บทที่ 3

การดำเนินการวิจัย

ในการดำเนินการวิจัย ได้แบ่งงานออกเป็นสองส่วนด้วยกันคือ การทดสอบหาประสิทธิภาพของเตาหุงต้มแบบลอรีนา และการพัฒนาเตาหุงต้มแบบลอรีนาเพื่อให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น ในการดำเนินการทดลองจะต้องประกอบด้วย อุปกรณ์การทดลอง เครื่องมือวัด วิธีการทดลอง ดังมีรายละเอียดที่จะกล่าวต่อไปนี้

3.1 อุปกรณ์การทดลอง

เพื่อที่จะได้ทำการทดสอบหาประสิทธิภาพของเตา จึงได้สร้างเตาหุงต้มแบบลอรีนาขึ้นและทดสอบหาประสิทธิภาพ เสร็จแล้วจึงพัฒนาเตาหุงต้มแบบลอรีนา โดยจัดสร้างเตาแบบที่พัฒนาขึ้นพร้อมทั้งทดสอบหาประสิทธิภาพ เตาหุงต้มแบบลอรีนานี้ประกอบด้วยส่วนประกอบใหญ่ ๆ สามส่วนด้วยกัน ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3-1 ได้แก่

1. ช่องเตาจำนวนสามช่องสำหรับวางภาชนะหุงต้ม ช่องเตาแรกเป็นที่วางภาชนะหุงต้มใบที่หนึ่งซึ่งรับพลังงานความร้อนโดยตรงจากเชื้อเพลิงในเตา ช่องเตาที่สองและสามเป็นที่วางภาชนะใบที่สองและสามซึ่งรับความร้อนจาก flue gas ก่อนที่จะถูกปล่อยออกสู่บรรยากาศทางปล่องเตา

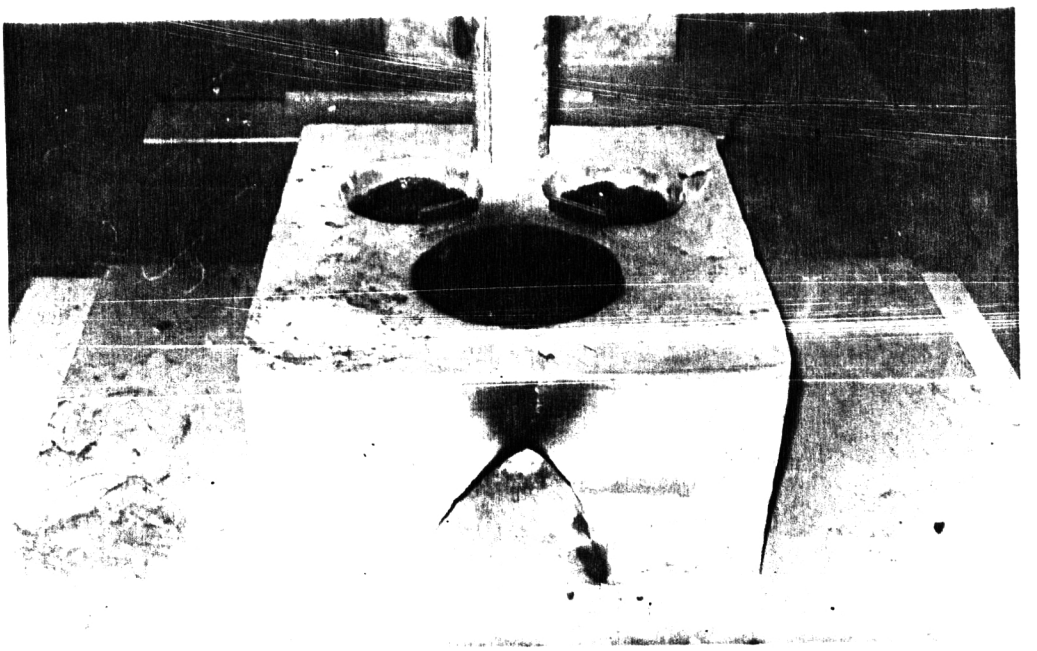
2. ปล่องเตา ใช้สำหรับระบายควันไฟออกสู่บรรยากาศ

3. แผ่นเหล็กสำหรับควบคุมปริมาณอากาศที่ไหลเข้าสู่เตา (damper)

