หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

เครื่องมือและวิธีการดำเนินการวิจัย

<u>เครื่องมือที่ใช้ในโครงการวิจัย</u> (รูปที่ 3.1)

1. เตาผลิตก๊าซเชื้อเพลิง (Gasifier) ตัวเตามีลักษณะเป็นทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 15 ซม. ผนังด้านนอกทำด้วยเหล็ก ผนังด้านในก่อด้วยคอนกรีตทนไฟ ตัวเตามีความสูง 2.00 เมตร ทางตอนบนของเตามีเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 ซม. ซึ่งใหญ่กว่าส่วนของเตาเผา เพื่อลดความเร็วลมที่ผ่านขึ้นมาจากคอลัมน์ ทำให้อนุภาคที่มีขนาดใหญ่ตกกลับลงในคอลัมน์อีก ภายนอกตัวเตาหุ้มด้วยใยหิน (Furnace Batt) หนา 2 นิ้ว และหุ้มด้วยอลูมิเนียมอีกที เพื่อรักษาอุณหภูมิภายในเตาให้คงที่มากที่สุด (รูปที่ 3.2)

2. เครื่องป้อนถ่าน (Feeder) เป็นชนิดเกลียวผลักดันถ่าน (Screw Feeder) ให้ลงสู่คอลัมน์ เกลียวนี้จะถูกขับเคลื่อนด้วย Motor และ Gearbox จุดป้อนถ่านจะอยู่สูงจากแผ่นกระจายอากาศ (Distributor) ประมาณ 45 ซม. (รูปที่ 3.4 และ 3.7)

3. เครื่องเป่าอากาศ (Blower) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการป้อนอากาศเข้าสู่ตัวเตาผลิตก๊าซเชื้อเพลิง ถูกขับด้วยมอเตอร์ขนาด $\frac{1}{4}$ HP. อากาศที่ได้จะผ่านเข้าสู่ท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว และโค้งเข้าสู่ด้านล่างของตัวเตาผลิตก๊าซเชื้อเพลิง โดยควบคุมปริมาณอากาศเข้าด้วยบอลวาล์ว (Ball valve) และ By pass (รูปที่ 3.3)

4. เครื่องแยกฝุ่น ตัวที่ 1 เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการแยกผงถ่านที่ติดมาพร้อมกับโปรดิวเซอร์ก๊าซ โดยจะแยกโปรดิวเซอร์ก๊าซออกทางด้านบน เถ้า, ถ่านที่ติดปนมาจะถูกแยกออกด้านล่าง ไซโคลนมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 55 ซม. สูง 2 เมตร (รูปที่ 3.11)

5. เครื่องวัดอุณหภูมิ (Temperature Indicator) และเทอร์โมคัพเปิล (Thermocouple) เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดอุณหภูมิภายในเบด โดยใช้ประกอบกับ Thermocouple ชนิด C.A. อาศัยหลักการเปลี่ยนพลังงานความร้อนเป็นพลังงานไฟฟ้า และถูกเปลี่ยนเป็นตัวเลขแสดงอุณหภูมิอีกครั้งหนึ่ง (รูปที่ 3.5)

นอกจากนี้ยังมีชุดควบคุมอุณหภูมิ (Temperature Controller) เพื่อเป็นตัวควบคุมอุณหภูมิของถ่านที่ป้อนเข้าเครื่อง เป็นแบบ On-Off controller (รูปที่ 3.5)

6. เครื่องวัดความเร็วของอากาศ เป็น Orifice ต่อกับ Manometer ใช้ในการวัดปริมาณอากาศที่ป้อนเข้าทำการ Calibrate กับ Flow meter มาตรฐาน

7. ท่อถ่านล้น (Overflow) และถังรองรับ ท่อถ่านล้นใช้เป็นเครื่องมือในการปรับความสูงเบด ส่วนถังรองรับเป็นภาชนะคอยรองรับถ่านที่ล้นมาจากการ Overflow (รูปที่ 3.8)

8. เครื่องวิเคราะห์ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO & CO_2 Gas Analyzer) เป็นเครื่องวิเคราะห์แบบ Infrared ของบริษัท RIKEN KEIKI FINE INSTRUMENT แบบ RI-550A จำนวน 2 เครื่อง แต่ละเครื่องวัดก๊าซได้เครื่องละชนิด ในการวัดใช้ท่อดูดตัวอย่าง (Sampling probe) ดูดตัวอย่างก๊าซจากท่อโดยปั๊มสูญญากาศภายในเครื่องวิเคราะห์ก๊าซ (Internal vacuum pump) ผ่าน Optical System และสามารถอ่านค่าได้จากมิเตอร์ด้านหน้าเครื่องได้ทันที ซึ่งหลักการของเครื่องวิเคราะห์นี้ก็คือ อาศัยหลักการที่โมเลกุลของก๊าซแต่ละชนิดประกอบด้วยอะตอมที่แตกต่างกัน มากกว่า 2 อะตอมขึ้นไป มี dipole moment เมื่อโมเลกุลนี้ถูกแสงอินฟราเรด จะถูกกระตุ้น และเกิดการสั่นที่ความยาวคลื่นสมมูลกับการสั่นสะเทือนจำเพาะ (Specific Vibration) และ rotation spectrum ของก๊าซชนิดนั้น ก๊าซทุกชนิดจะดูดกลืน (absorb) Electromagnetic radiation ในลักษณะที่เฉพาะตัว ลักษณะของสเปคตรานี้เองที่ใช้ในการ identify องค์ประกอบของก๊าซและความเข้มข้นของก๊าซชนิดนั้น ๆ (รูปที่ 3.9)

9. เครื่องวิเคราะห์ก๊าซออกซิเจน เป็นเครื่องมือวิเคราะห์ก๊าซได้ 2 ชนิดพร้อมกัน คือ ออกซิเจน (O_2) และไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) Model HX-7 ของบริษัท RIKEN KEIKI FINE INSTRUMENT ใช้หลักการ Electrochemical Method เซนเซอร์เป็นอิเลคโตรด 2 อัน มีการควบคุมศักยภาพของอิเลคโตรไลซิส การทำงานอยู่ภายใต้สภาวะ Diffusion Controlled หลักการคือ โมเลกุลของก๊าซจะแพร่ผ่านเมมเบรน และถูกดูดซึมบนอิเลคโตรด และจะถูกออกซิไดซ์หรือรีดิวซ์ ขึ้นอยู่กับเซนเซอร์ ณ ค่าศักยภาพของอิเลคโตรดที่เหมาะสม ปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมีที่เกิดขึ้นมีผลทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า พบว่าขึ้นอยู่กับการแพร่และแปรผันโดยตรงกับความเข้มข้นของก๊าซ หลังจากนั้นมีการขยายกำลังไฟฟ้าและแสดงผลออกมาให้อ่านได้โดยตรงเป็นร้อยละ และพีพีเอ็ม ของก๊าซออกซิเจนและไฮโดรเจนซัลไฟด์ ตามลำดับ (รูปที่ 3.10)

10. เครื่องบันทึกอุณหภูมิ เป็นเครื่องมือใช้บันทึกอุณหภูมิภายในเบด หรือจุดใดก็ได้ที่ต้องการบันทึก ซึ่งเครื่องที่ใช้อยู่นี้เป็นแบบ Flat-bed Recorder Series L 6522 ของบริษัท LINSEIS DATA ACQUISITION

