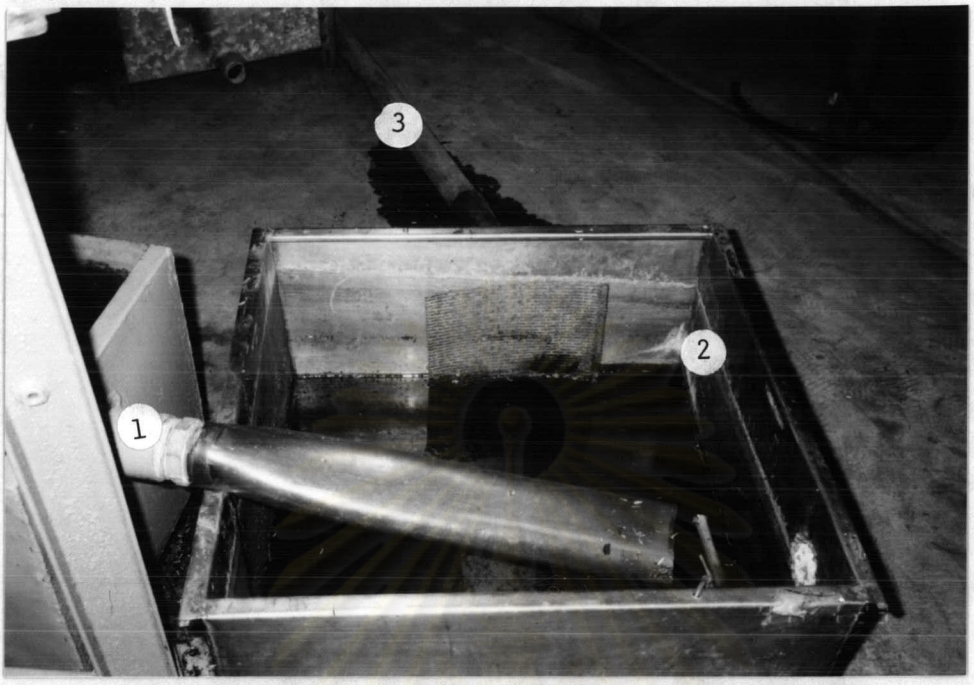
เป็นกะบะรูปทรงสี่เหลี่ยมปากเปิดทำด้วยอลูมิเนียมกว้าง 60 เซนติเมตร ยาว 64 เซนติเมตร และสูง 30 เซนติเมตร จะรองรับน้ำและเถ้าที่ออกมาจากท่อน้ำล้นของถังรองรับน้ำและเถ้า (หมายเลข 1 รูปที่ 3.11) และรูปภาพแสดงในรูปที่ 3.12 ไว้ให้ตกอยู่ในกะบะ ส่วนน้ำที่ผ่านการแยกเถ้าแล้วจะไหลออกทางท่อขนาด 5 เซนติเมตรที่ติดอยู่สูงจากก้นกะบะ 2 เซนติเมตร



FRONT VIEW (หน่วย : เซนติเมตร)

รูปที่ 3.11 แสดงลักษณะและขนาดของกะบะแยกเถ้า

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.12 แสดงภาพกะบะแยกเถ้า
1. น้ำและเถ้าออกมาจากท่อน้ำล้น
2. ภาชนะสำหรับแยกเถ้า
3. ท่อที่น้ำไหลออก

6. มอเตอร์ (Motors)