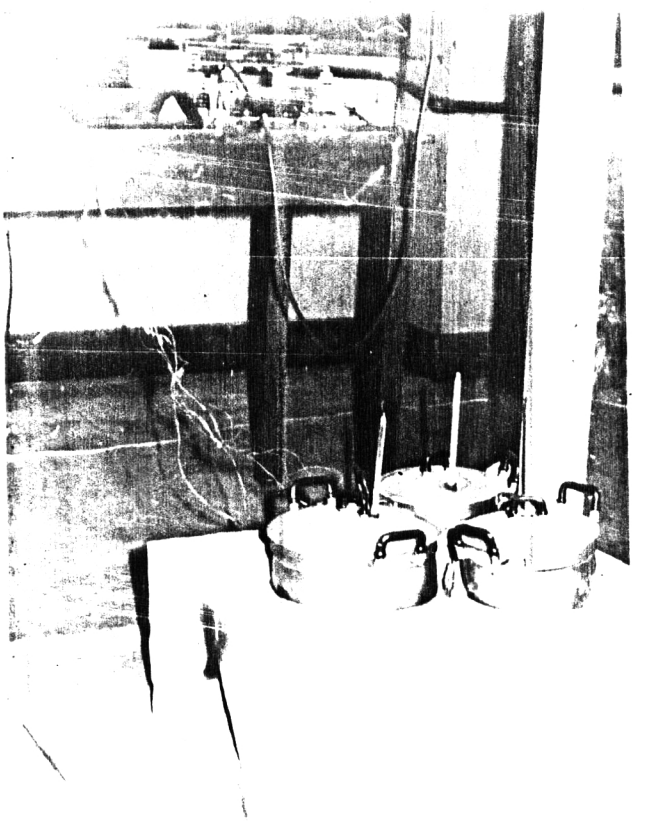
นอกจากนี้อุปกรณ์การทดลองยังประกอบด้วย ภาชนะสำหรับหุงต้ม เชื้อเพลิง รูปที่ 3-2 แสดงลักษณะทั่วไปของอุปกรณ์การทดลอง สำหรับรายละเอียดของอุปกรณ์การทดลองจะกล่าวถึงในหัวข้อต่อไป

3.2 รายละเอียดอุปกรณ์การทดลอง

3.2.1 เตาหุงต้มแบบลอรีนา เตาหุงต้มแบบลอรีนาที่ใช้ในการทดสอบหาประสิทธิภาพ



รูปที่ 3-1 แสดง เตาหุงต้มแบบลอรีนา



รูปที่ 3-2 แสดงลักษณะทั่วไปของอุปกรณ์การทดลอง

007728

นี้สร้างขึ้นจากดินเหนียวผสมทรายละเอียด อัตราส่วนของดินเหนียวต่อทรายละเอียด 4:1 โดยน้ำหนัก ตัวเตามีขนาดความกว้าง 51 ซม. ยาว 54 ซม. และสูง 27 ซม. ปล่องเตาทำจากเหล็กบางชุบสังกะสี ม้วนเป็นท่อกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8.1 ซม. ความสูงของปล่องเท่ากับ 168 ซม. รูปที่ 3-3 แสดงลักษณะและขนาดของเตา

สำหรับการพัฒนาเตาหุงต้มแบบลอรีนาได้แบ่งการพัฒนาเตาออกเป็นสองขั้นตอน คือในการพัฒนาเตาขั้นแรกได้เปลี่ยนแปลงเฉพาะรูปทรงของช่องเตาแรกหรือที่เรียกว่าห้องเผาไหม้ (combustion chamber) แต่เดิมนั้นห้องเผาไหม้ของเตาเป็นรูปทรงกลม (sphere) การพัฒนาขั้นแรกได้เปลี่ยนให้เป็นรูปทรงกระบอก (cylinder) ดังที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 3-4 การพัฒนาเตาขั้นที่สองกระทำต่อเนื่องจากการพัฒนาขั้นแรก คือได้เปลี่ยนแปลงลักษณะของช่องเตาที่สองและสาม ซึ่งเดิมนั้นระยะห่างระหว่างก้นภาชนะกับพื้นเตามีมาก (6.5 ซม.) ดังนั้นเมื่อ flue gas ไหลผ่านจึงถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำในภาชนะได้ไม่มากเท่าที่ควร การพัฒนาขั้นที่สองจึงลดระยะห่างนี้ให้น้อยลง โดยเพิ่มความสูงของพื้นเตาให้สูงขึ้น เหลือระยะห่างระหว่างก้นภาชนะกับพื้นเตา 4.5 ซม. ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3-5

