บทที่ 5
เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ ระบบที่ใช้ในการทดลอง และเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ผล

5.1 ระบบที่ใช้ในการทดลอง

ระบบที่ใช้ในการทดลอง จะประกอบด้วยส่วนต่างๆ ที่สำคัญ ได้แก่ เตาเผามูลฝอยชนิดสองห้องเผาไหม้ (Two-chambers Incinerator), ระบบเครื่องเก็บอนุภาคชนิดเวนทูรี (Venturi Scrubber), ระบบวัดอุณหภูมิ, ระบบวัดอัตราการไหลของแก๊สร้อนและน้ำ, ระบบท่อน้ำและการส่งจ่ายน้ำ, ระบบควบคุมความดันและอัตราการไหลของน้ำเข้าระบบ, พัดลมเป่าอากาศ และระบบกรองอากาศ

5.1.1 เตาเผามูลฝอยชนิดสองห้องเผาไหม้

ในงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการดักเก็บอนุภาคต่างๆ ในแก๊สเสีย ที่เกิดจากการเผาไหม้มูลฝอยในเตาเผามูลฝอยชนิดสองห้องเผาไหม้ (Two-chambers Incinerator) ด้วยเครื่องเก็บอนุภาคชนิดเวนทูรี (Venturi Scrubber) โดยส่วนประกอบที่สำคัญของเตาเผามูลฝอยประเภทนี้ มีดังต่อไปนี้

1. ห้องเผาไหม้ที่หนึ่ง (first-combustion chamber) มีขนาดภายใน กว้าง 0.8 m ยาว 0.8 m และสูง 2.11 m จากพื้นของเตาเผา ผนังห้องเผาไหม้ที่หนึ่งสร้างเป็นผนังหลายชั้น ประกอบด้วย อิฐทนไฟ อากาศ และอิฐมอญ ตามลำดับ ผนังด้านบนของเตาเผามูลฝอยสร้างเป็นผนังหลายชั้นโดยเรียงตามลำดับ ดังนี้ คอนกรีต อากาศ คอนกรีต และปิดด้วยแผ่นเหล็กหนา 6 mm พื้นของเตาเผาสร้างด้วยอิฐทนไฟและเหล็กแผ่นหนา 6 mm วางบนคานเหล็กรูปตัว U ดังแสดงในภาคผนวก ฌ

2. Flame port คือช่องที่เจาะจากผนังห้องเผาไหม้ที่หนึ่งเพื่อให้แก๊สร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ไหลผ่านไปยังห้องผสมควัน โดยเจาะด้านบนของผนังด้านข้างของห้องเผาไหม้ที่หนึ่งให้มีขนาดความกว้าง 0.3 m สูง 0.2 m ดังแสดงในภาคผนวก ฌ

3. ห้องผสมควันหรือห้องตกตะกอนอนุภาค (mixing or settling chamber) มีขนาดความกว้าง 0.17 m ยาว 0.80 m และสูง 2.11 m จากพื้นเตา ห้องผสมควันนี้จะอยู่ระหว่างห้องเผาไหม้ที่หนึ่งและห้องเผาไหม้ที่สอง ดังแสดงในภาคผนวก ฌ

4. Curtain wall คือ ผนังกั้นระหว่างห้องผสมควันกับห้องเผาไหม้ที่สอง มีความกว้าง 0.8 m ยาว 2.11 m โดยด้านล่างของผนังเจาะเป็นช่อง (port) สำหรับให้แก๊สที่เกิดจากการเผาไหม้ไหลผ่าน มีขนาดของช่อง port กว้าง 0.3 m สูง 0.4 m สร้างจากอิฐทนไฟหนาประมาณ 0.1 m ดังแสดงในภาคผนวก ฌ

5. ห้องเผาไหม้ที่สอง (secondary-combustion chamber) มีขนาดภายในกว้าง 0.5 m ยาว 0.8 m และสูง 2.11 m จากพื้นเตา สำหรับผนังด้านข้าง ผนังด้านบน และพื้นด้านล่าง ทำด้วยวัสดุชนิดเดียวกันกับห้องเผาไหม้ที่หนึ่ง ดังแสดงในภาคผนวก ฌ

6. ประตูป้อนมูลฝอย (charging door) สร้างจากเหล็กแผ่นหนา 4.5 mm มีความกว้าง 0.4 m และยาว 0.3 m โดยเป็นช่องอยู่ทางด้านหน้าของห้องเผาไหม้ที่หนึ่ง

7. ประตูโกยขี้เถ้า (clean-out door) สร้างจากเหล็กแผ่นหนา 4.5 mm มีขนาดความกว้าง 0.25 m ยาว 0.4 m ติดตั้งอยู่บริเวณห้องเผาไหม้ที่หนึ่งและสอง ใช้สำหรับนำขี้เถ้าออกจากห้องเผาไหม้ทั้งสอง

8. ตะแกรงเตาเผา (grate) ออกแบบสร้างเป็นตะแกรง 2 ชั้น แต่ละชั้นมีขนาดกว้าง 39 cm ยาว 78 cm สร้างจากเหล็กเพลาดำที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 cm และติดตั้งสูงจากพื้นของเตาเผา เป็นระยะ 0.5 m

9. ปล่องไอเสีย (stack) สร้างจากเหล็กแผ่นหนา 3 mm แล้วนำมาม้วนให้เป็นวงกลมมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 25.4 cm สูง 3.1 m วัดจากหลังคาของเตาเผามูลฝอย ที่ผนังด้านนอกของปล่องควันนี้จะหุ้มด้วยฉนวนใยแก้วกันความร้อน หนา 5 cm ตลอดทั้งความยาวท่อ

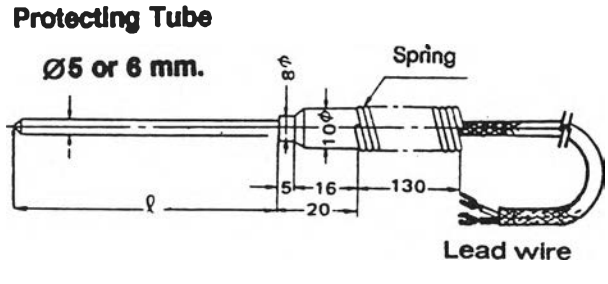
สำหรับรายละเอียดต่างๆ ในการคำนวณและออกแบบเตาเผามูลฝอยนี้ ได้แสดงไว้ในภาคผนวก ฌ

5.1.2 <u>เครื่องเก็บอนุภาคชนิดเวนทูรี</u>

ระบบเครื่องเก็บอนุภาคชนิดเวนทูรี เป็นอุปกรณ์หลักในงานวิจัยนี้สำหรับใช้ลดปริมาณอนุภาคในแก๊สเสียจากการเผาไหม้ ซึ่งต่อเข้ากับปล่องที่แก๊สเสียออกจากเตาเผามูลฝอยชนิดสองห้องเผาไหม้ โดยมีรายละเอียดและขนาดต่างๆ ดังที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 2

5.1.3 <u>ระบบวัดอุณหภูมิ</u>

เครื่องมือที่ใช้สำหรับวัดอุณหภูมิของแก๊สร้อนที่ตำแหน่งต่างๆ ในงานวิจัยนี้ คือ เทอร์โมคัปเปิล ชนิด K ซึ่งเป็นส่วนผสมระหว่าง NiCr (Chromel) และ NiAl (Alumel) สามารถวัดอุณหภูมิได้ในช่วง 0-1,200 °C รุ่น JB-10, RB-10 ดังแสดงในรูปที่ 5.1 ต่อเข้ากับเครื่องอ่านอุณหภูมิชนิดตัวเลข (digital selectors) สำหรับตำแหน่งต่างๆ ที่ติดตั้งเทอร์โมคัปเปิลในการวัดอุณหภูมิของแก๊สร้อน จะได้กล่าวในหัวข้อที่ 6.2.2



JB-10, RB-10

Element ø	SPECIFICATIONS 0.65 mm. CA (K), IC (J), (JB-10) PT-100 (RB-10)
Protecting Tube ø	stainless ø 5 or 6 mm
Protecting Tube ℓ	65, 100, 200, 300, 400, 500 mm
Lead wire - Length	1 m, 2 m, 3 m, 4 m, 5 m, Fiberglass insulation lead wire

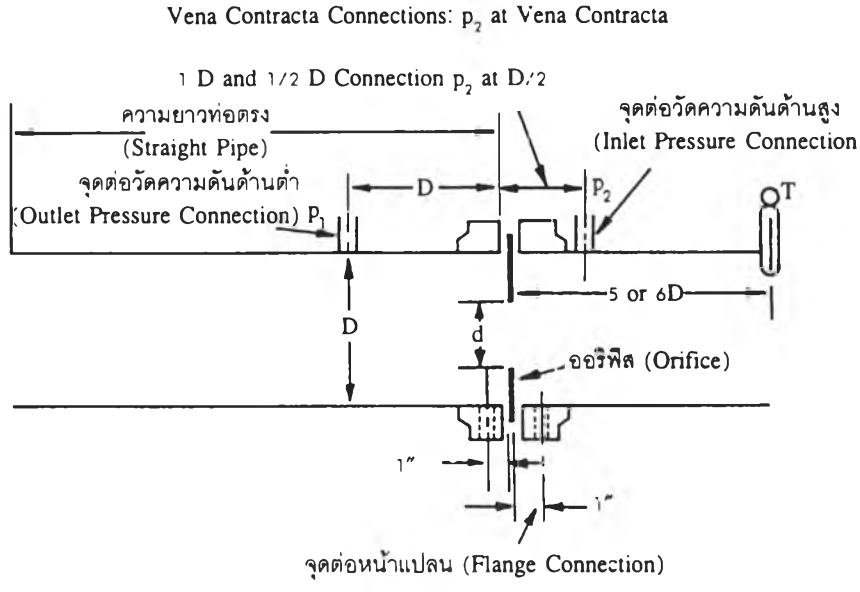
รูปที่ 5.1 แสดงลักษณะของเทอร์โมคัปเปิล ชนิด K (Chromel-Alumel)