11. เครื่องแยกฝุ่น 2 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40.6 ซม. สูง 94.5 ซม. เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการแยกผงถ่านที่ติดปนมาพร้อมกับโปรดิวเซอร์ก๊าซที่ยังหลงเหลือมาจากไซโคลนตัวที่ 1 เพื่อทำความสะอาดโปรดิวเซอร์ก๊าซอีกขั้นตอนหนึ่ง (รูปที่ 3.12)

12. เครื่องกรองอากาศ (Filter) เป็นถังรูปทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 21.6 ซม. สูง 61 ซม. ภายในเป็นท่อเจาะรู ท่อขนาด 2 นิ้ว หุ้มด้วยใยหินหนาประมาณ 1 นิ้ว ส่วนปลายท่อปิดด้วยแคป เป็นเครื่องมือในการทำความสะอาดโปรดิวเซอร์ก๊าซขั้นสุดท้าย เพื่อให้ได้โปรดิวเซอร์ก๊าซที่มีฝุ่นละอองน้อยที่สุด ก่อนเข้าเครื่องยนต์ (รูปที่ 3.12)

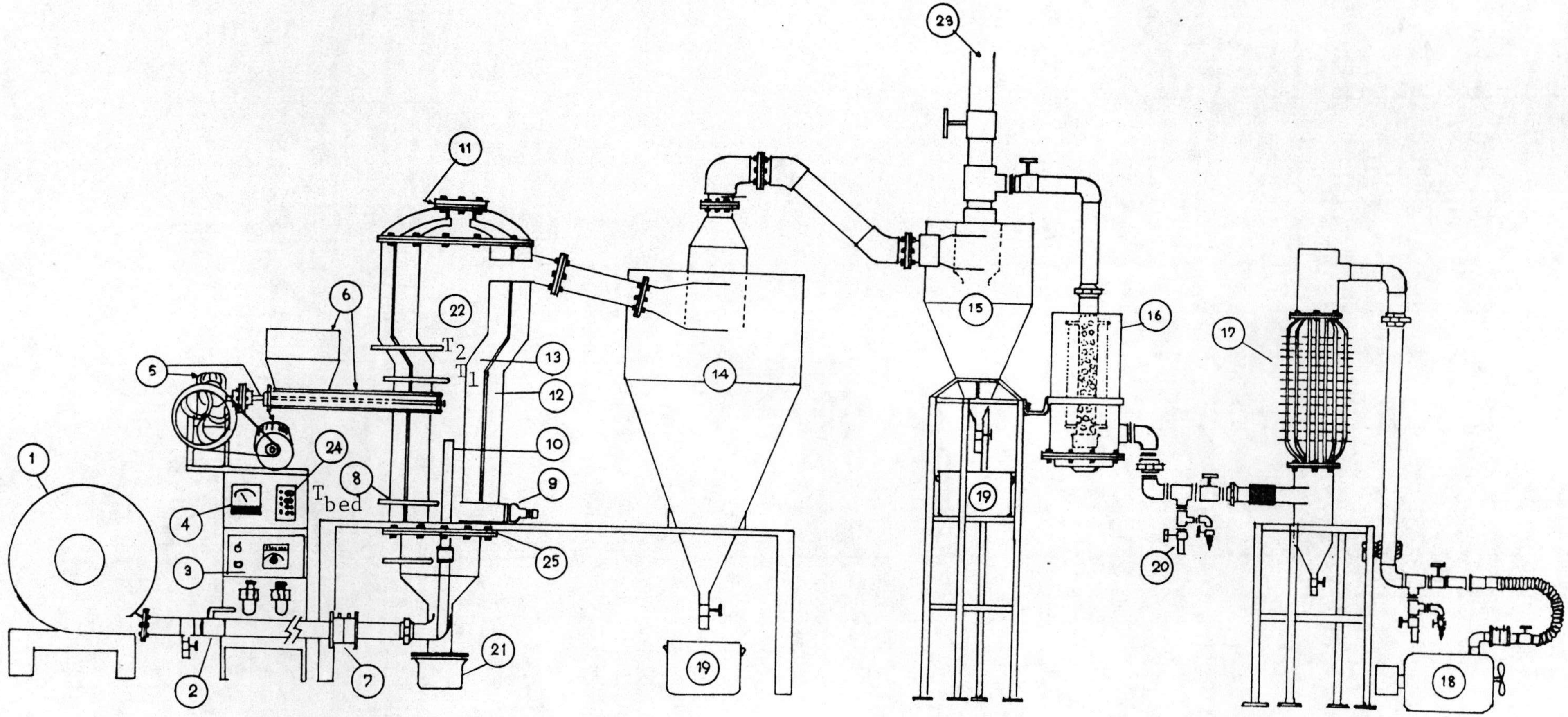
13. เครื่องระบายความร้อน (Cooler) เป็นท่อพักทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว ตรงกลางเป็นท่อทองแดงเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.95 ซม. ติดด้วยครีบ (Fin) ทำด้วยอะลูมิเนียม มีทั้งหมด 22 ท่อ ช่วงบนเป็นท่อพักขนาดเดียวกัน ในการทดลองต้องการทำให้อุณหภูมิสุดท้ายของโปรดิวเซอร์ก๊าซก่อนเข้าเครื่องยนต์ประมาณใกล้เคียงกับอุณหภูมิห้องมากที่สุด (10) (พิจารณารูปที่ 3.13)

14. เครื่องยนต์ ที่ใช้เป็นเครื่องยนต์ก๊าซโซลีน NISSAN OHC ขนาด 1600 CC, 96 แรงม้า 4 สูบ (รูปที่ 3.14) รายละเอียดอยู่ในภาคผนวก ค.

<u>วิธีเตรียมวัตถุดิบ</u>

1. นำถ่านมาร่อนผ่านตะแกรงรูกลมให้ได้ขนาด 2-4 มม. และ 4-6 มม. แล้วแยกเก็บแต่ละขนาดในถุงพลาสติก (หรือถุงปุ๋ย) สำหรับการทดลองต่อไป

2. การเตรียมตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์ นำตัวอย่างถ่านจากข้อ 1 มาบดละเอียดด้วย Ball Mill จนได้ตัวอย่างสุดท้ายหนักประมาณ 50 กรัม นำมาผ่านตะแกรงมาตรฐานขนาด 250 ไมโครเมตร ผึ่งตัวอย่างไว้ 24 ชม. แล้วนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติต่าง ๆ ต่อไป



รูปที่ 3.1 แสดงเครื่องมือในการทำก๊าซซิฟิเคชันจากถ่านไม้

รายละเอียดจากรูปที่ 3.1

1. BLOWER
2. BALL VALVE
3. TEMPERATURE CONTROLLER
4. TEMPERATURE INDICATOR
5. MOTOR AND GEAR BOX
6. HOPPER AND SCREW FEEDER
7. ORIFICE
8. THERMOCOUPLE
9. LPG BURNER
10. OVERFLOW PIPE
11. FIRED GLASS
12. INSULATOR (FURNACE BATT.)
13. CASTABLE CONCRETE
14. DUST-SEPARATOR I
15. DUST-SEPARATOR II
16. FILTER
17. COOLER
18. GASOLINE ENGINE&GENERATOR
19. FLY CHARCOAL TANK
20. GAS SAMPLING POINT
21. OVERFLOW TANK
22. GASIFIER
23. FLUE GAS PIPE
24. SELECTOR SWITCH
25. DISTRIBUTOR