3.2.2 <u>ภาชนะสำหรับหุงต้ม</u> ที่ใช้ในการทดลองเป็นหม้ออลูมิเนียมตราจระเข้ 3 ใบ ใบแรกมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 ซม. สูง 12 ซม. ภาชนะใบแรกนี้เมื่อทดสอบเตาจะวางอยู่บนช่องเตาแรกรับพลังงานโดยตรงจากเชื้อเพลิงในเตา ภาชนะใบที่สองและสามมีขนาดเท่ากัน เส้นผ่าศูนย์กลาง 16 ซม. สูง 10 ซม. ภาชนะใบที่สองและสามนี้เมื่อทดสอบเตาจะวางบนช่องเตาที่สองและสามตามลำดับ

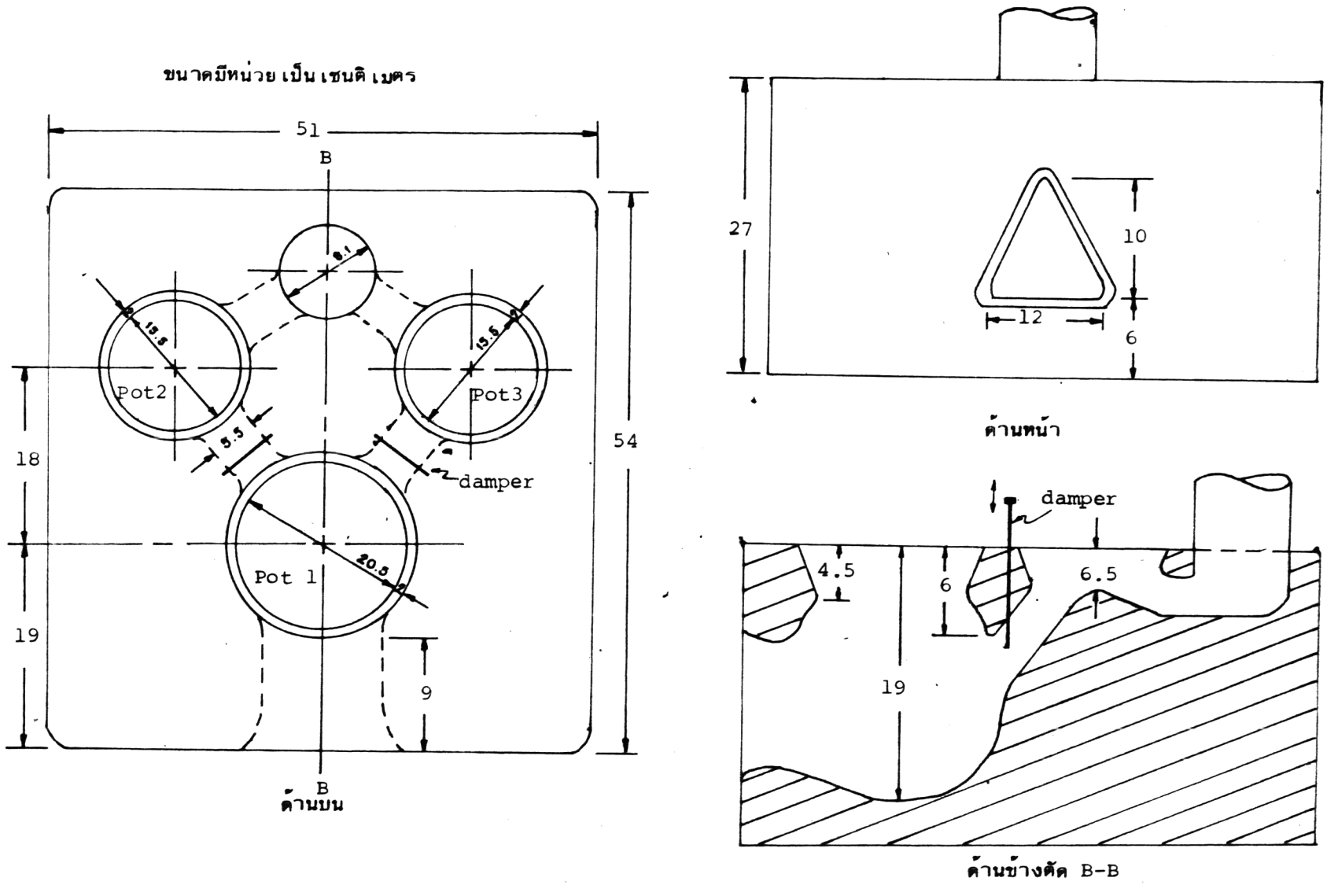
3.2.3 <u>เชื้อเพลิง</u> เชื้อเพลิงที่ใช้กับเตาหุงต้มแบบลอรีนาเป็นไม้ฟืน ในการทดสอบใช้ไม้ประดู่ ซึ่งการหาค่าความชื้นและค่าความร้อนของไม้แสดงไว้ในภาคผนวก ข ไม้ที่ใช้ทดลองแต่ละอันมีพื้นที่หน้าตัดขนาด 2.54x2.54 ซม. ยาวประมาณ 33 ซม.