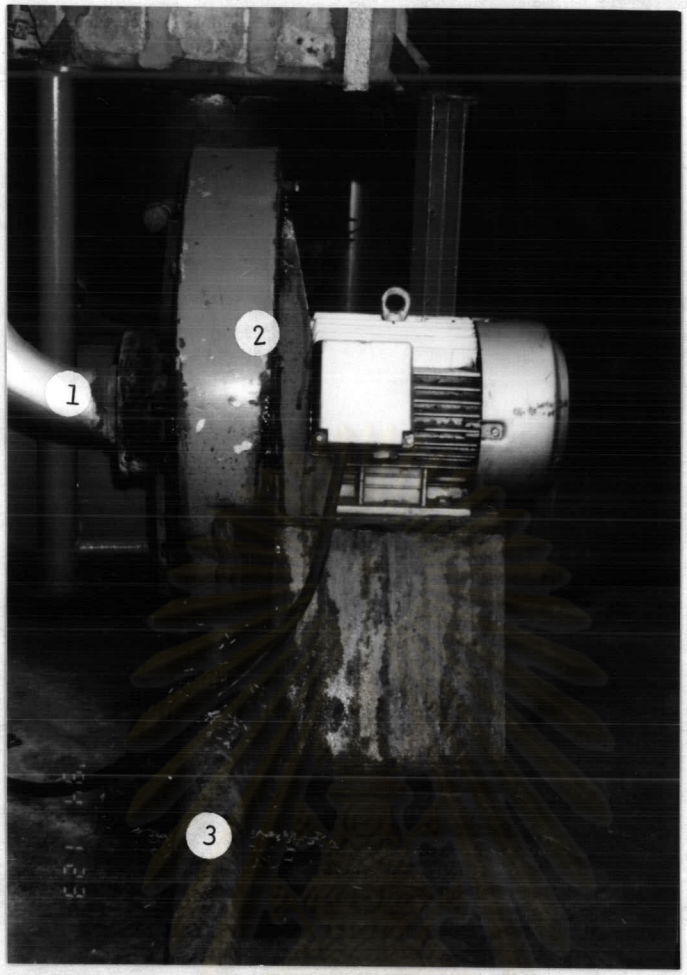
มอเตอร์ที่ใช้มี 2 ตัวเป็นมอเตอร์ไฟฟ้า 3 เฟส คือ

- มอเตอร์ที่ใช้หมุนตะแกรงเหล็กขนาด 0.5 แรงม้า ติดตั้งอยู่บนเครื่องผลิตก๊าซ (หมายเลข 8 รูปที่ 3.2)

- มอเตอร์ที่ใช้หมุนใบพัดเป็นตัวกระจายน้ำ ขนาด 0.5 แรงม้า ตั้งอยู่บนเครื่องผลิตก๊าซ (หมายเลข 9 รูปที่ 3.2)

7. เครื่องเป่าอากาศ (Blower)

ในการทดลองนี้เครื่องเป่าอากาศนี้ใช้สำหรับดูดก๊าซชีวมวล หรือก๊าซเชื้อเพลิงที่ได้จากเครื่องผลิตก๊าซ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 64 เซนติเมตร มอเตอร์ขนาด 5.5 แรงม้า โดยสามารถควบคุมอัตราการไหลของอากาศได้โดยการหมุนเปิด-ปิดวาล์วและมีอัตราเร็วของลมสูงสุด 21 เมตรต่อวินาที (รูปที่ 3.13)



รูปที่ 3.13 แสดงภาพ Blower

1. ท่อนำก๊าซเข้า
2. Blower
3. ท่อนำก๊าซออก

8. ระบบการวัดอุณหภูมิภายในเตาเผาแกลบ

การทดลองนี้ได้ทำการติดตั้งอุปกรณ์ในการวัดอุณหภูมิของเตาเผาไหม้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของการเกิดปฏิกิริยาจากการเผาไหม้ของแกลบภายในเตาที่ระดับความสูงต่างๆกัน นับตั้งแต่ตะแกรงและที่ระยะห่างของผนังด้านในของเตาเผาต่างๆกัน รายละเอียดของการวัดอุณหภูมิ มีดังต่อไปนี้

ก. ตำแหน่งการวัดอุณหภูมิ

ตำแหน่งในการวัดอุณหภูมิของการเผาไหม้แกลบจำนวนทั้งหมด 5 จุดเรียงกันขึ้นไปตามแนวดิ่งที่ผนังของเตาเผาแกลบ ที่ระดับความสูงจากแผ่นตะแกรงภายในที่ระดับ 4, 9, 14, 19 และ 29 เซนติเมตร ตามลำดับ (รูปที่ 3.14) ซึ่งการติดตั้งเครื่องวัดอุณหภูมินี้เพื่อศึกษาเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นในช่วงการเกิดแก๊สซิฟิเคชันที่สภาวะต่างๆ

ข. อุปกรณ์ที่ใช้วัดอุณหภูมิ

อุปกรณ์การวัดอุณหภูมิ ซึ่งประกอบไปด้วยท่อสเตนเลสขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร ภายในมีลวดเทอร์โมคัปเปิล ชนิด CA(K) ขนาด 1 มิลลิเมตรร้อยอยู่ในท่อเซรามิกคู่อีกชั้นหนึ่ง ความยาวของท่อสเตนเลสทั้ง 5 ท่อ ยาวประมาณ 15 เซนติเมตร ลวดเทอร์โมคัป-เปิลชนิด CA(K) ในท่อสเตนเลสทั้ง 10 เส้นจะต่อเข้าเต้าเซรามิกและผ่านเข้าชุด selector ซึ่งใช้ในการเลือกจุดที่จะวัดอุณหภูมิ จากนั้นจึงต่อเข้าไปยังเครื่องอ่านอุณหภูมิชนิด RKC Series RE 9-6 ซึ่งอ่านอุณหภูมิได้ในช่วง 0-1,000 องศาเซลเซียส