<u>การหาความเร็วต่ำสุดของการเกิดฟลูอิไดเซชันของถ่านไม้</u> (Minimum fluidizing Velocity) : V_{mf}

อุปกรณ์ในการทดลองประกอบด้วยคอลัมน์ทำจาก Plexiglass ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 10.7 ซม. ของภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ เครื่องเป่าอากาศที่มีวาล์วและ Flow Cell สามารถเปลี่ยนอัตราการไหลและทราบค่าอัตราการป้อนของอากาศที่เข้าคอลัมน์ได้ โดยใช้มานอมิเตอร์วัดความดันลดของเบด ขณะที่เปลี่ยนปริมาตรการไหลของอากาศต่าง ๆ

ทำการทดลองโดยใส่ถ่านไป แล้วทำการควบคุมอากาศให้ไหลเข้าในอัตราต่าง ๆ พร้อมทั้งอ่านค่าความดันลดของเบด แล้วนำข้อมูลมาเขียนกราฟในสเกลล๊อค-ล๊อค แกนเอ็กซ์เป็นความดันลด แกนวายเป็นอัตราการไหลของอากาศ

<u>การหา Calibration Curve ของอากาศที่เข้าไปในเตาผลิตก๊าซเชื้อเพลิง</u>

เนื่องจากไม่สามารถวัดความเร็วของอากาศที่เข้าเตาผลิตก๊าซเชื้อเพลิงได้โดยตรง จึงต้องมีการหาความสัมพันธ์ของความเร็วลมกับความแตกต่างของระดับน้ำในมานอมิเตอร์ (เนื่องจากอัตราการไหลไม่สูงมาก จึงใช้น้ำเป็นของเหลวที่ใส่ในมานอมิเตอร์) ก่อนทำการทดลองผลิตก๊าซจริง

อัตราการป้อนอากาศ หาได้โดยใช้แอนนีโมมิเตอร์(Anemometer) วัดในขณะท่อลมเปิด ทำการเพิ่มความเร็วลมขึ้น แล้วบันทึกความเร็วของอากาศกับความต่างระดับของมานอมิเตอร์

นำข้อมูลมาเขียนกราฟ ระหว่างความต่างระดับของมานอมิเตอร์กับอัตราการไหลของอากาศ (โดยอาศัยค่าความเร็วของอากาศคำนวณ)

<u>การหาอัตราการป้อนถ่านไม้</u>

ทำได้โดยการถอดส่วนล่างของเตาผลิตก๊าซเชื้อเพลิงออก แล้วเปิด Screw Feeder ที่ได้ปรับมู่เล่เรียบร้อยแล้ว จากนั้นก็หาน้ำหนักของถ่านไม้ที่ตกลงมาในช่วงเวลาประมาณหนึ่งชั่วโมง แล้วเปลี่ยนพูลเลย์ (Pulley) หาน้ำหนักถ่านที่ได้เช่นเดียวกัน แล้วนำค่าทั้งหมดมาหาค่าเฉลี่ยเป็นกรัมต่อนาทีของแต่ละอัตราการป้อนถ่านไม้

การทดลอง

1. ตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง

1.1 อัตราการไหลของอากาศ (Air Flow Rate) ทำการเปลี่ยนค่าโดยการปรับวาล์ว โดยอ่านค่าจากมานอมิเตอร์

1.2 ความสูงเบด (Bed Height) เปลี่ยนค่าโดยการเปลี่ยนความยาวของท่อถ่านล้น โดยที่ความสูงเบดจะวัดจากแผ่นกระจายอากาศ (Distributor) ที่ปลายท่อ เท่ากับ 50, 60 และ 70 ซม.

1.3 อัตราการป้อนถ่านไม้ (Feed Rate of Wood Charcoal) แปรค่าโดยปรับแต่งขนาดของพูลเลย์ให้เหมาะสมสำหรับถ่านไม้ขนาด 2-4 มม. ได้ค่าดังนี้ 130, 162, 280 กรัม/นาที ถ่านไม้ขนาด 4-6 มม. ได้ค่าดังนี้ 88, 99, 132, 157 และ 195 กรัม/นาที

1.4 ขนาดของถ่านไม้ (Size of Wood Charcoal Particle) มี 2 ขนาด คือ 2-4 มม. และ 4-6 มม.

1.5 อุณหภูมิของเบด (Bed Temperature) ควบคุมโดย Temperature Controller

หมายเหตุ การเปลี่ยนค่าอัตราการไหลของอากาศและอุณหภูมิกระทำได้อย่างต่อเนื่อง สำหรับการแปรค่าความสูงเบด อัตราการป้อนถ่านไม้และขนาดของถ่านไม้ไม่สามารถกระทำได้อย่างต่อเนื่อง สำหรับข้อมูลที่ต้องบันทึกขณะระบบอยู่ที่สภาวะสม่ำเสมอ เพื่อใช้ในการทำสมดุลมวลสาร และสมดุลพลังงาน คือ

1. อัตราการไหลของถ่านทางท่อถ่านล้น (Overflow)

2. อัตราการไหลของฝุ่นถ่าน (Fly Charcoal) ที่เก็บจากไซโคลน

3. อุณหภูมิของเบด, เหนือเบด, ก๊าซผลิตภัณฑ์

4. องค์ประกอบของก๊าซผลิตภัณฑ์ที่ได้คือ คาร์บอนมอนอกไซด์, คาร์บอนไดออกไซด์ และออกซิเจน

2. ขั้นตอนการทำการทดลอง

2.1 บันทึกภาวะเริ่มต้นคือ อัตราการป้อนถ่านไม้ ความสูงเบด อุณหภูมิกระเปาะแห้ง กระเปาะเปียก

2.2 อุ่นเครื่องด้วยก๊าซหุงต้ม เหนือบริเวณแผ่นกระจายอากาศ จนได้อุณหภูมิประมาณ 500-600 °ซ. (ถ้าหากอุณหภูมิสูงจะสามารถเข้าสู่สภาวะสม่ำเสมอได้เร็ว)

2.3 ป้อนถ่านไม้เข้า ป้อนอากาศให้เกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ก่อน เพื่อให้ได้อุณหภูมิสูงก่อน (ประมาณ 900-1000 °ซ.) แล้วจึงลดปริมาณอากาศที่ป้อนลงตามค่าที่ต้องการ บันทึกค่าความต่างระดับของน้ำในมานอมิเตอร์

2.4 รอจนอุณหภูมิของเบดและจุดอื่น ๆ คงที่ ซึ่งเป็นสภาวะสม่ำเสมอ (Steady State) ของระบบ โดยดูจากกราฟของ Recorder ประกอบด้วย จากนั้นจึงทำการเก็บข้อมูล

- องค์ประกอบของก๊าซ โดยใช้ปั๊มดูดก๊าซผ่านตัวกรองและตัวดูดความชื้น (Silica gel) มาเก็บในเครื่องเก็บก๊าซ แล้วนำไปวัดร้อยละของคาร์บอนมอนอกไซด์ คาร์บอน-ไดออกไซด์ และออกซิเจน