5.1.4 <u>ระบบวัดอัตราการไหล</u>

ระบบเครื่องเก็บอนุภาคที่ศึกษาในงานวิจัยนี้ ประกอบด้วยส่วนประกอบหลักๆ 2 ส่วน คือ ส่วนทางเดินของกระแสแก๊สและทางเดินน้ำ โดยอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับวัดค่าอัตราการไหลของแต่ละส่วน จะมีลักษณะดังต่อไปนี้

5.1.4.1 ระบบวัดอัตราการไหลของแก๊ส

ในระบบวัดอัตราการไหลของแก๊สร้อน จะใช้เครื่องมือวัดอัตราการไหลแบบออริฟิซ (orifice plate) ชนิด D, D/2 tapping ตามมาตรฐาน ASME ดังแสดงในรูปที่ 5.2



รูปที่ 5.2 แสดงจุดต่อต่างๆ ของระบบวัดอัตราการไหลแบบออริฟิซ

จากรูปที่ 5.2 ความดันลด (pressure drop) ที่ผ่านแผ่นออริฟิซนี้ จะสามารถอ่านได้จากมานอมิเตอร์รูปตัว U ในรูปความสูงแตกต่างของระดับน้ำที่บรรจุอยู่ในมานอมิเตอร์ เพื่อนำไปคำนวณหาค่าอัตราการไหลของแก๊ส ในหน่วย มวลต่อเวลา ได้ ดังวิธีการที่แสดงไว้ใน ภาคผนวก ข แสดงการหาอัตราการไหลของแก๊สที่ไหลผ่านแผ่นออริฟิซ

สำหรับขนาดต่างๆ ของแผ่นออริฟิซที่ใช้ในงานวิจัยนี้ คือ

1) แผ่นออริฟิซ สำหรับวัดปริมาณอากาศที่จ่ายเข้าเตาเผามูลฝอย มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแผ่นออริฟิซ เท่ากับ 7.62 cm

2) แผ่นออริฟิซ สำหรับวัดปริมาณแก๊สเสียหลังแยกไหล (bypass) แก๊สเสียที่ออกจากปล่องบางส่วนทิ้งไป มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแผ่นออริฟิซ เท่ากับ 10.16 cm

3) แผ่นออริฟิซ สำหรับวัดปริมาณแก๊สเสียที่ไหลเข้าท่อชักตัวอย่าง มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแผ่นออริฟิซ เท่ากับ 4 cm

4) แผ่นออริฟิซ สำหรับวัดปริมาณแก๊สที่ไหลออกจากระบบเครื่องเก็บอนุภาค มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแผ่นออริฟิซ เท่ากับ 10 cm

สำหรับตำแหน่งต่างๆ ที่จะติดตั้งแผ่นออริฟิซ จะได้กล่าวต่อไปในหัวข้อที่ 6.2.3

5.1.4.2 ระบบวัดอัตราการไหลของน้ำ

เนื่องจากอัตราการไหลของน้ำที่สเปรย์เข้าระบบในแต่ละเงื่อนไขการทดลอง มีค่าแตกต่างกันไม่มากนัก ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้อุปกรณ์วัดอัตราการไหลของน้ำแบบ โรตามิเตอร์ (rotameter or variable area flow meter) โดยปริมาณอัตราการไหลของน้ำนี้จะสามารถอ่านได้โดยตรงจากสเกลที่ระบุไว้ที่ท่อของมิเตอร์ (taper tube) ณ ตำแหน่งที่ลูกลอย (float) หยุดนิ่งในแต่ละค่าการไหลของน้ำ

โรตามิเตอร์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ จะมีข้อต่อเกลียวหัวและท้ายเป็นเกลียวตัวเมีย สวมเข้าโดยตรงกับท่อน้ำขนาด 1″ สามารถอ่านสเกลได้ตั้งแต่ 50-500 ลิตร/ชั่วโมง ความดันสูญเสีย (pressure loss) 46 มิลลิเมตร-น้ำ ความดันสูงสุดที่ทนได้ 20 บาร์ วัสดุที่ใช้ทำเป็นท่อของมิเตอร์และลูกลอย คือ Polysulphone และ Teflon รายละเอียดและขนาดของโรตามิเตอร์ที่ใช้สามารถดูได้จาก ภาคผนวก ฎ

5.1.5 <u>ระบบท่อน้ำและการส่งจ่ายน้ำ</u>

ระบบท่อน้ำที่ใช้ในระบบเครื่องเก็บอนุภาคทั้งหมด เป็นท่อเหล็กชุบ Galvanize ซึ่งมีขนาดตั้งแต่ 3/8″, 3/4″ และ 1″ ประกอบเข้ากับอุปกรณ์ต่างๆ ได้แก่ ข้อต่อข้องอต่างๆ (fittings), วาล์วกันกลับ (check valve), โรตามิเตอร์ (rotameter), วาล์วลดความดัน (pressure reducing valve), วาล์วรูเข็ม (needle valve), ท่ออ่อน (flexible joint) จนถึง หัวฉีดน้ำ (spray nozzles) ทั้งสองหัว โดยมีปั๊มน้ำแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (centrifugal pump) ชนิด 2 ใบพัด (2-impellors) รุ่น DB 44/100 สร้างความดันได้สูงสุด 40 เมตร-น้ำ ที่อัตราการไหล 10 ลิตร/นาที ขับด้วยมอเตอร์ขนาด 1 แรงม้า ที่ความเร็วรอบ 2,850 rpm ใช้ไฟ 3 เฟส เป็นตัวสร้างความดันและอัตราการไหลของน้ำก่อนเข้าหัว

ฉีด ให้ได้ตามต้องการในแต่ละเงื่อนไขการทดลอง รายละเอียดของปั๊มน้ำที่ใช้ในงานวิจัยสามารถดูได้จาก ภาคผนวก ฑ

5.1.6 หัวฉีดน้ำ

ระบบเครื่องเก็บอนุภาคที่ทำการวิจัยนี้ ได้ใช้หัวฉีดน้ำ (spray nozzles) จำนวน 2 หัว ติดตั้งอยู่ตามแนวความยาวของคอคอดที่กระแสแก๊สเสียไหลผ่าน เป็นตัวกลางในการสร้างหยดน้ำที่มีขนาดเล็กๆ (atomized droplet) จำนวนมาก ซึ่งการสร้างหยดน้ำที่มีขนาดเล็กๆ เหล่านี้ จะเป็นการเพิ่มพื้นที่ในการสัมผัสกันระหว่างอนุภาคเล็กๆ ที่มากับกระแสแก๊สและหยดของของเหลวได้มากขึ้น เป็นผลให้ประสิทธิภาพในการดักเก็บอนุภาคของเครื่องเก็บอนุภาคมีค่าสูงขึ้นตามไปด้วย

ลักษณะของหัวฉีดน้ำทั้งสองหัว ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ จะเป็นหัวฉีดน้ำชนิดกรวยของกลุ่มหยดน้ำทั้งหมดที่ฉีดออกมาจากหัวฉีดมีลักษณะเป็นกรวยตัน (full cone) ในแต่ละการทดลองจะใช้หัวฉีดน้ำที่มีขนาดรูของหัวฉีด (orifice) ที่แตกต่างกัน จำนวน 2 ขนาด ได้แก่ หัวฉีดน้ำรุ่น GG3 และ GG3.5 ซึ่งมีขนาดรูของหัวฉีดเท่ากับ 1.5 และ 1.6 mm ตามลำดับ หัวฉีดน้ำทั้งสองรุ่นนี้ จะติดตั้งกับระบบท่อน้ำข้อต่อเป็นเกลียวตัวผู้ ชนิด NPT ขนาด 1/8″ สำหรับขนาดและรายละเอียดต่างๆ ของหัวฉีดน้ำได้แสดงไว้ใน ภาคผนวก ง

5.1.7 ระบบควบคุมความดันและอัตราการไหลของน้ำที่เข้าระบบ

ขนาดของหยดน้ำที่สเปรย์ออกจากหัวฉีดแต่ละขนาด จะมีค่าแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับ ความดันและอัตราการไหลของน้ำที่เข้าหัวฉีด ดังนั้นในระบบเครื่องเก็บอนุภารที่ใช้สำหรับงานวิจัยในครั้งนี้ จึงจำเป็นต้องมีระบบควบคุมความดันและอัตราการไหลของน้ำก่อนเข้าหัวฉีด ให้ได้ตามเงื่อนไขต่างๆ ที่จะทดลอง ซึ่งค่าความดันและอัตราการไหลของน้ำก่อนเข้าหัวฉีดเหล่านี้จะต้องมีค่าตรงกับค่าความดันและอัตราการไหลที่ผู้ผลิตได้ทำการทดสอบมาตามที่ระบุไว้ใน catalogs ของหัวฉีดน้ำ ดังแสดงใน ภาคผนวก ง จึงจะสามารถทราบได้ว่าขนาดของหยดน้ำโดยเฉลี่ยที่สเปรย์ออกมาจากหัวฉีดแต่ละหัว ณ ค่าความดันและอัตราการไหลนั้น มีค่าเท่าไร ดังที่แสดงไว้ในตัวอย่างการคำนวณของ ภาคผนวก ง