3.3 <u>เครื่องมือวัด</u>

เครื่องมือวัดที่ใช้ในการบันทึกข้อมูล ประกอบด้วย

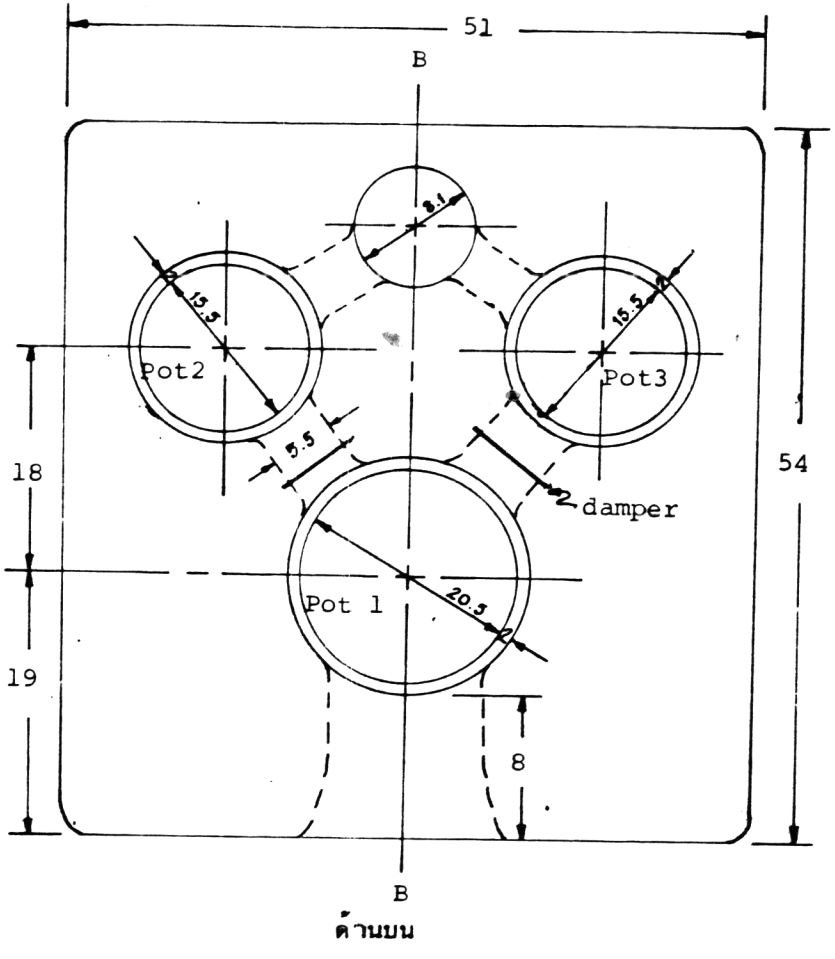
3.3.1 เทอร์โมคอปเปิลและเครื่องอ่านค่า ใช้วัดอุณหภูมิของผิวหม้ออลูมิเนียม เทอร์โมคอปเปิลที่ใช้ในการวัดเป็นแบบโครเมล-อลูเมล (chromel-Alumel)

3.3.2 เทอร์โมคอปเปิลที่ใช้วัดอุณหภูมิของ flue gas ใช้วัดอุณหภูมิของ flue gas ที่ออกมาทางปล่องเตา