- อัตราการไหลของฝุ่นถ่าน โดยเคาะฝุ่นถ่านที่ค้างอยู่ในไซโคลนจนแน่ใจว่าเป็นฝุ่นถ่านที่ตกลงมาในสภาวะสม่ำเสมอ จับเวลา 10 นาที

- อัตราการไหลของถ่านล้น โดยการถอดถังรองรับถ่านล้นออก เททิ้งแล้วประกอบเข้าใหม่ จับเวลา 10 นาที

2.5 เปลี่ยนอัตราการไหลของอากาศ แล้วทำตามขั้นตอนที่ 2.4 จนได้ข้อมูลครบ 4 ค่า ของอัตราการไหลของอากาศ จากนั้นหยุดการป้อนถ่านไม้ เปิดเครื่องเป่าอากาศทิ้งไว้สักครู่ จึงปิดเครื่อง รอให้เย็น

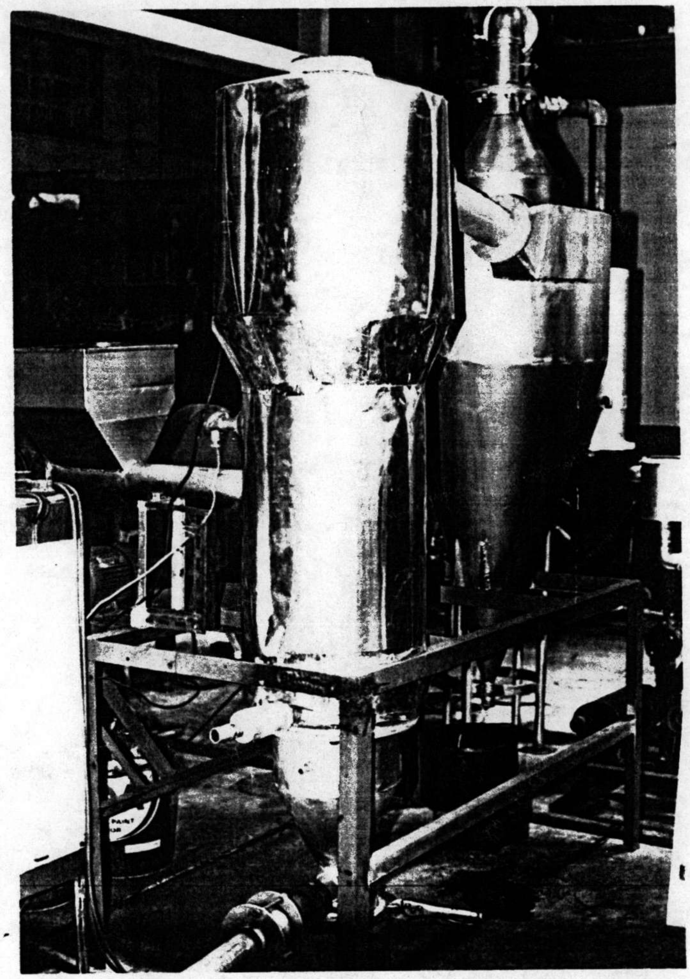
2.6 ถอดเครื่องช่วงล่างออก เพื่อเปลี่ยนความสูงเบด แล้วประกอบเข้าใหม่

2.7 เริ่มทำการทดลองใหม่ตั้งแต่ขั้นตอนที่ 2.1 ถึง 2.6 จนครบ 3 ค่าของความสูงเบด

2.8 เปลี่ยนอัตราการป้อนถ่านไม้ (โดยปรับพูลเลย์ เริ่มทำการทดลองตามข้อ 2.1 ถึง 2.7

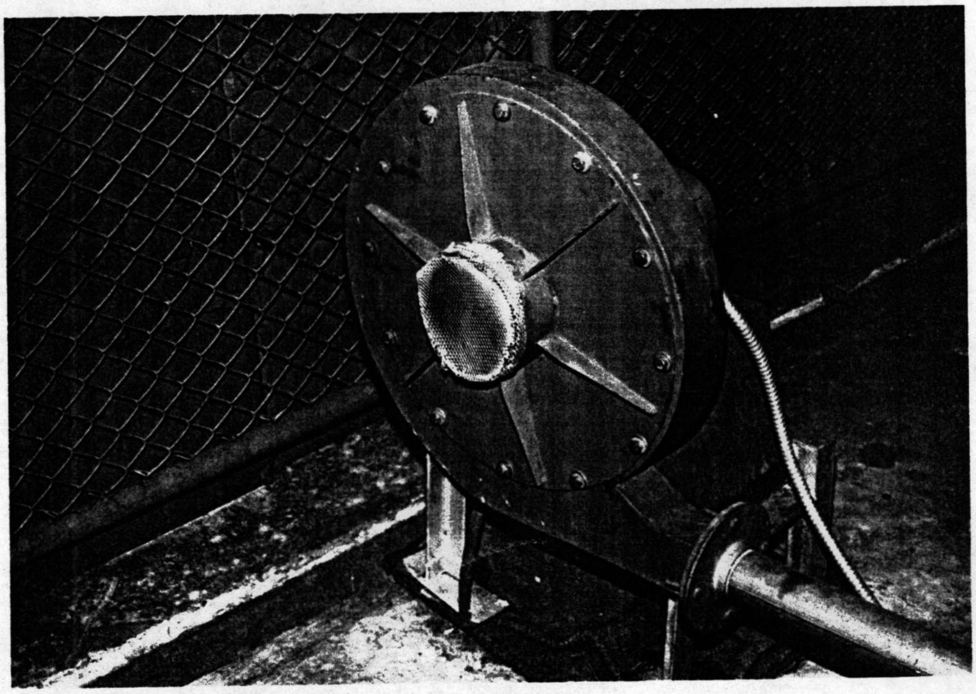
2.9 นำตัวอย่างของฝุ่นถ่านและถ่านล้นไปวิเคราะห์หาร้อยละของเถ้าและค่าความร้อน