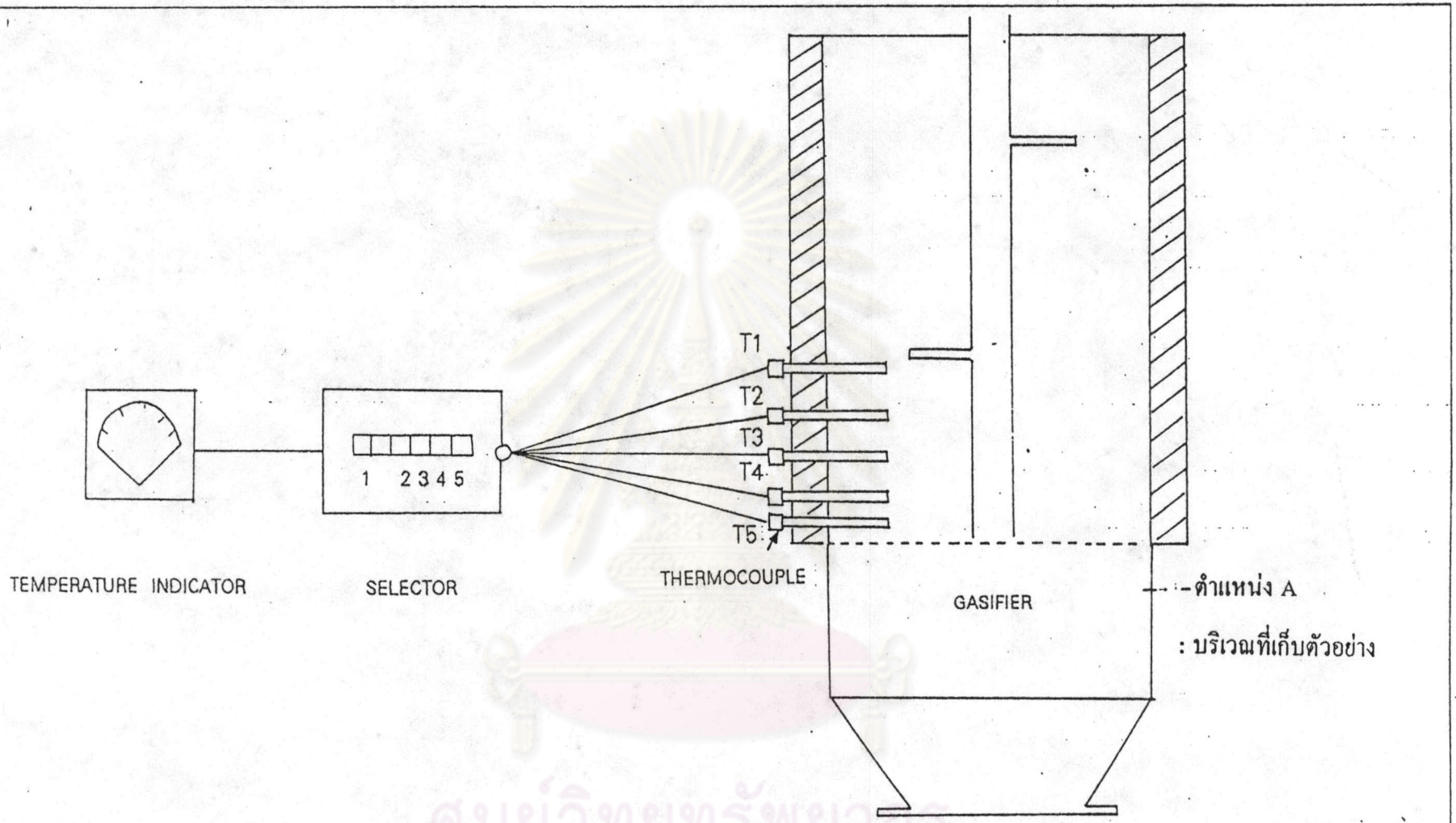
ค. การวัดอุณหภูมิ

เพื่อต้องการศึกษากลไกของการเกิดปฏิกิริยาของการเผาไหม้ของแกลบภายในเตา ในการวัดอุณหภูมิจะวัดที่ระดับความสูงต่างๆ 5 ระดับและลึกเข้าไปในเตาที่ระยะห่างจากผนังด้านในของเตาเข้าไปที่ทุกๆระยะ 5 เซนติเมตรจนถึงระยะ 15 เซนติเมตร จากผนังด้านในของเตา