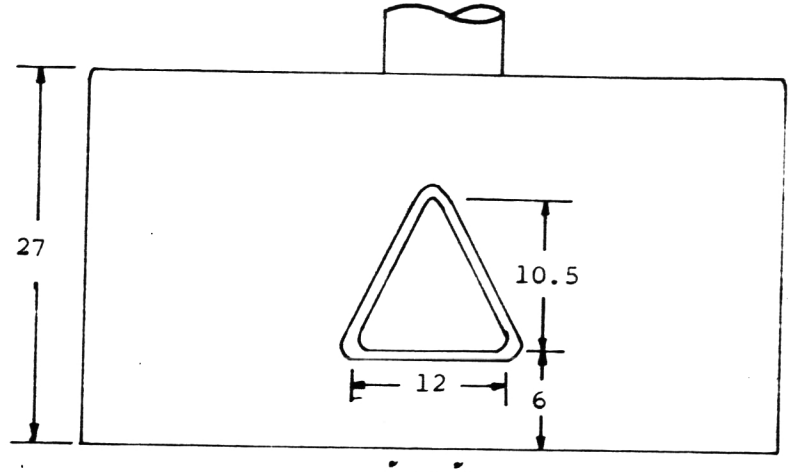


รูปที่ 3-3 แสดงลักษณะและขนาดของ เตาหุงต้มแบบลอรีนว

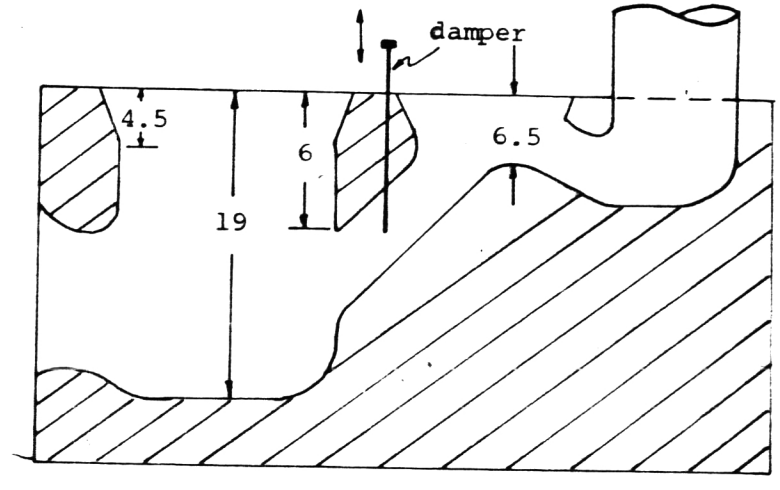
ขนาดมีหน่วย เป็น เซนติ เมตร



ด้านบน



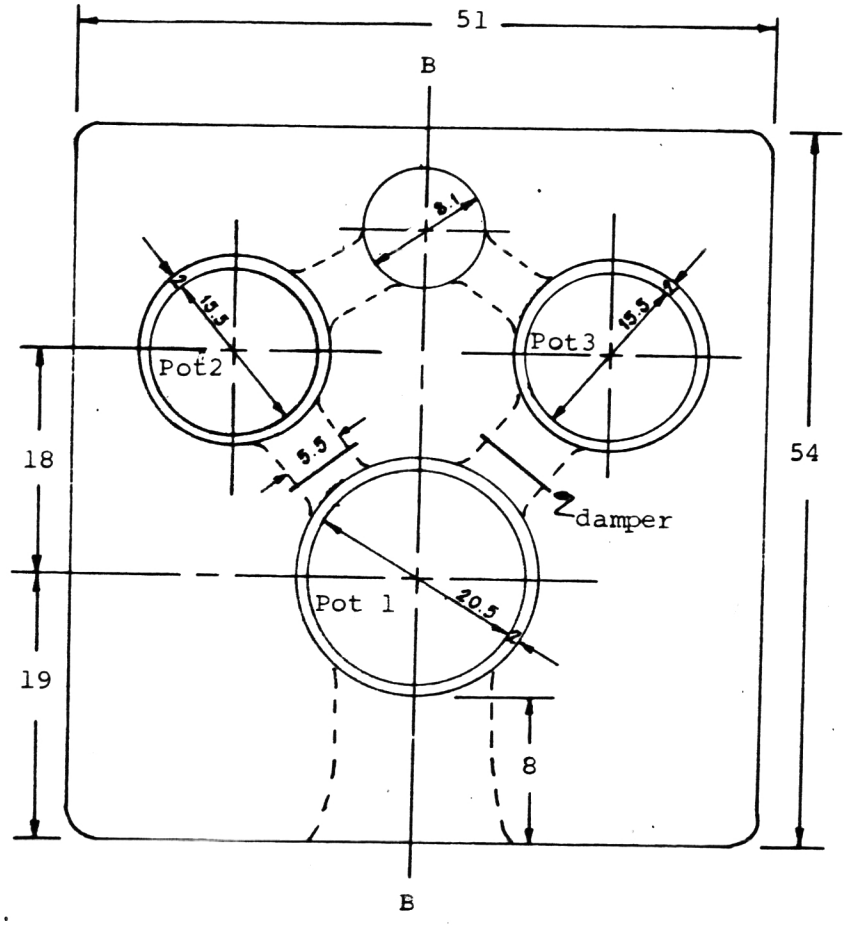
ด้านหน้า



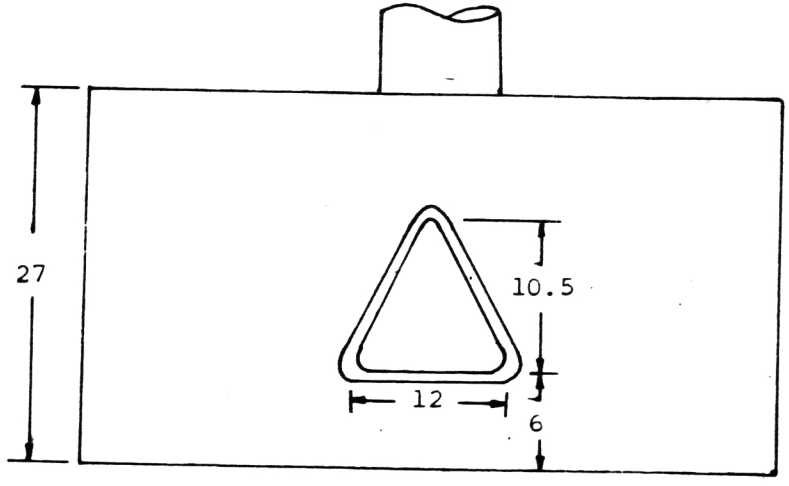
ด้านข้างตัด B-B

รูปที่ 3-4 แสดงลักษณะและขนาดของ เตาหุงต้มแบบลอรีนาที่ เปลี่ยนแปลง combustion chamber

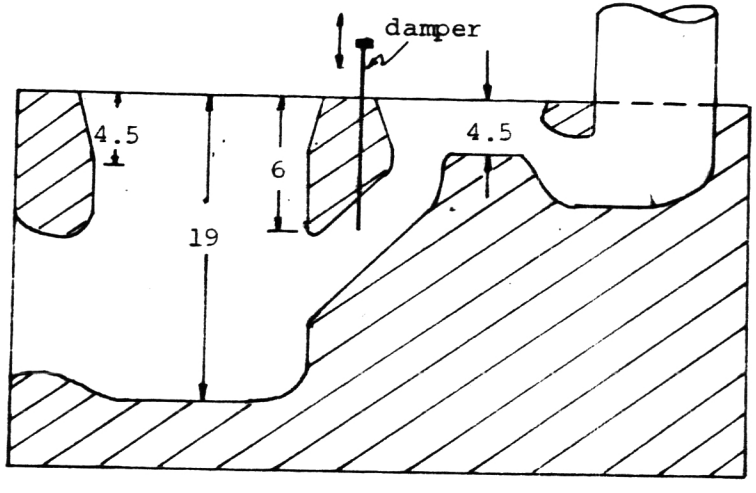
ขนาดมีหน่วย เป็น เซนติ เมตร



ด้านบน



ด้านหน้า



ด้านข้างตัด B-B

รูปที่ 3-5 แสดงลักษณะและขนาดของ เตาทุงต้มแบบลอรีนาที่ เปลี่ยนแปลงช่อง เตาที่สองและสาม

3.3.3 เทอร์โมมิเตอร์ ใช้วัดอุณหภูมิของน้ำที่ใช้ทดลอง

3.3.4 Pitot tube และมาโนมิเตอร์ ใช้วัดความเร็วของ flue gas ที่ออกมาทางปล่องเตา