2.10 เปลี่ยนขนาดถ่านไม้ใหม่ เริ่มทำการทดลองตามข้อ 2.1 ถึง 2.9

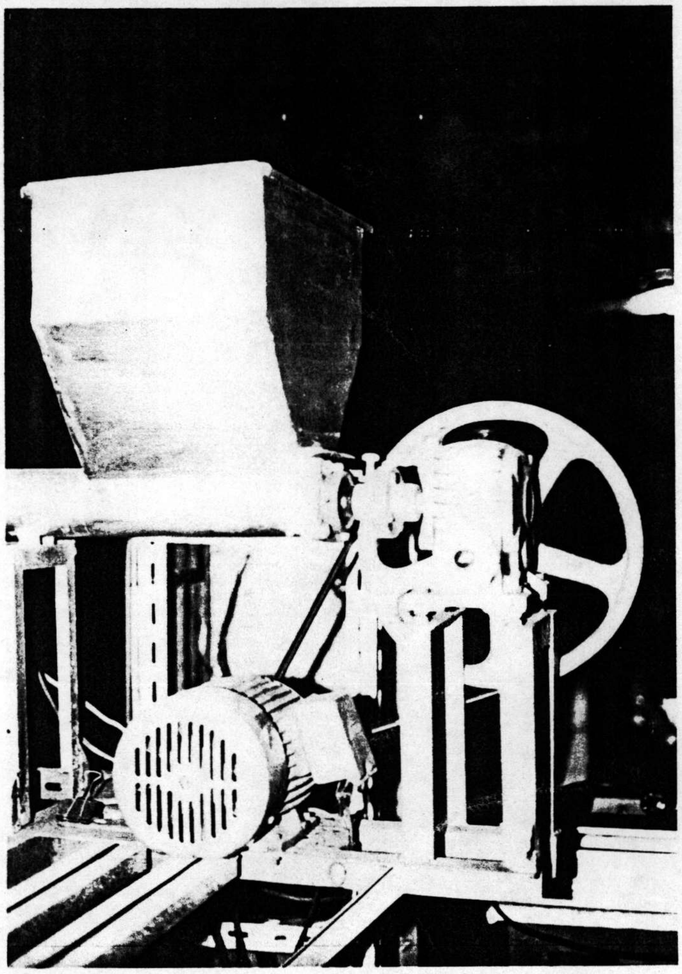


รูปที่ 3.2 แสดงเตาผลิตก๊าซเชื้อเพลิง

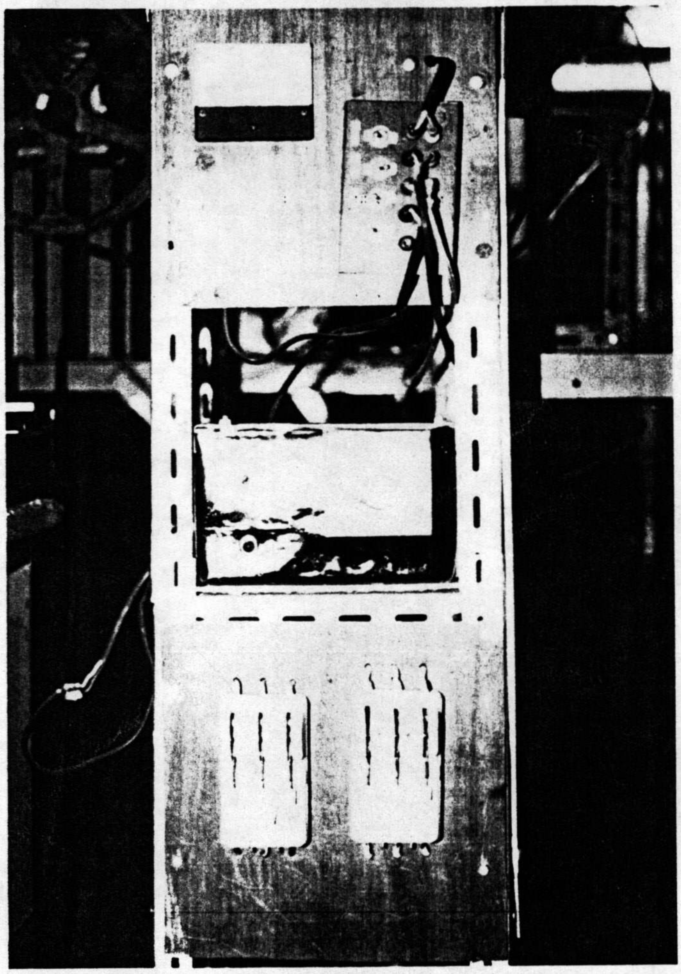
หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



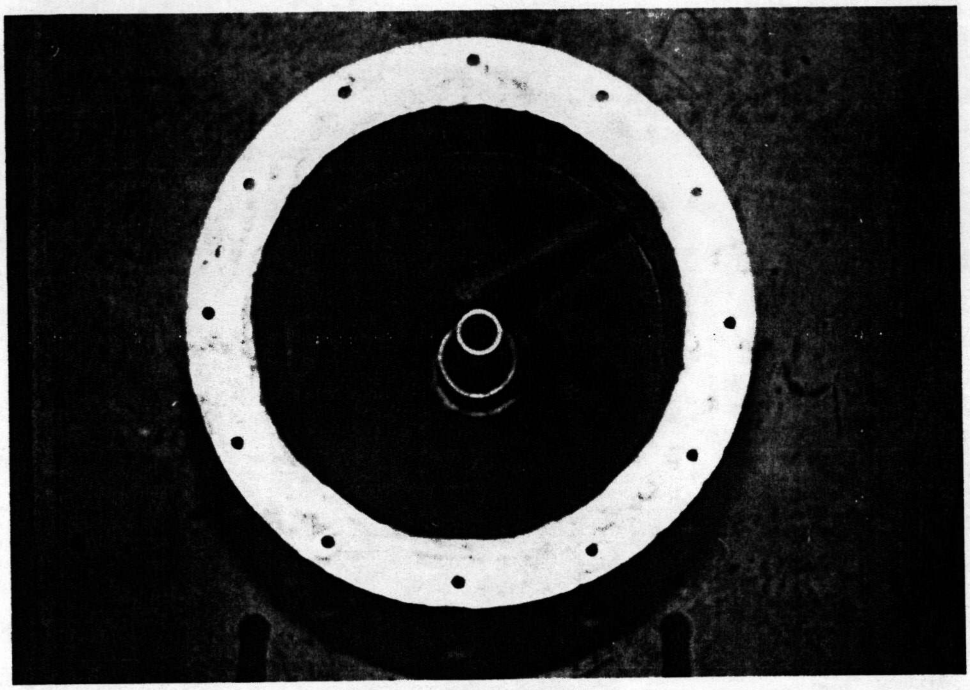
รูปที่ 3.3 แสดงเครื่องเป่าอากาศ (Blower)



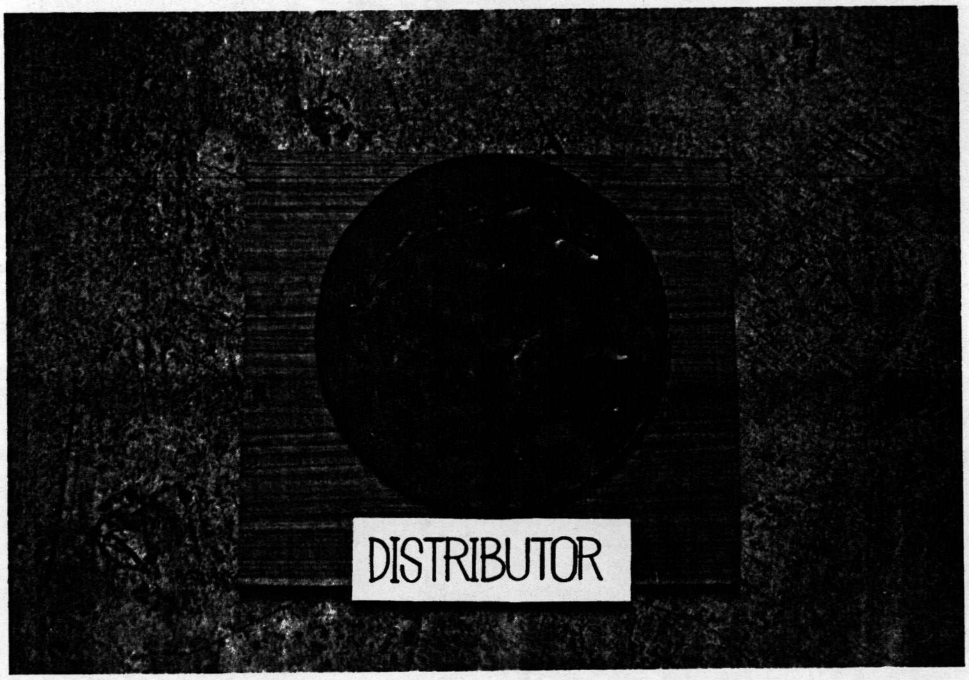
รูปที่ 3.4 แสดงเครื่องป้อนถ่านแบบเกลียวผลักดัน (Screw Feeder) และ Hopper