9. <u>บริเวณที่เก็บตัวอย่าง</u>

ในการทดลองนี้บริเวณที่เก็บตัวอย่างแสดงในรูปที่ 3.14 (ตำแหน่ง A) มีลักษณะเป็นท่อขนาดประมาณ 2.5 เซนติเมตร และมีวาล์วสำหรับเปิด-ปิด การดึงตัวอย่างนี้จะต่อกับปั๊มสุญญากาศ (Vacuum Pump) จากบริเวณด้านล่างของเตาผลิตก๊าซก่อนที่จะถึงถังรองรับเถ้า (ดังรูป 3.1) ซึ่งผ่านสารดูดความชื้น คือ ซิลิกาเจล (Silica Gel) ก่อนที่จะนำตัวอย่างไปวัดส่วนประกอบด้วยเครื่องก๊าซโครมาโตกราฟฟี (Gas Chromatography)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.14 แสดงการวัดอุณหภูมิของเตาผลิตก๊าซ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

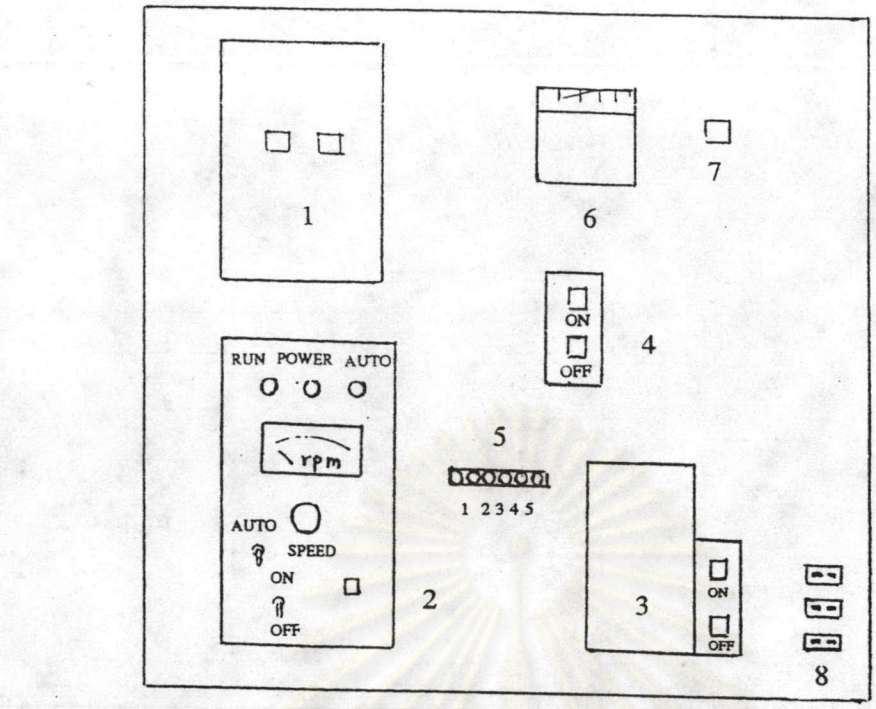
10. <u>เครื่องปรับความเร็วรอบของมอเตอร์หมุนตะแกรง</u>