3.3.5 เครื่องชั่งน้ำหนัก ใช้สำหรับชั่งน้ำหนักของเชื้อเพลิง น้ำหนักของน้ำที่ใช้ในการทดลอง น้ำหนักน้ำที่กลายเป็นไอ และน้ำหนักถ่านที่เหลือจากการเผาไหม้ของไม้

3.3.6 นาฬิกาจับเวลา ใช้ในการจับเวลาเมื่อน้ำเริ่มเดือด และระยะเวลาที่เชื้อเพลิงเผาไหม้

3.4 <u>รายละเอียดของเครื่องมือวัดและการวัดค่า</u>

3.4.1 <u>เทอร์โมคับเปิลและเครื่องอ่านค่า</u> ใช้สำหรับวัดอุณหภูมิของผิวภาชนะที่ใช้ในการทดลอง ด้วยการต่อเทอร์โมคับเปิลซึ่งเป็นแบบโครเมล-อลูเมล (chromel-Alumel) เข้ากับผิวของภาชนะ โดยต่อเข้ากับด้านข้างของภาชนะสามจุดแบบขนาน และต่อเข้ากับฝาภาชนะสองจุดแบบขนานเช่นกัน เครื่องอ่านค่าเป็นแบบดิจิตอล (digital) เครื่องอ่านค่าที่ใช้เป็นแบบ 2176 A ของ Omega Engineering , Inc. สามารถอ่านค่าอุณหภูมิได้ในช่วง -99.8^{o}ซ. ถึง 999.8^{o}ซ. และอ่านค่าได้ละเอียดถึง 0.1^{o}ซ