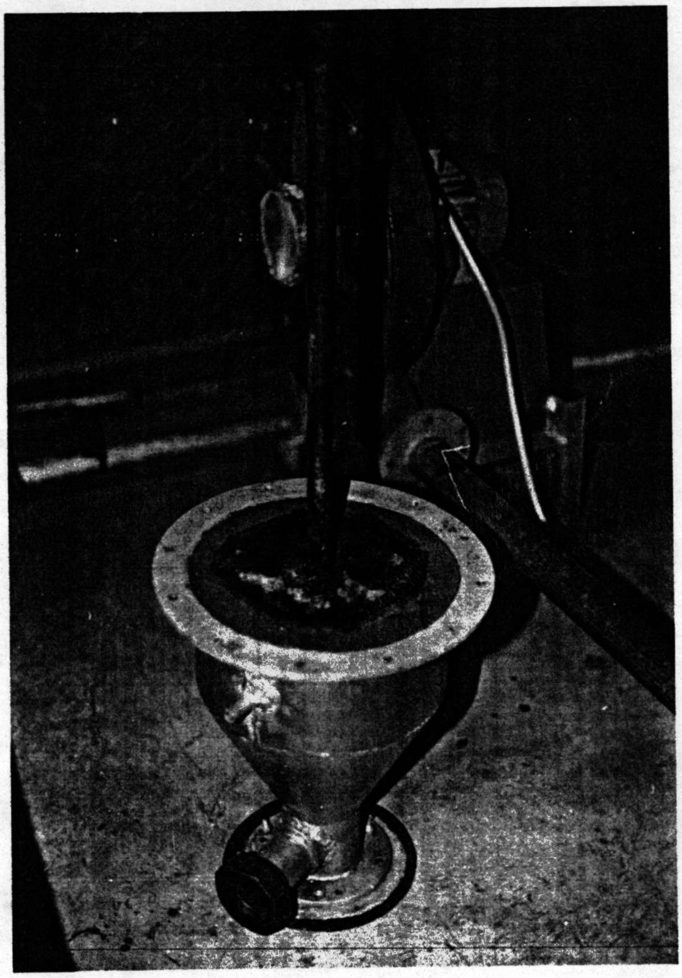
รูปที่ 3.5 แผงควบคุม (Control Panel) ประกอบด้วยชุดวัดอุณหภูมิ สวิทซ์ไฟฟ้า, เครื่องควบคุมอุณหภูมิ



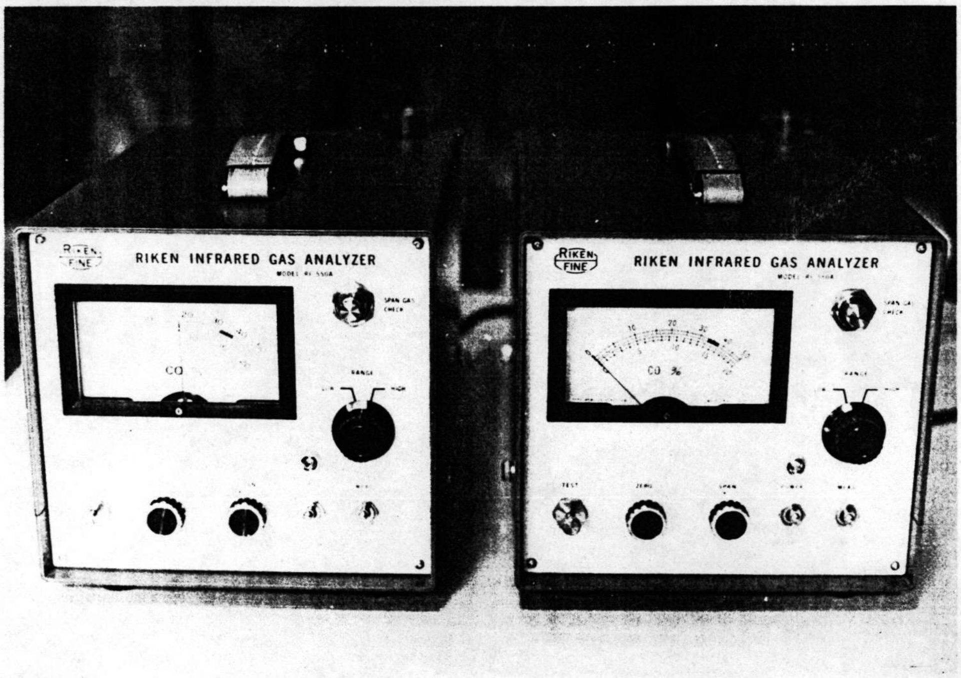
รูปที่ 3.6 แสดงท่อต่อสำหรับท่อถ่านล้น (ช่วงล่างของเตาผลิตก๊าซเชื้อเพลิง)



รูปที่ 3.7 ลักษณะของแผ่นกระจายอากาศ (Distributor)