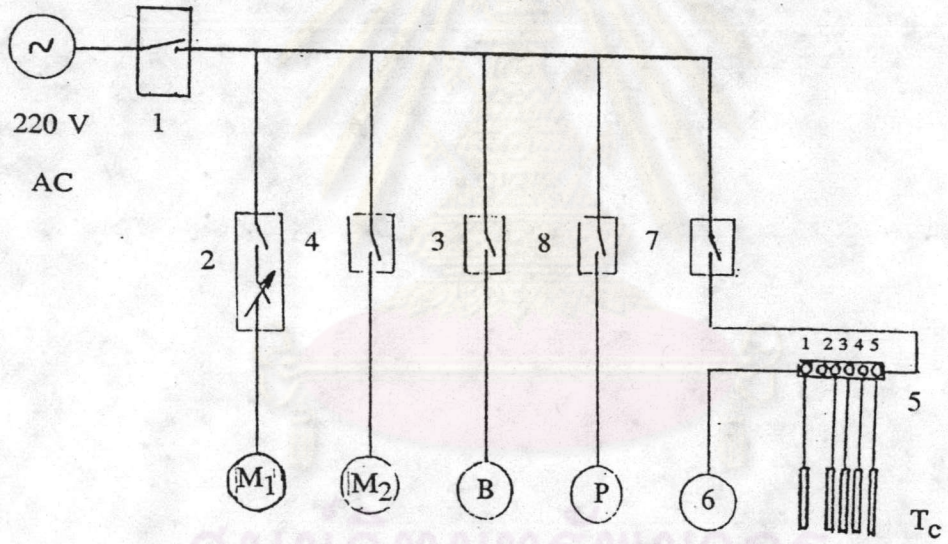
สามารถปรับความเร็วรอบได้ตั้งแต่ 0-1,800 รอบต่อนาที ใช้ปรับความเร็วรอบของมอเตอร์หมุนตะแกรงเมื่อต้องการให้แกลบหรือเถ้าที่อยู่ภายในเตาผลิตก๊าซตกลงมายังถังรองรับน้ำและเถ้า ซึ่งจะสัมพันธ์กับอุณหภูมิภายในเตาผลิตก๊าซ เช่น เมื่อปรับความเร็วรอบของมอเตอร์สูงจะทำให้เถ้าร้อนร่วงลงมามาก อุณหภูมิภายในเตาผลิตก๊าซจะลดต่ำลง ซึ่งแสดงลักษณะในรูปที่ 3.15 (หมายเลข 2) โดยมีวิธีการใช้ คือ เปิดสวิทช์ ON และปรับความเร็วรองตรงปุ่ม SPEED ได้ตั้งแต่ 0-1,800 รอบ/นาที

11. <u>แผงควบคุมระบบไฟฟ้า</u>

ประกอบไปด้วยสวิทช์ควบคุม (Main Switch) เครื่องปรับความ-เร็วรอบของตะแกรง สวิทช์ของเครื่องกวนเถ้า (Ash Agitator Switch) สวิทช์ของเครื่องเป่าอากาศ (Blower Switch) ปุ่มเลือกตำแหน่งเทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple Selector Switch) เครื่องอ่านอุณหภูมิ (Temperature Guage) ซึ่งแสดงลักษณะและขนาดในรูปที่ 3.15 และภาพในรูปที่ 3.16