3.4.2 <u>เทอร์โมคับเปิลที่ใช้วัดอุณหภูมิของ flue gas</u> ใช้วัดอุณหภูมิของ flue gas ที่ออกมาทางปล่องเตา โดยเจาะปล่องเตาเพื่อสอดปลายเทอร์โมคับเปิลที่ใช้วัดอุณหภูมิเข้าไปยังกึ่งกลางของปล่องเตา จุดที่เจาะอยู่สูงจากตัวเตาประมาณ 3 ซม. เทอร์โมคับเปิลที่ใช้เป็นแบบ 221 ของ Weston Elec. Inst. Corp. สามารถวัดอุณหภูมิของ flue gas ในช่วง 150^{o}ฟ. ถึง 750^{o}ฟ. และสามารถวัดได้ละเอียดถึง 5^{o}ฟ

3.4.3 <u>เทอร์โมมิเตอร์</u> ใช้วัดอุณหภูมิของน้ำในภาชนะ โดยวัดเป็นอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำภายในภาชนะที่เวลาใด ๆ เทอร์โมมิเตอร์ที่ใช้เป็นแบบปรอท สามารถวัดอุณหภูมิได้ในช่วง 0-105^{o}ซ. และวัดได้ละเอียดถึง 0.5^{o}ซ.

3.4.4 <u>Pitot tube และมาโนมิเตอร์</u> ใช้วัดความเร็วของ flue gas ที่ออกมาทางปล่องเตา โดยเจาะปล่องเตาเพื่อสอด Pitot tube เข้าไปยังกึ่งกลางปล่องเตา จุดที่เจาะอยู่สูงจากตัวเตาเท่ากับ 81 ซม.(10 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางปล่องเตา) ทั้งนี้เพื่อให้การไหลของ flue gas เป็นแบบ fully developed flow จาก Pitot tube ต่อสายไปยัง

มาโนมิเตอร์โดยวัดเป็นความสูงของน้ำจากมาโนมิเตอร์ มาโนมิเตอร์ที่ใช้เป็นแบบ 115 AV ของ Dwyer Instruments, Inc. สามารถวัดเป็นความสูงของน้ำได้ในช่วง 0-0.25 นิ้ว และวัดได้ละเอียดถึง 0.0025 นิ้ว ความเร็วของ flue gas หาได้จากสมการ (3-1)

$$V_g = 1096.2\sqrt{\frac{P_v}{\rho_g}} \qquad (3\text{-}1)$$

เมื่อ V_g เป็นความเร็วของ flue gas , ฟุตต่อนาที

P_v เป็นความสูงของน้ำ, นิ้ว

ρ_g เป็นความหนาแน่นของ flue gas , ปอนด์ต่อ ลบ.ฟุต

นำค่าความเร็วที่ได้มานี้คำนวณหาอัตราการไหลของ flue gas ดังนี้

$$\dot{m}_g = \rho_g A_s V_g \qquad (3\text{-}2)$$

เมื่อ $\dot{m}_g$ เป็นอัตราการไหลของ flue gas

A_s เป็นพื้นที่หน้าตัดของปล่องเตา

3.4.5 <u>เครื่องชั่งน้ำหนัก</u> ใช้สำหรับชั่งน้ำหนักเชื้อเพลิง น้ำหนักน้ำที่ใช้ทดลอง น้ำหนักน้ำที่ระเหยกลายเป็นไอและน้ำหนักถ่านที่เหลือจากการเผาไหม้ของไม้ เครื่องชั่งน้ำหนักที่ใช้เป็นแบบสองแขนของ Ohaus Scale Corp. สามารถชั่งได้ละเอียดถึง 0.1 กรัม