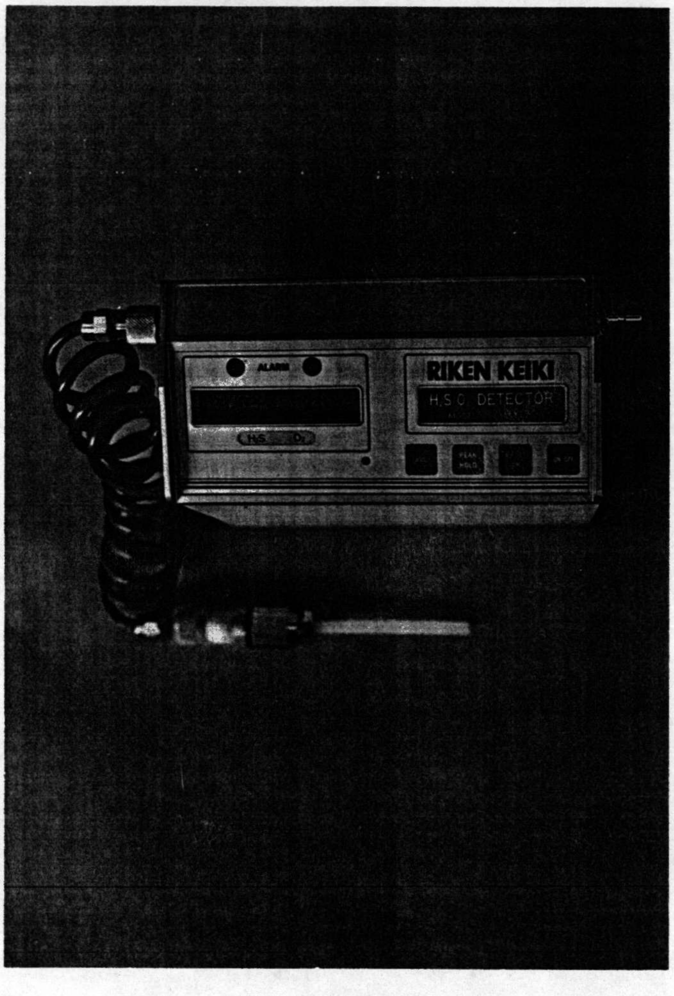


รูปที่ 3.8 ท่อถ่านล้นที่ต่อเสร็จเรียบร้อยและถังรองรับถ่านล้น

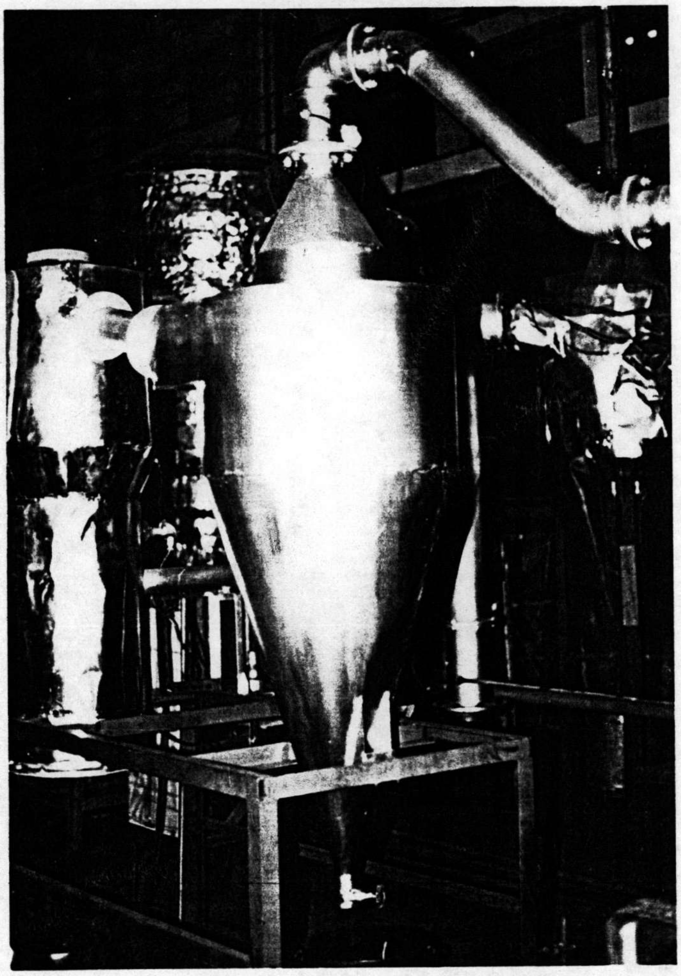


รูปที่ 3.9 เครื่องวิเคราะห์ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และคาร์บอนไดออกไซด์

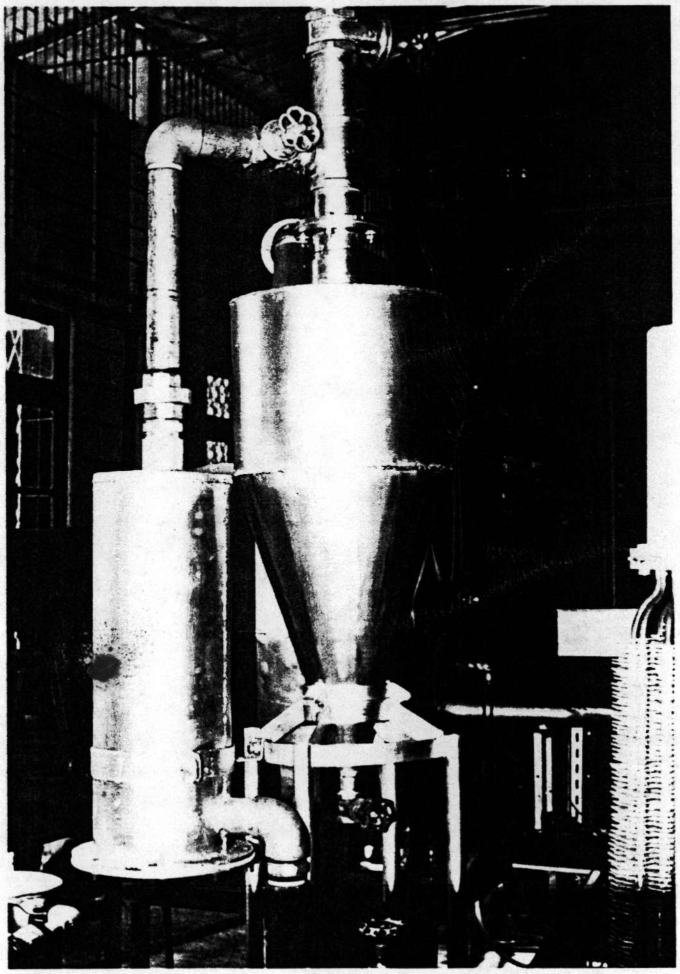
หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



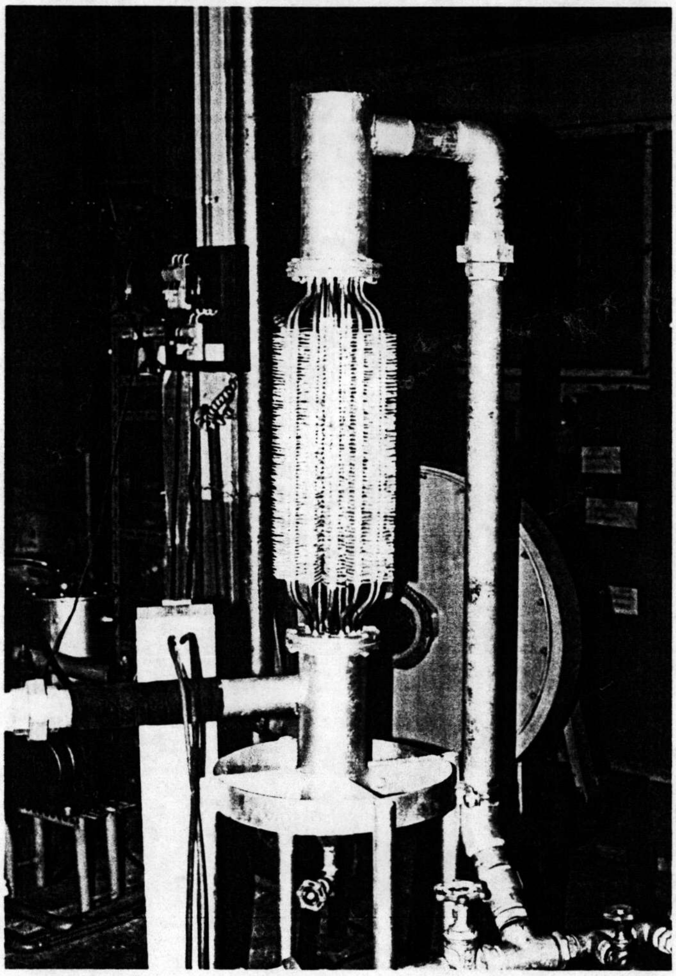
รูปที่ 3.10 เครื่องวิเคราะห์ก๊าซออกซิเจน