ระบบควบคุมความดันและอัตราการไหลของน้ำก่อนเข้าหัวฉีดให้ได้ตามเงื่อนไขที่ต้องการ สำหรับงานวิจัยนี้ จะใช้ วาล์วรูเข็ม (needle valve) ขนาด 3/8″ รุ่น 1-RM-6 มีขนาดรูออริฟิซของวาล์ว 6.4 mm ค่าสัมประสิทธิ์วาล์ว (Valve Coeficient; C_v) สูงสุด 0.73 ที่จำนวนรอบของการหมุนเปิดสูงสุด 8 รอบ รายละเอียดจะแสดงไว้ใน ภาคผนวก ฐ ร่วมกับวาล์วลดความดัน (pressure reducing valve) ขนาด 3/8″ และมีค่าสัมประสิทธิ์วาล์ว (C_v) 0.35 ดังรายละเอียดที่แสดงไว้ใน ภาคผนวก ฏ

5.1.8 <u>พัดลมเป่าอากาศแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์</u>

พัดลมเป่าอากาศแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ (centrifugal fan) เป็นเครื่องมือที่ใช้จ่ายอากาศเข้าห้องเผาไหม้ของเตาเผาสำหรับใช้ในการสันดาปและสร้างความดันให้กับแก๊สเสียให้มีค่ามากพอจนสามารถไหลออกจากเตาเผามูลฝอยเข้าสู่ระบบเครื่องเก็บอนุภาคได้ พัดลมเป่าอากาศที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ขนาด 5 แรงม้า ที่ความเร็วรอบ 1,415 rpm ต่อเข้ากับไฟ 3 เฟส

5.1.9 <u>ระบบกรองอากาศ</u>

ในงานวิจัยนี้ จะทำการเก็บตัวอย่างอนุภาคในแก๊สเสียที่ไหลเข้าระบบเครื่องเก็บอนุภาค ณ ตำแหน่งท่อทางเข้าระบบเครื่องเก็บอนุภาค เพื่อที่จะหาค่าความเข้มข้นของอนุภาค (dust loading or concentration) ในแก๊สร้อนที่ไหลเข้าระบบ มีหน่วยเป็น มวลของอนุภาคต่อปริมาตรของแก๊สเสียที่ไหลนั้น ซึ่งจะทำการเก็บตัวอย่างของอนุภาคในแก๊สเสียนี้ โดยการแหย่ท่อชักตัวอย่าง (sampling tube) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2″ เข้าไปในท่อของแก๊สเสียรวมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8″ ที่ทางเข้าของระบบเครื่องเก็บอนุภาคและจะทำการดักจับอนุภาคที่ไหลเข้ามาในท่อชักตัวอย่างนี้ด้วยแผ่นกรอง (filter mat) ที่วางเรียงกันอยู่ภายในท่อชักตัวอย่างนี้ หลังจากนั้นจะนำแผ่นกรองทั้งหมดที่ได้หลังการทดลองไปชั่งหาน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นด้วยเครื่องชั่งละเอียด น้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของแผ่นกรองทั้งหมดตลอดช่วงเวลาทำการทดลองต่ออัตราการไหลเชิงปริมาตรของแก๊สร้อนที่ไหลเข้าท่อชักตัวอย่างนี้ ก็คือค่าความเข้มข้นของอนุภาคที่เก็บได้ (Indicated particulate concentration; C_i) ตามที่ได้กล่าวมาแล้วในสมการที่ (4.2) สำหรับรายละเอียดและขนาดของท่อชักตัวอย่าง ได้แสดงไว้ใน ภาคผนวก ด

แผ่นกรองที่ใช้สำหรับงานวิจัยนี้ เป็นชนิด P15/500S ทำมาจากวัสดุ Polypropylene ซึ่งทนต่อสภาพที่เป็นกรดหรือด่างได้ดี แผ่นกรองแต่ละแผ่นที่บรรจุอยู่ในท่อชักตัวอย่างจะมีลักษณะเป็นวงกลมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 8.5 cm และหนา 2 cm สำหรับข้อมูลทางเทคนิคของแผ่นกรองที่ใช้ในงานวิจัยนี้ได้แสดงไว้ใน ภาคผนวก ฒ

5.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ผล

5.2.1 เครื่องมือวิเคราะห์หาการกระจายขนาดของอนุภาค

สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์การกระจายขนาดของอนุภาคที่ไหลเข้าระบบเครื่องเก็บอนุภาคและอนุภาคที่ถูกดักเก็บได้ด้วยเครื่องเก็บอนุภาค มีชื่อว่า "MASTERSIZER" ซึ่งตั้งอยู่ที่ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งมีส่วนประกอบ ดังนี้

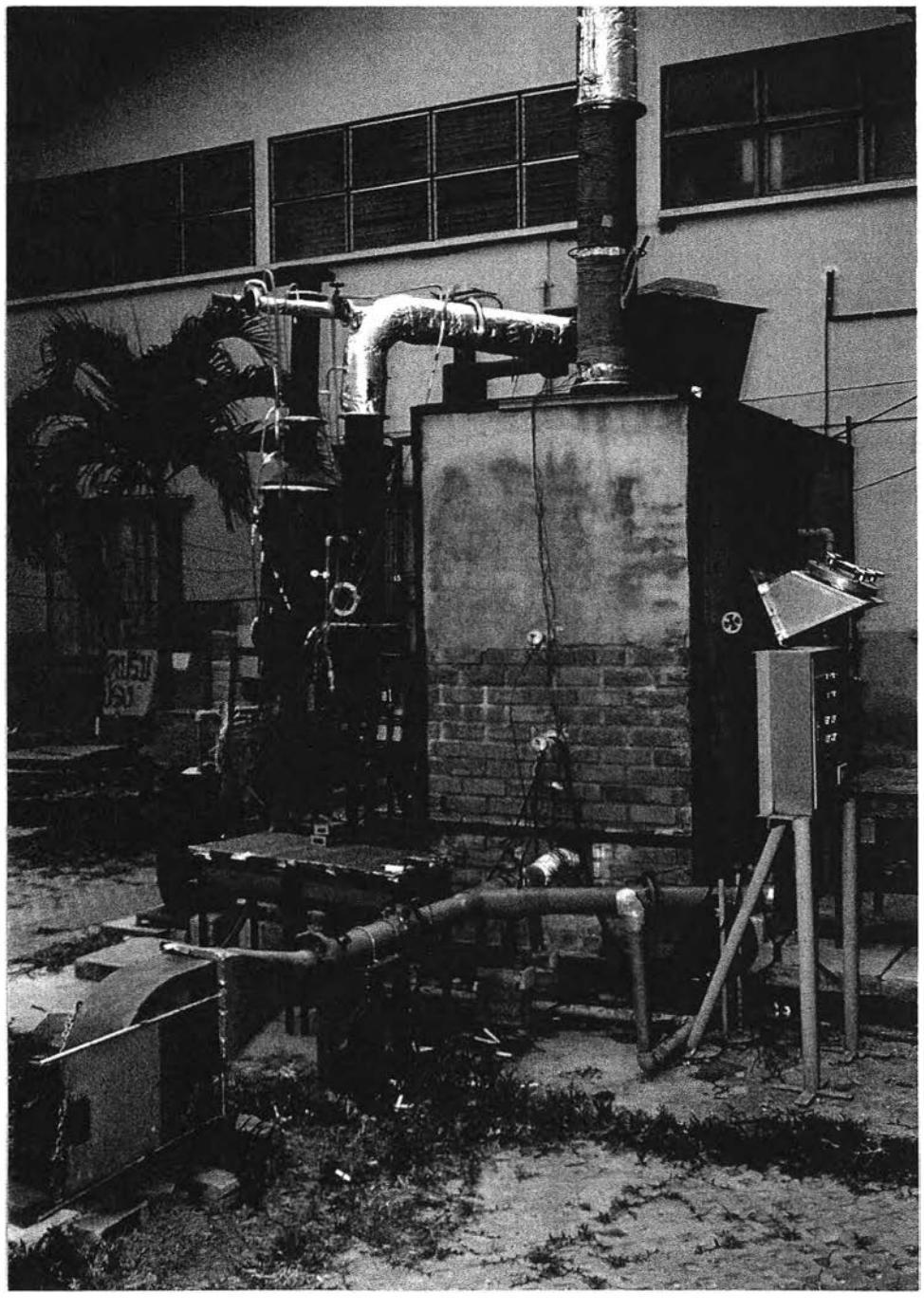
1) ส่วนป้อนตัวอย่างอนุภาคที่ต้องการวัดการกระจายขนาด
   (Small volume sample presentration unit)
2) ส่วนกำเนิดแสงและวัดการกระทบของแสงบนอนุภาค
   (Optical measurement unit)
3) ส่วนประมวลและแสดงผล
   (Computer system)
4) ส่วนคำนวณผลด้วยคอมพิวเตอร์
   (Malvern operating software)