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



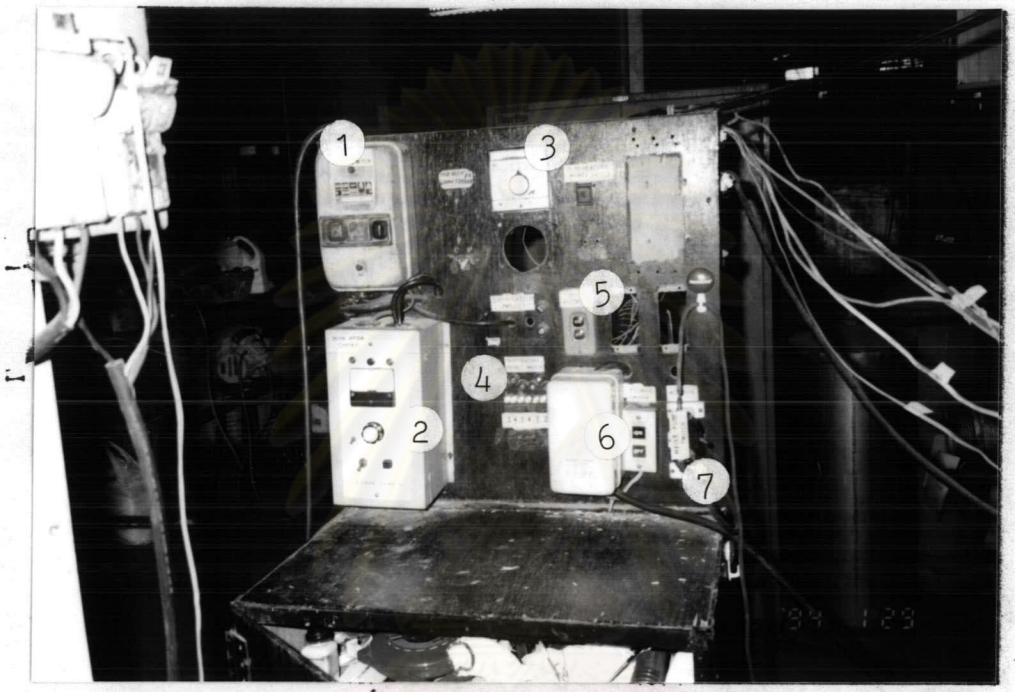


1. MAIN POWER SWITCH
2. SPEED MOTOR CONTROL SWITCH
3. BLOWER SWITCH
4. AGITATOR SWITCH
5. TEMPERATURE SELECTOR SWITCH
6. TEMPERATURE GAUGE
7. TEMPERATURE SWITCH
8. PLUG (FOR WATER PUMP SWITCH)

M_1 : GRATE MOTOR
M_2 : AGITATOR MOTOR
B : BLOWER
P : WATER PUMP
T : TEMPERATURE GAUGE
T_c : THERMOCOUPLE

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3.15 แสดง Drawing ของแผงควบคุมระบบไฟฟ้า



รูปที่ 3.16 แสดงภาพแผงควบคุมการทำงาน

1. สวิทช์ไฟฟ้ารวมที่เข้ามายังแผงควบคุม
2. เครื่องปรับความเร็วรอบในการหมุนตะแกรง
3. หน้าปัดสำหรับอ่านอุณหภูมิ
4. สวิทช์เลือกจุดวัดอุณหภูมิ
5. สวิทช์เปิด-ปิดมอเตอร์ที่ใช้หมุนใบพัด
6. สวิทช์เปิด-ปิด Blower
7. สวิทช์เปิด-ปิด ปั๊ม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัวแปรที่ทำการศึกษา

1. อัตราการไหลของอากาศ (Air Flow Rate) เพื่อศึกษาปริมาณอากาศที่เหมาะสมต่อการเผาไหม้แกลบในเตา โดยในการศึกษาจะทำการเปลี่ยนค่าอัตราการไหลของอากาศโดยการปรับวาล์วและอ่านค่าความเร็วของอากาศจากเครื่องวัดความเร็วของอากาศแอนนีโมมิเตอร์ (Anemometer) เมื่อได้ค่าความเร็วของอากาศแล้วคำนวณโดยใช้พื้นที่หน้าตัดของท่อที่ใช้ จะได้ค่าของอัตราการไหลของอากาศต่างๆ ในการทดลองนี้ได้ศึกษาอัตราการไหลของอากาศ 0.12, 0.16, 0.20, 0.25 และ 0.32 ลูกบาศก์เมตร/นาที

2. อัตราการป้อนแกลบ (Feed Rate of Rice Husk) แปรค่าโดยปรับค่าอัตราการป้อนแกลบโดยประมาณเป็น 100-260 กรัม/นาที เพื่อศึกษาปริมาณแกลบที่เหมาะสมในการเผาไหม้ ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณออกซิเจนในอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้แกลบ

3. วัดอุณหภูมิภายในเตาที่ระดับความสูง 4, 9, 14, 19 และ 29 เซนติเมตร เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่เกิดขึ้นภายในเตาผลิตก๊าซ และนำไปสู่การศึกษาปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นภายในเตา

ขั้นตอนการดำเนินวิจัย

1. การวิเคราะห์สมบัติของแกลบ

1.1 การวิเคราะห์แบบประมาณ (Proximate Analysis) นำแกลบมาวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐานของ ASTM ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 รายการทดลองและมาตรฐานวิธีวิเคราะห์

รายการทดลอง	วิธีวิเคราะห์
การวิเคราะห์แบบประมาณ	ASTM D3172
ความชื้น (Moisture)	ASTM D3173
เถ้า (Ash)	ASTM D3174
สารระเหยได้ (Volatile Matter)	ASTM D3175
ค่าความร้อน (Heating Value)	ASTM D2015

หมายเหตุ : รายละเอียดขั้นตอนการวิเคราะห์แสดงอยู่ในภาคผนวก ก

2. ขั้นตอนการทดลอง

1. ใช้กระดาษหนังสือพิมพ์ใส่ลงไปในเตาผลิตก๊าซ เพื่อเป็นเชื้อเพลิงให้แกลบติดไฟและป้องกันไม่ให้แกลบร่วงลงมาก่อนที่จะติดไฟ