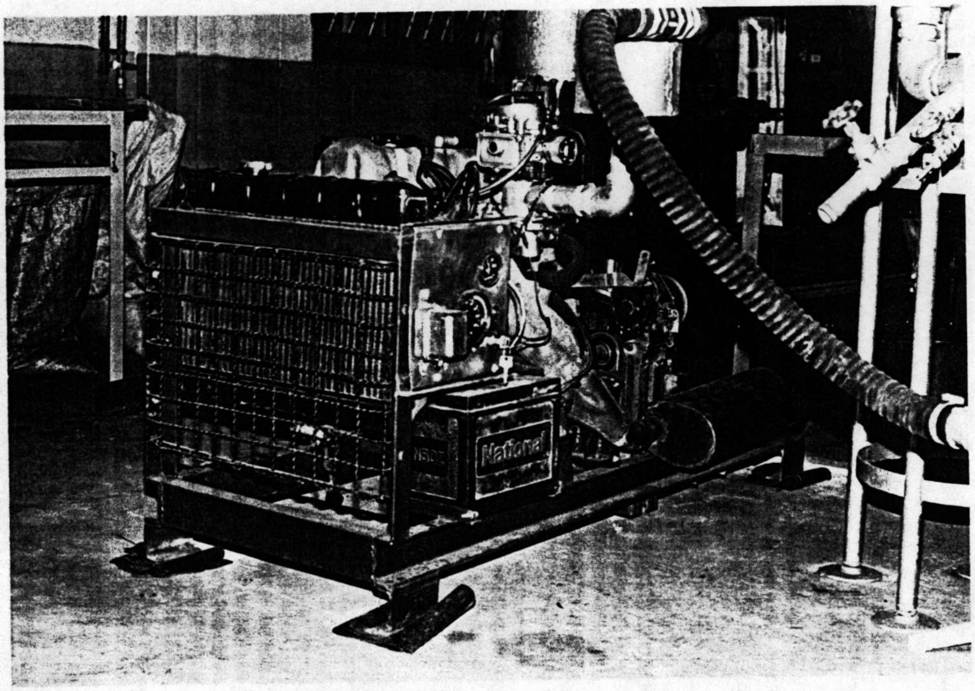
รูปที่ 3.11 เครื่องแยกฝุ่น 1 (Dust Separator I)



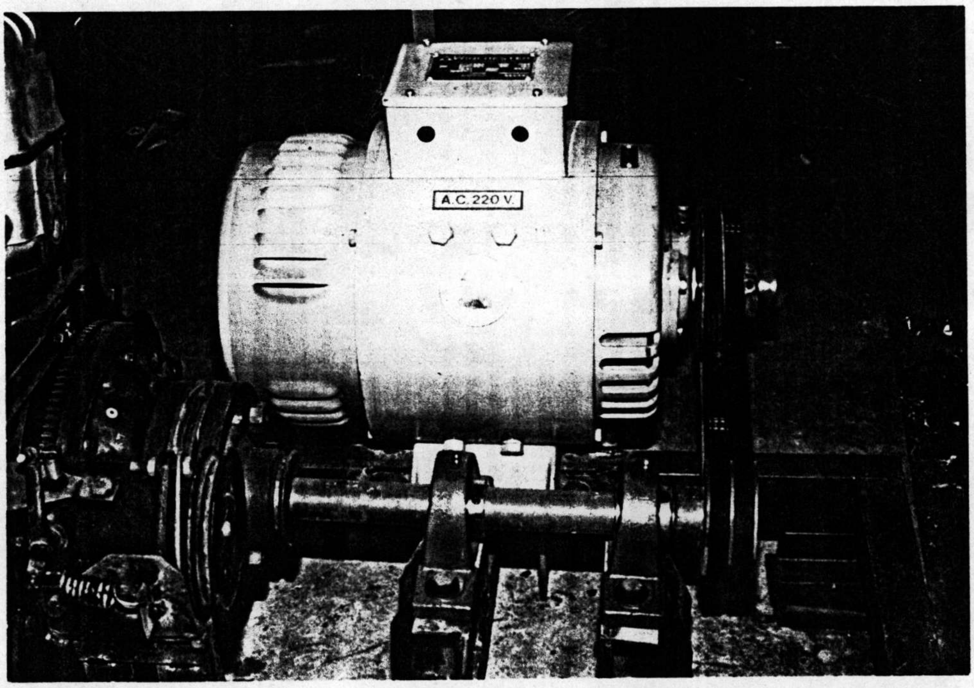
รูปที่ 3.12 เครื่องแยกฝุ่น 2 และเครื่องกรองก๊าซเชื้อเพลิง (Filter)



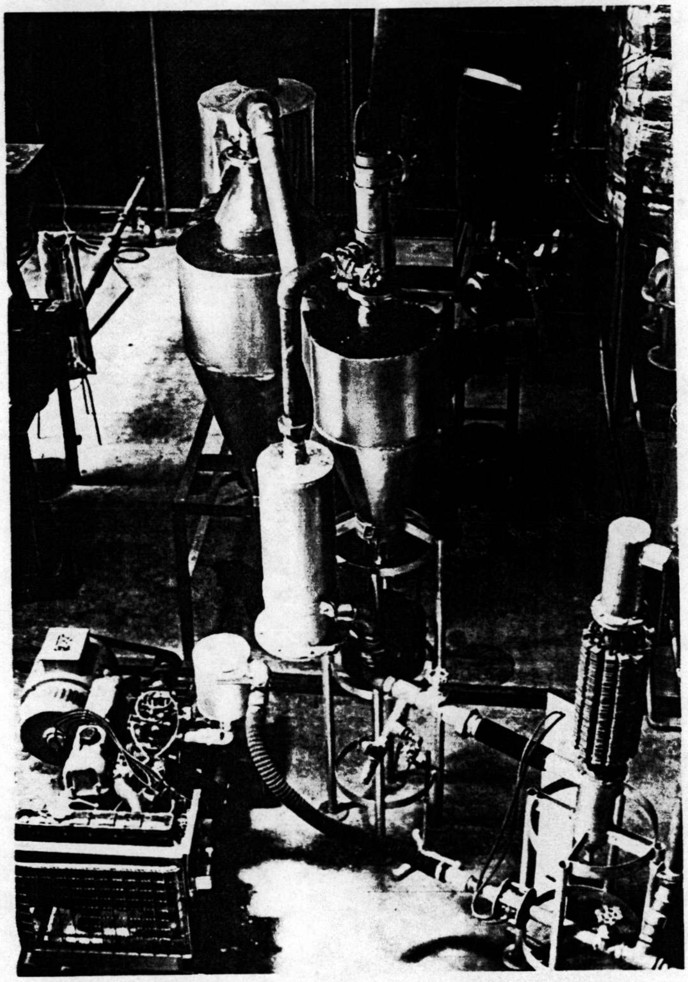
รูปที่ 3.13 เครื่องระบายความร้อน (Cooler)



รูปที่ 3.14 เครื่องยนต์ NISSAN OHC ขนาด 1600 ลบ.ซม.



รูปที่ 3.15 เยนเนอเรเตอร์ขนาด 5 กิโลวัตต์



รูปที่ 3.16 รูปรวมทั้งหมดของระบบ