รายละเอียดต่างๆ รวมทั้งขั้นตอนในการใช้เครื่องมือชนิดนี้ ได้แสดงไว้ใน ภาคผนวก จ

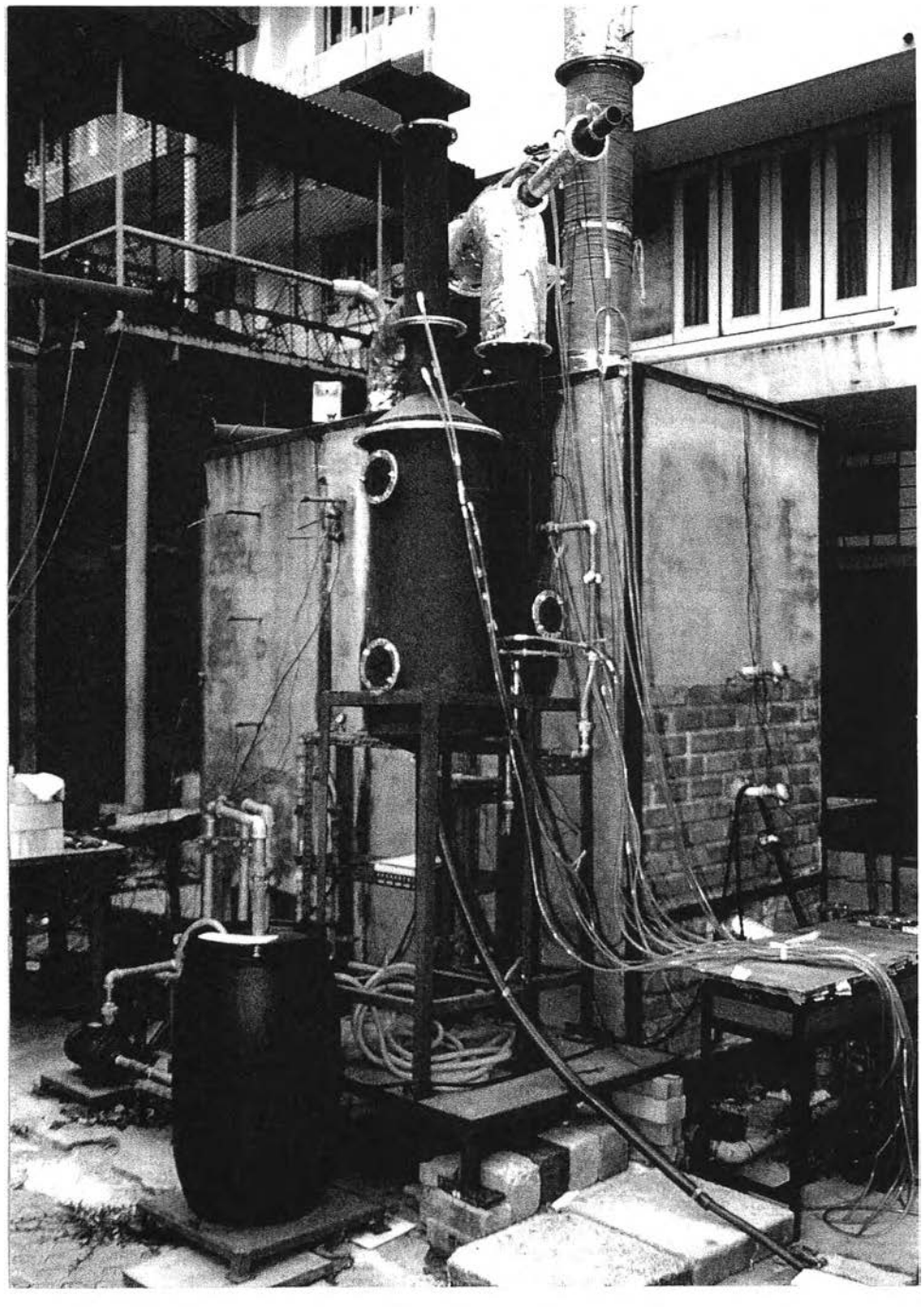
5.2.2 เครื่องมือวิเคราห์หาปริมาณอนุภาคในน้ำทิ้ง

ในงานวิจัยนี้จะทำการวิเคราะห์หาปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total Solids; TS) ที่มีอยู่ในน้ำทิ้งโดยตรง กล่าวคือ จะไม่ทำการวิเคราะห์แยกหาของแข็งละลายทั้งหมด (Total Dissolved solids; TDS) และของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids; SS) แล้วค่อยนำผลของทั้งสองนี้มารวมกัน เนื่องจากการวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้จะให้ผลลัพธ์ที่มีความผิดพลาดมากกว่าการวิเคราะห์โดยตรง

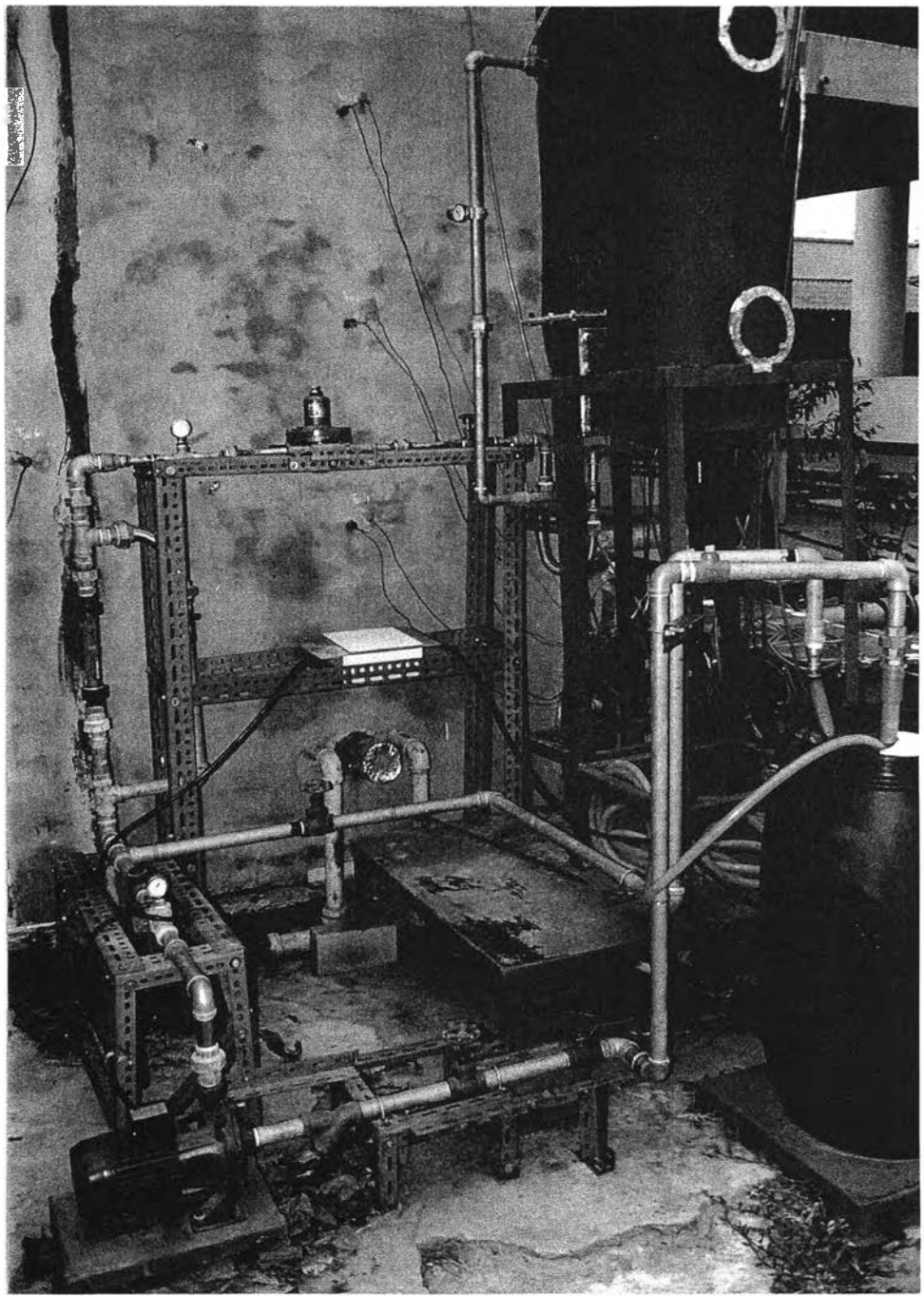
สำหรับเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณของแข็ง ได้แสดงไว้แล้วใน ภาคผนวก ญ