2. ใส่แกลบลงไปเล็กน้อยแล้วจึงใส่กระดาษหนังสือพิมพ์ลงไปอีกชั้นหนึ่ง

3. ทำการจุดไฟโดยการเอาหนังสือพิมพ์พันที่ปลายไม้ ซึ่งจุดไฟใส่เข้าไปในเตาผลิตก๊าซทางช่องเปิดด้านบน แล้วทำการเปิดเครื่องเป่าอากาศ

4. เมื่ออุณหภูมิสูงประมาณ 300 องศาเซลเซียส จึงใส่แกลบเพิ่มเข้าไปอีกจนกระทั่งแกลบสูงประมาณ 85 เซนติเมตร (เตาผลิตก๊าซสูง 100 เซนติเมตร)

5. เปิดเครื่องหมุนตะแกรงช้าๆ เพื่อให้แกลบมีการกระจายได้ทั่วถึงขึ้น

6. ปรับระดับถังรองรับน้ำและเถ้าให้คงที่ โดยปล่อยให้น้ำไหลออกทางท่อน้ำล้นลงสู่กระบะแยกเถ้า เพื่อลดความร้อนของก๊าซที่ออกมาจากเตาผลิตก๊าซ

7. คอยควบคุมอุณหภูมิของปฏิกิริยาภายในเตาผลิตก๊าซให้คงที่อยู่ที่ 600 องศา-เซลเซียสโดยการป้อนแกลบเพิ่มเข้าไป เมื่อชั้นเผาไหม้ได้เผาไหม้ไปบางส่วนแล้ว

8. บันทึกภาวะเบื้องต้น คือ อัตราการป้อนแกลบ อัตราการไหลของอากาศ อุณหภูมิขณะทำการทดลอง

9. รอให้เครื่องปฏิกรณ์เข้าสู่สภาวะคงที่ (Steady State) แล้วทำการเก็บข้อมูลต่างๆ ดังนี้

ก. อุณหภูมิที่ระดับความสูงและระยะต่างๆจากจุดศูนย์กลาง

ข. อัตราส่วนร้อยละของก๊าซผลิตภัณฑ์

10. เปลี่ยนอัตราการไหลของอากาศโดยการปรับที่วาล์วควบคุมอัตราการไหลใช้แอนนีโมมิเตอร์บันทึกค่าความเร็วของอากาศที่เปลี่ยนไป แล้วคำนวณเปลี่ยนเป็นอัตราการไหลของอากาศโดยคูณกับพื้นที่หน้าตัดของเตาผลิตก๊าซ แล้วทำการทดลองตามข้อ 1-9 จนได้ข้อมูลครบทุกค่า เนื่องจากอากาศเป็นตัวแปรที่สำคัญที่ควบคุมการเกิดแก๊สซิฟิเคชัน เพราะถ้ามีปริมาณอากาศเข้าสู่เบดมากเกินไปก็จะเป็นการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ อัตราการไหลของอากาศเป็นตัวกำหนดปริมาณออกซิเจนที่จะเข้าทำปฏิกิริยา ในแต่ละการทดลอง

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

11. อัตราการป้อนแกลบ

แกลบเป็นตัวแปรที่สำคัญอีกตัวแปรหนึ่ง เพราะเป็นตัวกำหนดปริมาณคาร์บอนที่เข้าทำปฏิกิริยา ในการทดลองจะกำหนดค่าอัตราการป้อนแกลบให้คงที่ในตอนเริ่มต้น โดยจะสัมพันธ์กับการหมุนของตะแกรง นั่นคือ จะควบคุมอัตราการป้อนแกลบให้แกลบเติมเต็มเบดที่ระดับคงที่สม่ำเสมอที่ระดับความสูงประมาณ 85 เซนติเมตรจากระดับของตะแกรง เพื่อที่จะได้ลดผลกระทบต่อโซนออกซิเดชันและโซนรีดักชันในเตา

ขณะที่ทำการทดลองเมื่ออุณหภูมิเริ่มลดต่ำลง จึงทำการหมุนตะแกรงเพื่อให้เถ้าแกลบภายในเตาหล่นลงมา แล้วทำการป้อนแกลบเข้าไปโดยควบคุมให้แกลบเต็มเบดอยู่เสมอ ดังนั้นอัตราการป้อนแกลบอยู่ในช่วง 100-260 กรัม/นาที