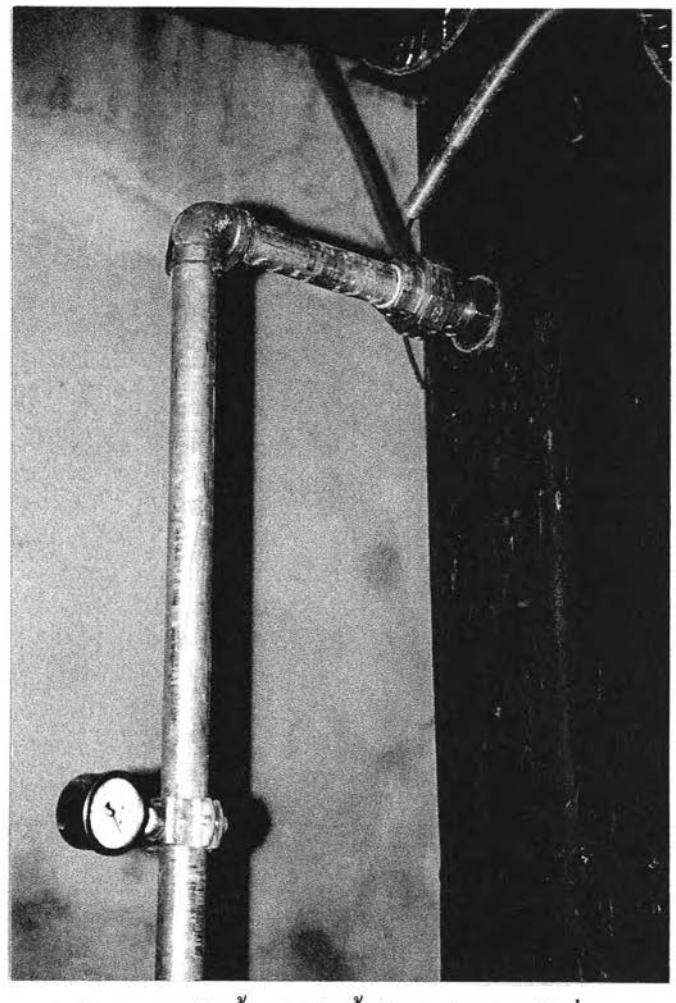
รูปที่ 5.3 แสดงเตาเผามูลฝอยและระบบจ่ายอากาศเข้าเตา ที่ใช้ในงานวิจัย



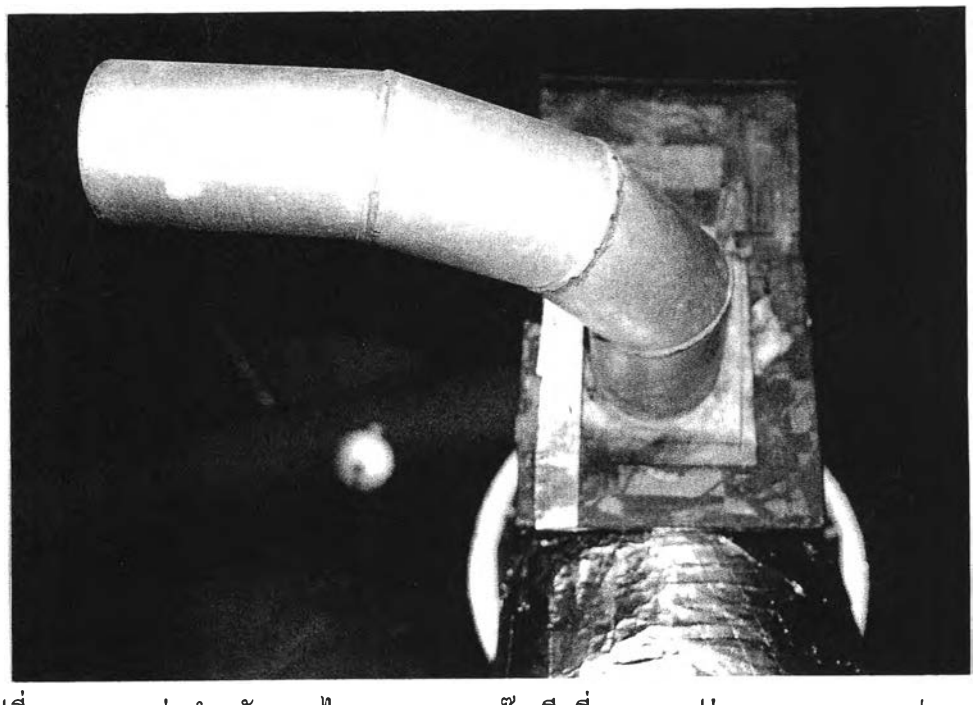
รูปที่ 5.4 แสดงระบบเครื่องเก็บอนุภาคชนิดเวนทูรี



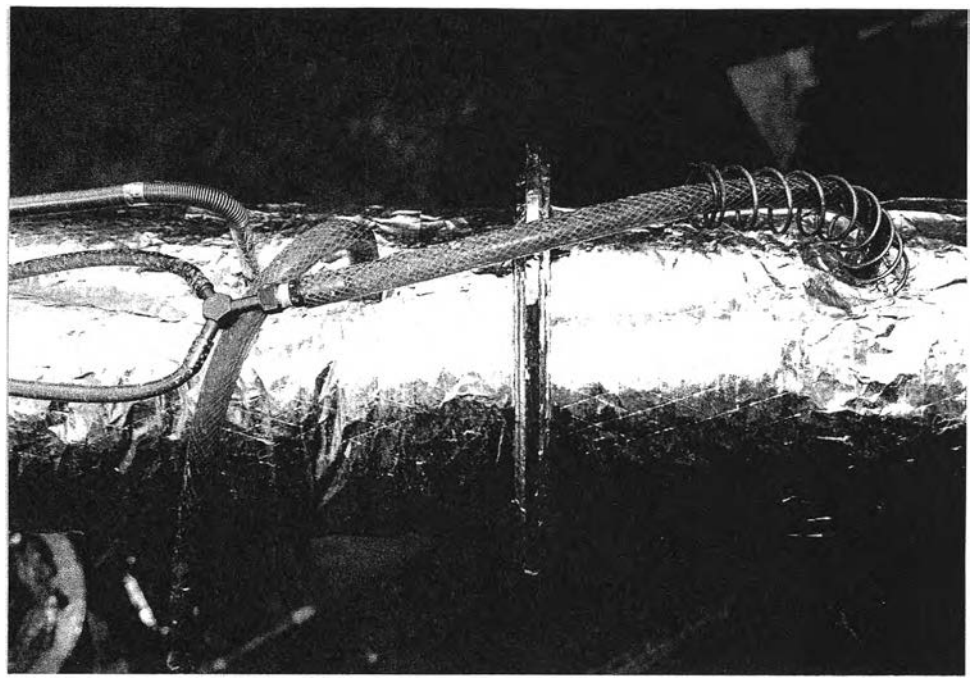
รูปที่ 5.5 แสดงระบบท่อน้ำและการส่งจ่ายน้ำในระบบเครื่องเก็บอนุภาค



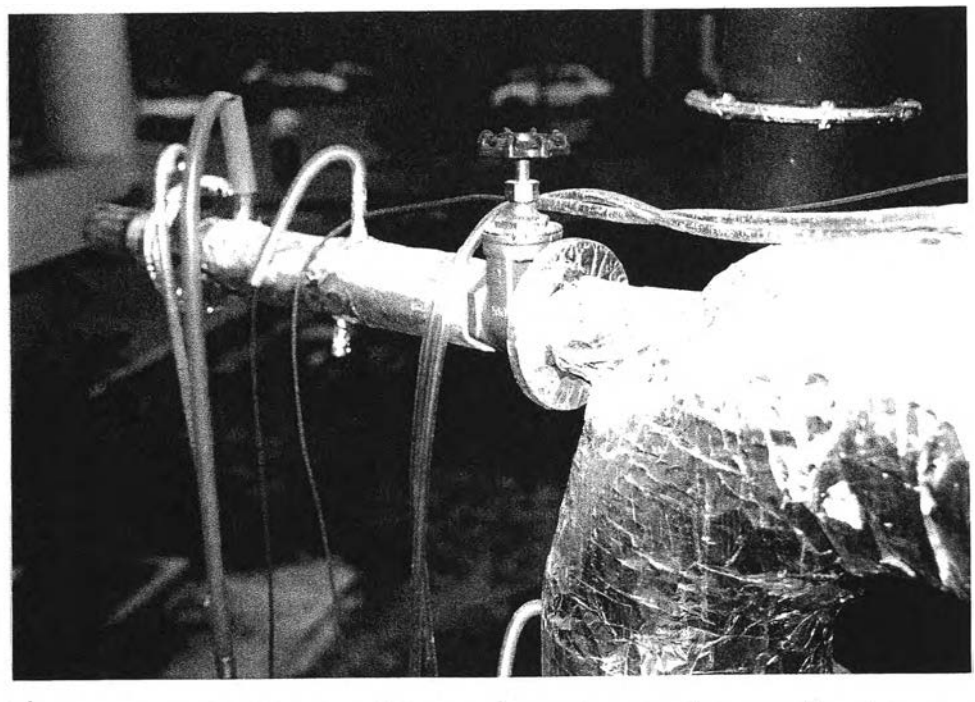
รูปที่ 5.6 แสดงจุดต่อของหัวฉีดน้ำและท่อน้ำด้วยยูเนียน 3/4″ ที่คอคอดของระบบ



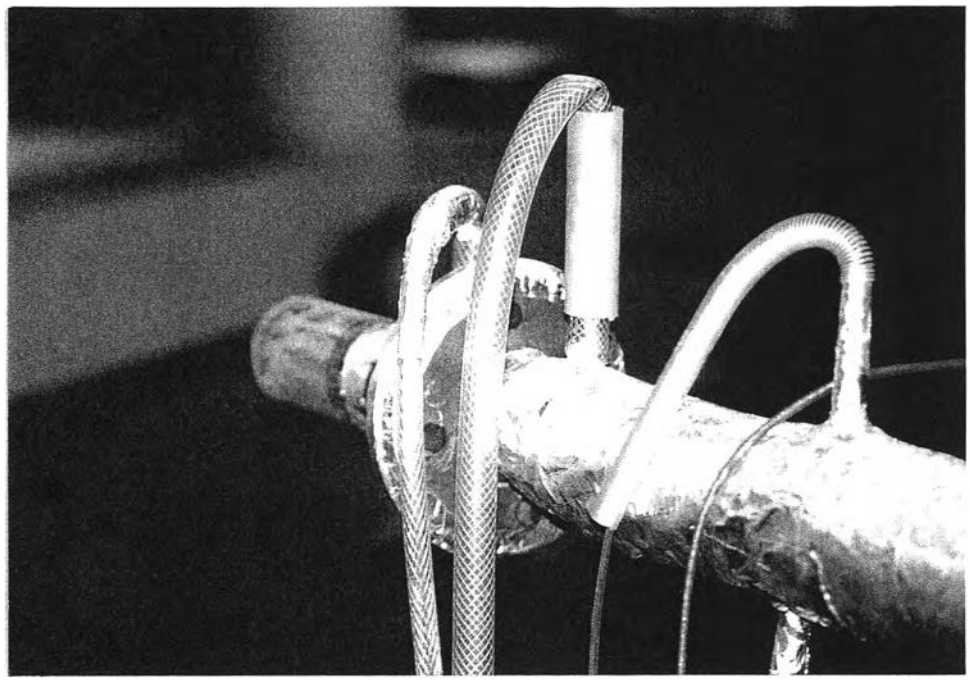
รูปที่ 5.7 แสดงท่อสำหรับแยกไหล (bypass) แก๊สเสียที่ออกจากปล่องของเตาเผามูลฝอย



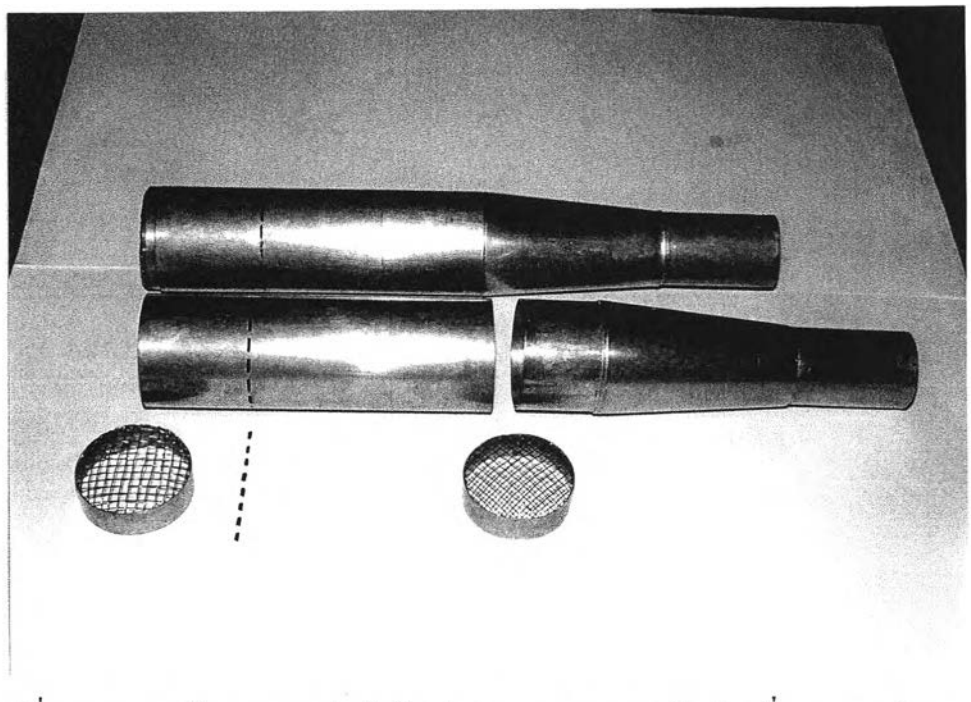
รูปที่ 5.8 แสดงแผ่นออริฟิซ (d=10.16 cm) ที่ท่อ 8″ สำหรับวัดปริมาณแก๊สหลังการ bypass



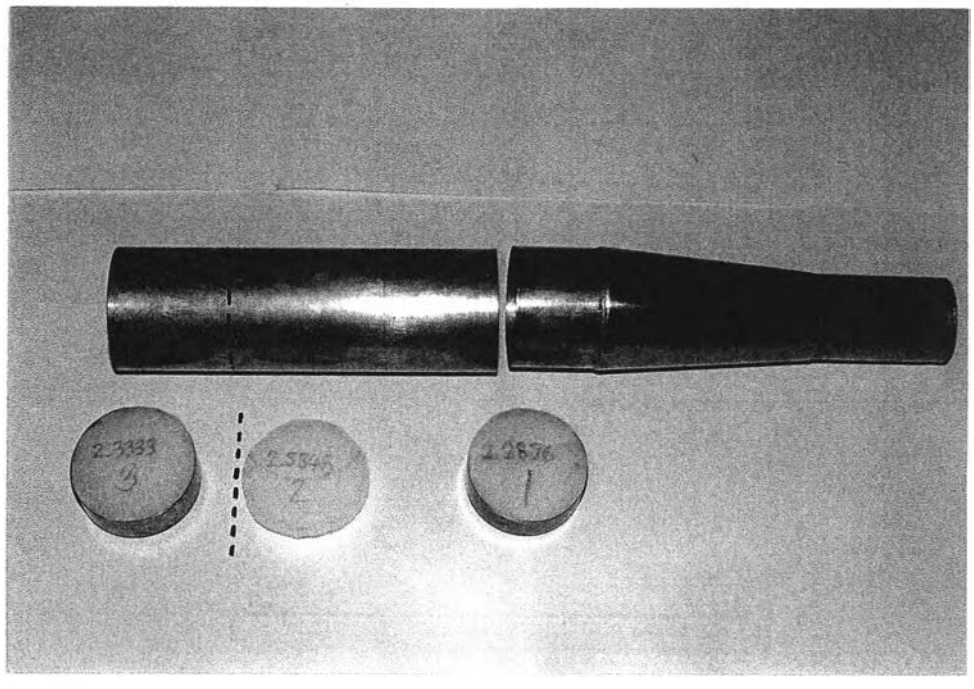
รูปที่ 5.9 แสดงชุดท่อชักตัวอย่าง 2″ ในส่วนที่แหย่เข้าท่อทางเข้าระบบเครื่องเก็บอนุภาค



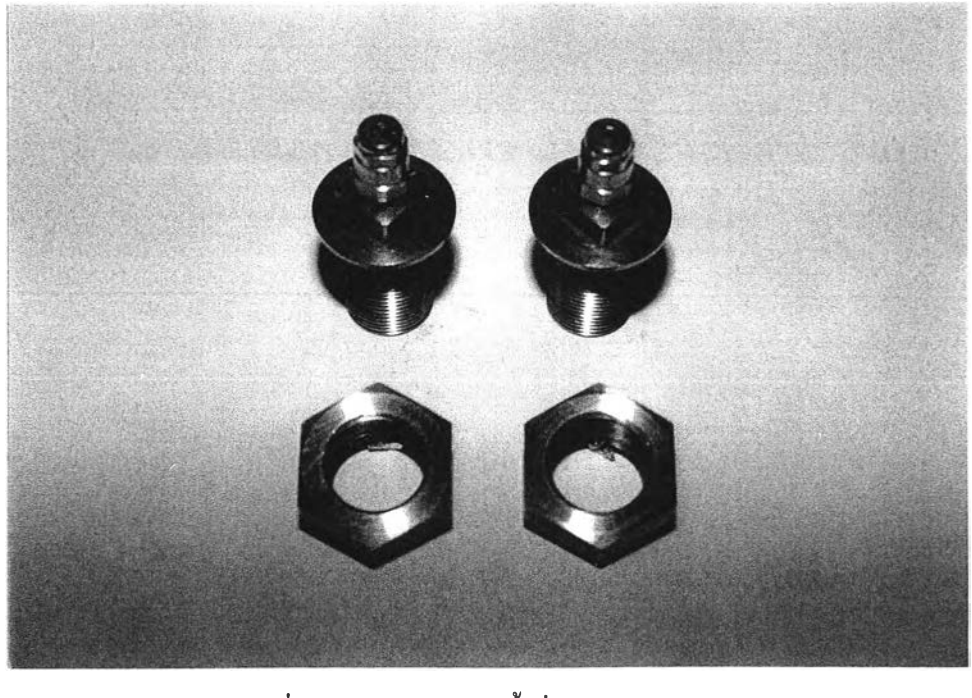
รูปที่ 5.10 แสดงแผ่นออริฟิซ (d=4 cm) ที่ท่อ 2″ สำหรับวัดปริมาณแก๊สที่ไหลเข้าท่อชักตัวอย่าง