1.3 การหาอัตราการป้อนแกลบ

ทำโดยการหาน้ำหนักของแกลบที่ใส่ในช่องใส่แกลบ โดยนับจำนวนถังที่ใส่ในช่วงเวลา 1 ชั่วโมง นำแกลบ 1 ถังไปชั่งน้ำหนักแล้วคิดเฉลี่ยเป็นกรัม/นาทีของแต่ละอัตราการแกลบ เมื่อเปลี่ยนอัตราการป้อนแกลบก็ทำในลักษณะเดียวกัน

1.4 การหาอัตราการไหลเข้าของอากาศ

1.4.1 ใช้แอนนีโมมิเตอร์วัดที่ปลายท่ออากาศเข้าทางด้านบน

1.4.2 เปิดเครื่องเป่าอากาศปรับค่าความเร็วของอากาศโดยใช้วาล์ว แล้วบันทึกค่าความเร็วของอากาศที่อ่านได้จากแอนนีโมมิเตอร์

1.4.3 นำข้อมูลของแอนนีโมมิเตอร์มาแปลงเป็นอัตราการไหลของอากาศ (โดยคำนวณจากความเร็วของอากาศคูณกับพื้นที่หน้าตัดของท่อ)

1.5 การวัดบันทึกค่าตัวแปรต่างๆ

1.5.1 การเก็บตัวอย่างก๊าซโดยให้ก๊าซผ่านท่อดึงตัวอย่างผ่านตัวกรองและตัวดูดความชื้น มาเก็บไว้ในหลอดเก็บก๊าซ แล้วนำไปวิเคราะห์ปริมาณก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์และมีเทน ด้วยเครื่องมือก๊าซโครมาโตกราฟฟี (Gas Chromatography) ยี่ห้อ SHIMADZU

สภาวะที่ใช้ของเครื่องมือ GAS CHROMATOGRAPHY (C-R6A)

Packing Material	:	Unibeads C80/100 Mesh 4m
Column Temperature	:	130 องศาเซลเซียส
Injector Temperature	:	140 องศาเซลเซียส
Detector Temperature	:	150 องศาเซลเซียส
Carrier Gas Flow Rate	:	40 เมตร/วินาที

1.5.2 อุณหภูมิของเบด โดยใช้เทอร์โมคัปเปิลไว้ที่ตำแหน่งต่างๆตามความสูง 4 เซนติเมตร 9 เซนติเมตร 14 เซนติเมตร 19 เซนติเมตร และ 29 เซนติเมตร และตามแนวนอนจากผนังด้านในของคอลัมน์ 5 เซนติเมตร 10 เซนติเมตร และ 15 เซนติเมตรทำการบันทึกอุณหภูมิภายในเตาทุก 5 นาที

1.5.3 ปริมาณทาร์ (Tar Content) วัดโดยใช้เครื่องมือวัดปริมาณทาร์อย่างง่ายซึ่งสร้างขึ้น วิธีการวัดและอุปกรณ์ในการวัดแสดงในภาคผนวก ง

1.5.4 ปริมาณคาร์บอน (Carbon Content) ในภาคผนวก ก

<u>การควบคุมอุณหภูมิในการทดลอง</u>

ในการทดลองนี้มีการเผาไหม้เกิดขึ้นภายในเครื่องปฏิกรณ์ โดยภายในเครื่องปฏิกรณ์จะประกอบด้วยเถ้า แกลบที่เกิดการเผาไหม้ แกลบที่ยังไม่ได้เผาไหม้ ซึ่งในการทำการทดลองจะวัดและควบคุมอุณหภูมิ 2 จุด

1. จุดที่อยู่ใน Combustion Zone ซึ่งจะมีอุณหภูมิสูง (ประมาณ 800 องศาเซลเซียส)

2. จุดที่อยู่สูงขึ้นมาซึ่งจะใกล้กับแกลบที่ยังไม่ได้เผาไหม้ จะมีอุณหภูมิต่ำกว่า(ประมาณ 650 องศาเซลเซียส)

ในการทำการทดลองต้องพยายามควบคุมให้อุณหภูมิทั้ง 2 จุดต่างกันไม่เกิน 50 องศาเซลเซียสเนื่องจากจะมีผลกระทบต่อโซนต่างที่เกิดขึ้นภายในเตาผลิตก๊าซ โดยการควบคุม

1. ความเร็วในการหมุนของตะแกรง

2. อัตราการไหลของอากาศที่เข้ามาในเครื่องปฏิกรณ์