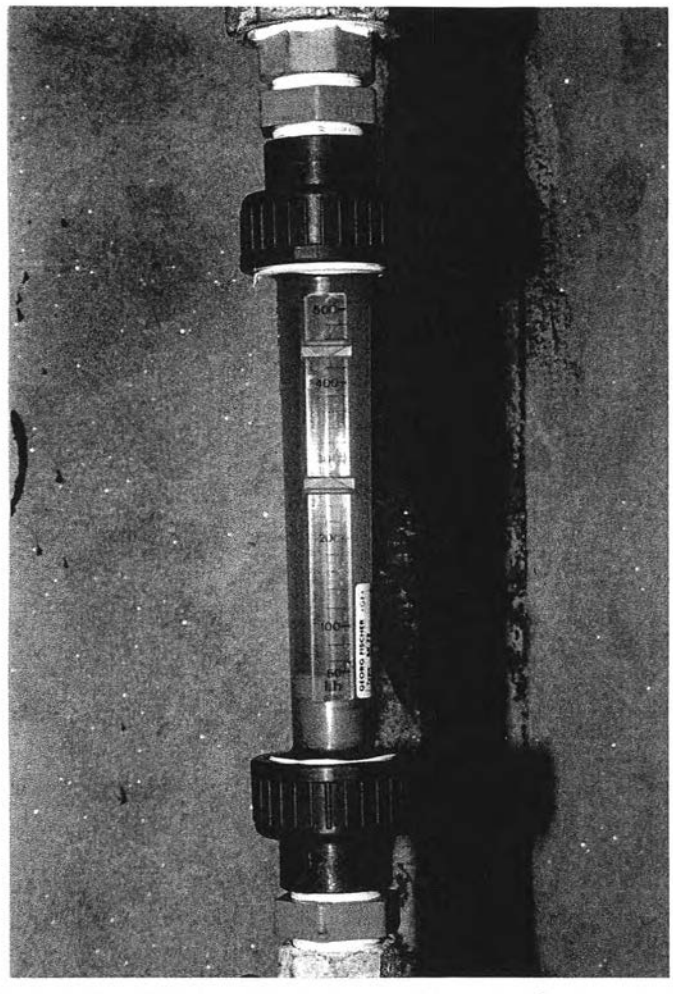
รูปที่ 5.11 แสดงลักษณะของท่อชักตัวอย่าง (sampling tube) ในส่วนที่จะบรรจุแผ่นกรอง



รูปที่ 5.12 แสดงลักษณะการเรียงตัวของแผ่นกรองที่บรรจุอยู่ภายในท่อชักตัวอย่าง

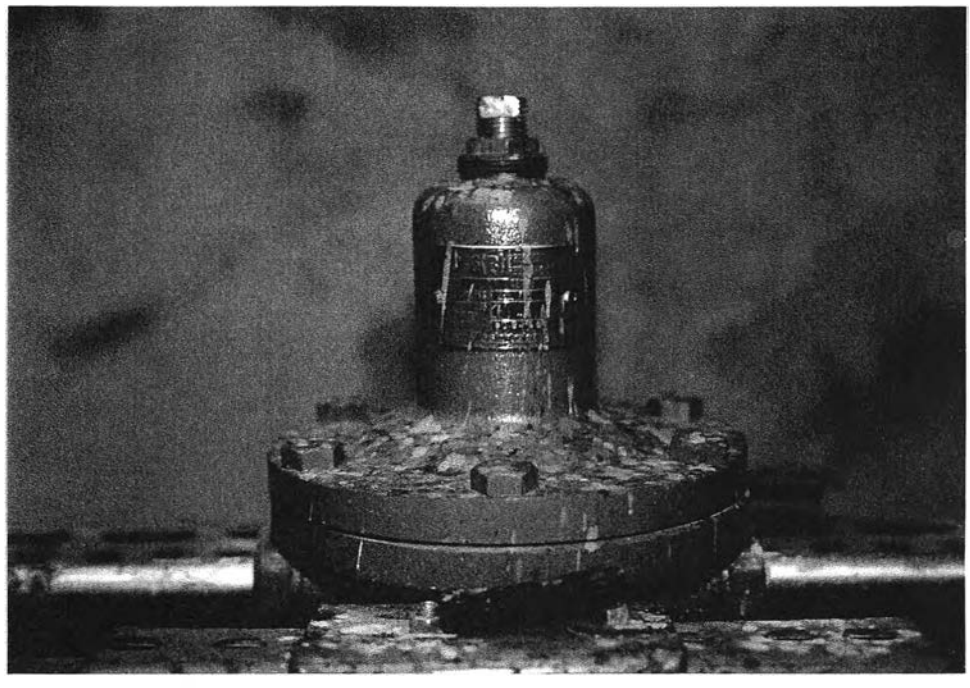


รูปที่ 5.13 แสดงหัวฉีดน้ำที่ใช้ในงานวิจัย

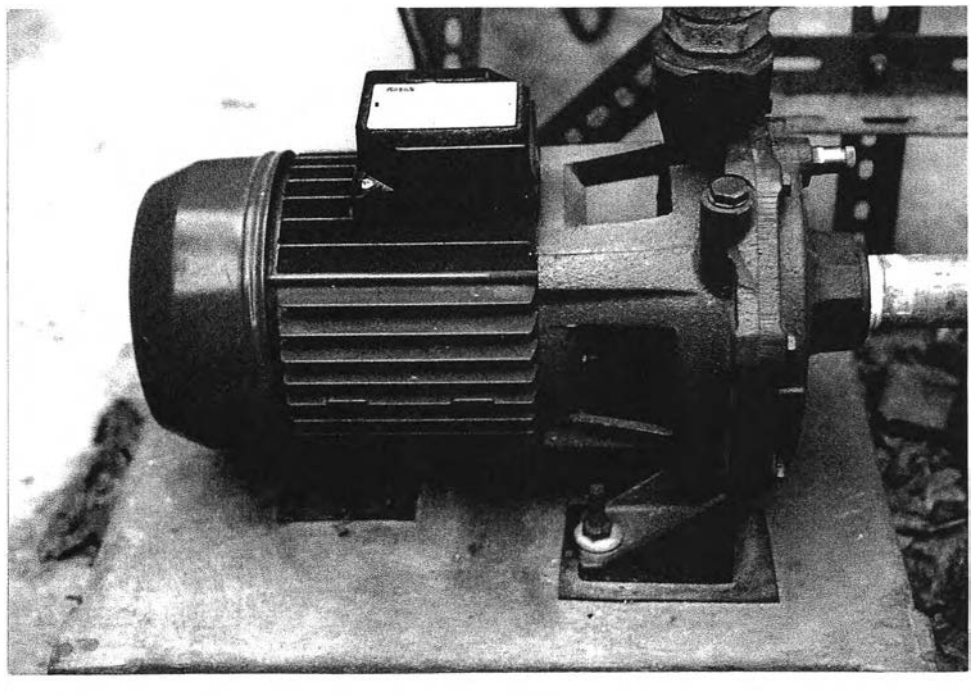


รูปที่ 5.14 แสดงโรตามิเตอร์สำหรับวัดอัตราการไหลของน้ำที่สเปรย์เข้าระบบ

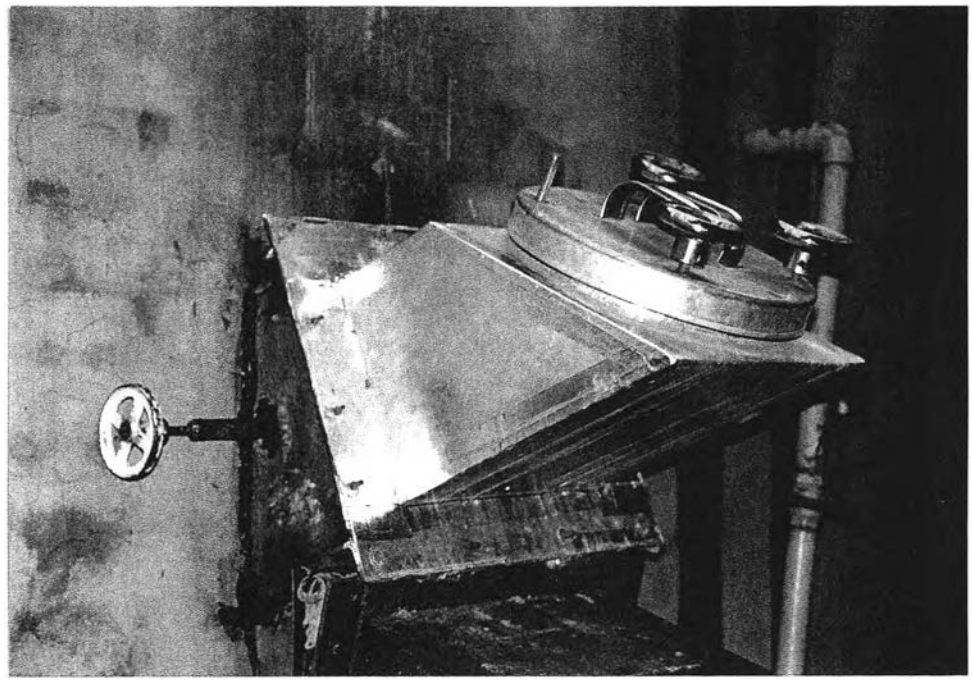
รูปที่ 5.15 แสดงวาล์วรูเข็ม (needle valve) ในระบบควบคุมความดันและอัตราการไหล



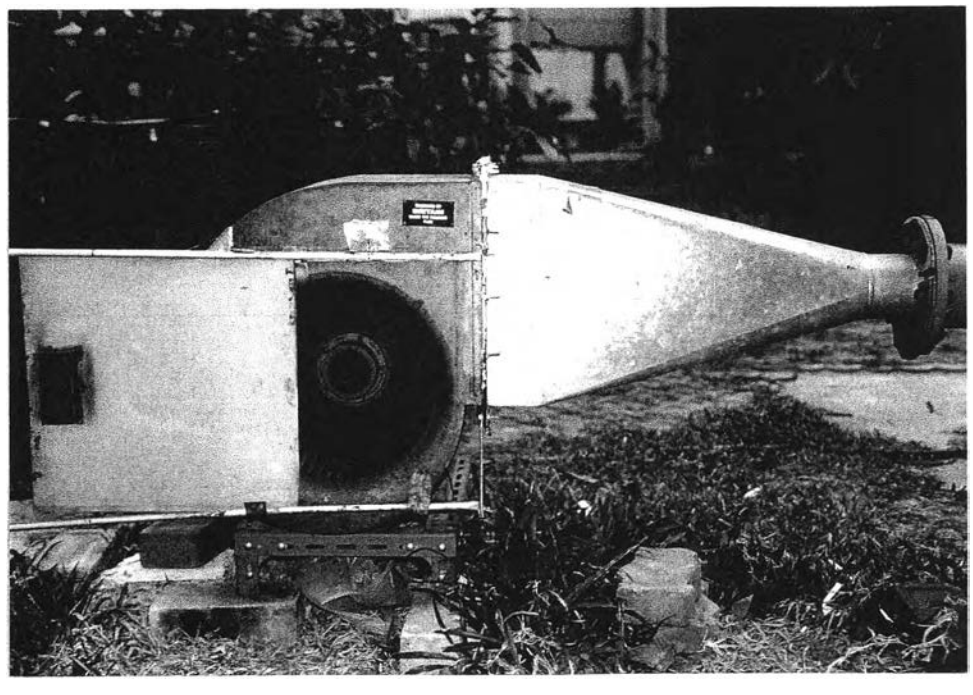
รูปที่ 5.16 แสดงวาล์วลดความดัน (pressure reducing valve)



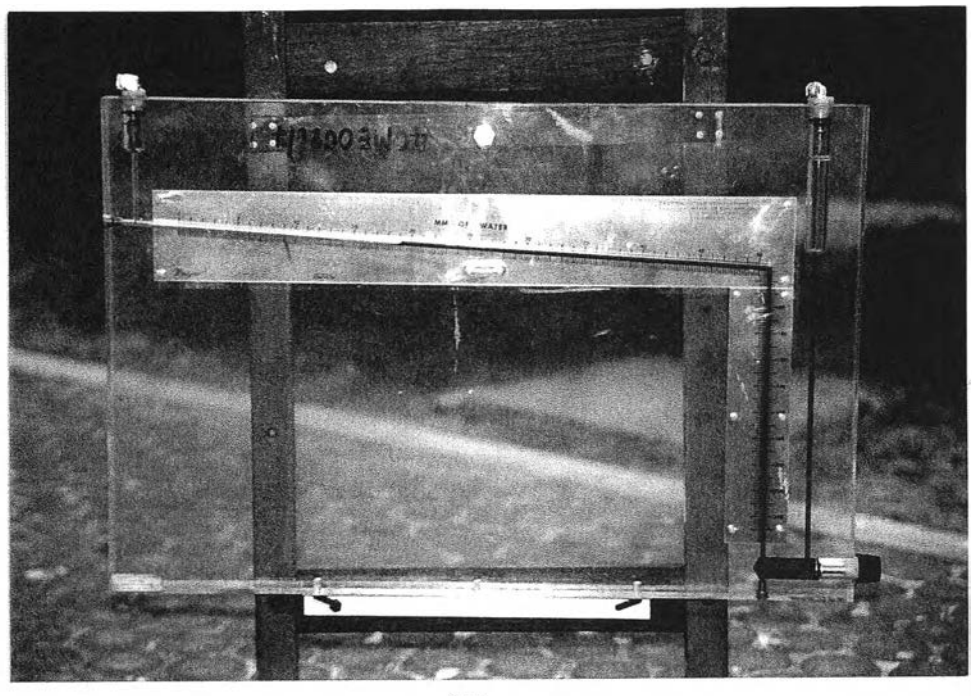
รูปที่ 5.17 แสดงปั๊มน้ำในระบบท่อและการส่งจ่ายน้ำ



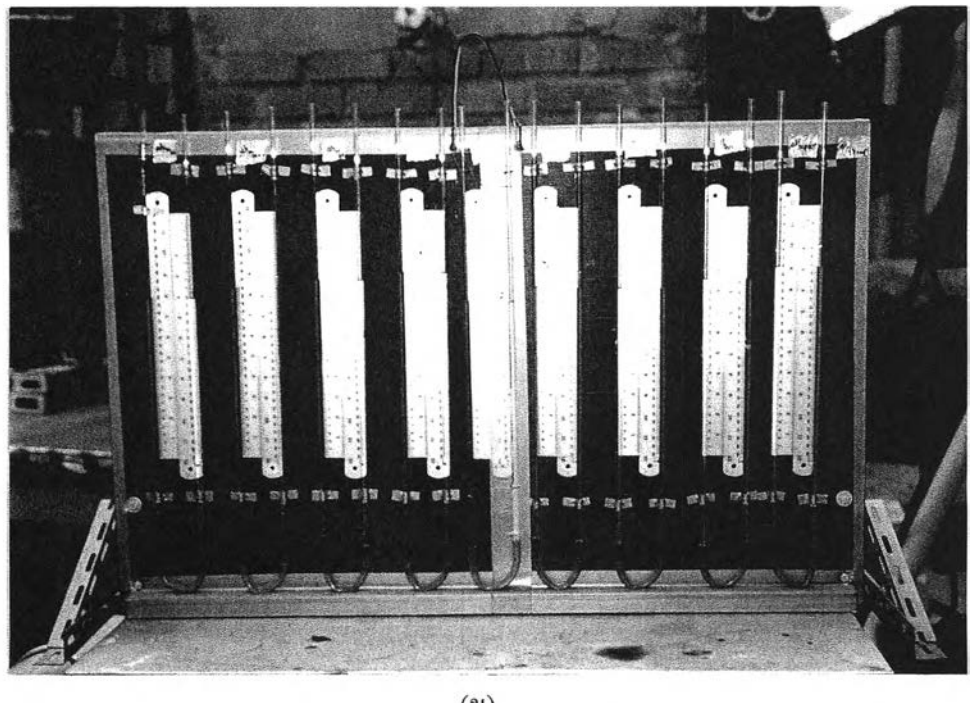
รูปที่ 5.18 แสดงประตูป้อนมูลฝอยของเตาเผามูลฝอย



รูปที่ 5.19 แสดงพัดลมเป่าอากาศสำหรับจ่ายเข้าห้องเผาไหม้เตาเผามูลฝอย



(ก)

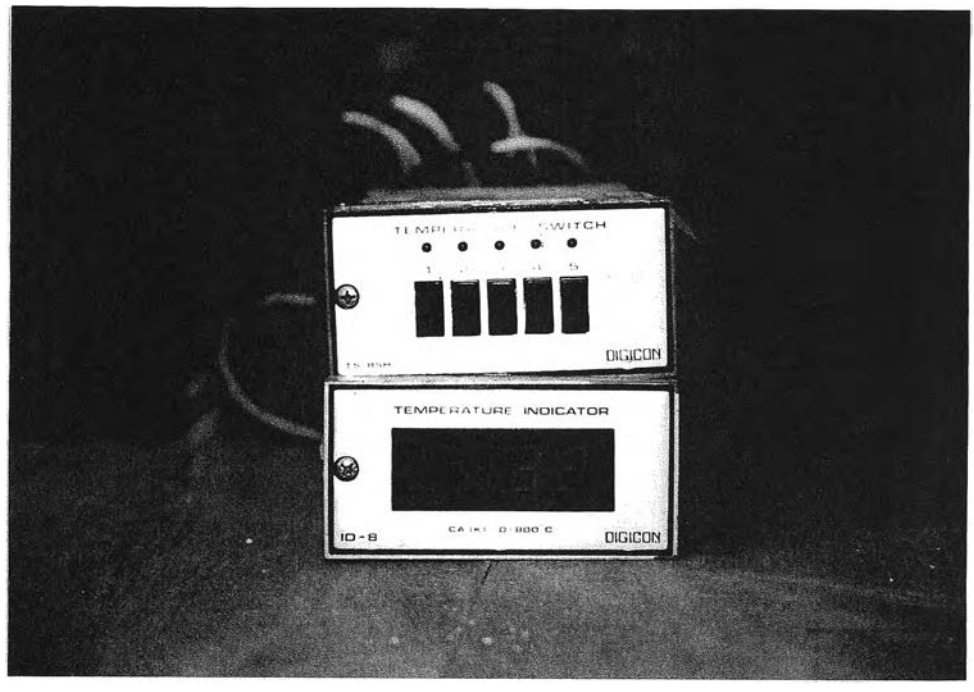


(ข)

รูปที่ 5.20 แสดงมานอมิเตอร์สำหรับวัดค่าความดันในระบบแก๊ส

(ก) แบบ incline

(ข) แบบ U-tube



รูปที่ 5.21 แสดงเครื่องอ่านค่าอุณหภูมิชนิดตัวเลข (digital selector)