3.4.6 <u>นาฬิกาจับเวลา</u> แบบที่ใช้สามารถจับเวลาได้ละเอียดถึง 0.1 วินาที

3.5 <u>วิธีการทดลอง</u>

จากการลองใส่ไม้ฟืนที่จะใช้เป็นเชื้อเพลิงในการทดสอบเตาเข้าไปในเตา ปรากฏว่าน้ำหนักไม้ที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงสามารถใส่เข้าไปในเตาได้มากที่สุด 1000 กรัม จากนั้นลองเปิด damper เพื่อให้อากาศผ่านเข้าไปในเตาทีละ 10 % ปรากฏว่าที่ damper เปิด 10 % น้ำหนักไม้ 1000 กรัม ไม้ฟืนไม่สามารถติดไฟได้ เนื่องจากอากาศที่เข้าสู่เตาไม่เพียงพอในการสันดาป ต่อมาเมื่อเปิด damper 20 % ไม้ก็ยังไม่สามารถติดไฟได้ และเมื่อเปิด damper 30 % ไม้จึงสามารถติดไฟได้ ดังนั้นจึงเริ่มทำการทดลองครั้งแรกที่น้ำหนักไม้ 1000 กรัมและเปิด damper 30 % การทดลองครั้งที่สองและสามต่อมาได้ให้น้ำหนักไม้คงที่ไว้ 1000 กรัม

แล้ว เปิด damper เพิ่มขึ้นเป็น 40 % และ 50 % ตามลำดับ จากนั้นเริ่มลดน้ำหนักไม้ให้เหลือ 800 กรัมและ 600 กรัม แล้วเปิด damper 30 % ,40 %, 50 % เหมือนกับการทดลองที่น้ำหนักไม้ 1000 กรัม สรุปว่าในการทดลองได้ใช้น้ำหนักไม้ 1000, 800 และ 600 กรัม เปิด damper 3 ค่าคือ 30 %, 40 % และ 50 %

วิธีการทดลอง เริ่มด้วยชั่งน้ำหนักน้ำที่จะใช้ทดลอง โดยน้ำที่ใส่ในหม้ออลูมิเนียมใบที่หนึ่งหนัก 2000 กรัม ใบที่สองและสามหนักอย่างละ 1000 กรัม จดอุณหภูมิเริ่มต้นของน้ำและผิวภาชนะ นำหม้ออลูมิเนียมใบที่สองและสามชั่งชั่งน้ำหนักน้ำเตรียมไว้แล้ววางบนช่องเตาที่สองและสามตามลำดับ เปิด damperไว้ตามที่ต้องการทดลอง จากนั้นก่อไฟในช่องเตาแรกโดยใช้เศษกระดาษและเศษไม้ชิ้นเล็ก ๆ หนัก 80 กรัม นำเชื้อเพลิงที่ชั่งน้ำหนักเตรียมไว้แล้วใส่เข้าทางปากเตา รอประมาณ 5 นาที เชื้อเพลิงจะเริ่มติดไฟ นำหม้ออลูมิเนียมใบที่หนึ่งวางบนช่องเตาที่หนึ่ง เริ่มจับเวลา ขณะนี้เปลวไฟจากเชื้อเพลิงจะให้ความร้อนแก่ก้นหม้อใบที่หนึ่ง ส่วน flue gas จะผ่านไปอุ่นน้ำในหม้อใบที่สองและสาม แล้วผ่านออกทางปล่องเตาสู่บรรยากาศ เนื่องจากไม้ฟืนที่เป็นเชื้อเพลิงจะถูกเผาไหม้ไปเรื่อย ๆ ดังนั้นขณะทดลองจึงต้องดันไม้เข้าไปในเตาเรื่อย ๆ อย่างสม่ำเสมอ เมื่อน้ำในหม้อใบแรกเดือด บันทึกระยะเวลาที่ใช้ในการต้มน้ำจนเดือด อุณหภูมิของน้ำขณะเดือดและอุณหภูมิของผิวภาชนะ ไม้ฟืนที่เป็นเชื้อเพลิงยังคงถูกเผาไหม้ไปเรื่อย ๆ จนหมดเปลวไฟก็จะดับ คงเหลือแต่ถ่านก้อนเล็ก ๆ กับขี้เถ้าจำนวนเล็กน้อย ซึ่งขณะนั้นอุณหภูมิของน้ำในหม้อใบที่สองและสามจะคงที่ไม่เพิ่มขึ้นอีก จดระยะเวลาที่เชื้อเพลิงเริ่มติดไฟจนเปลวไฟในเตาดับ อุณหภูมิสูงสุดในหม้อใบที่สองและสาม อุณหภูมิของผิวภาชนะใบที่สองและสาม ชั่งน้ำหนักของน้ำที่เหลือในหม้อใบที่หนึ่งเพื่อหาน้ำหนักน้ำที่กลายเป็นไอ (ถ้าน้ำในหม้อใบที่สองและสามเดือดก็ต้องจดระยะเวลาที่ใช้ในการต้มน้ำจนเดือดและน้ำหนักน้ำที่กลายเป็นไอด้วย) จากนั้นชั่งน้ำหนักถ่านที่เหลือจากการเผาไหม้ของไม้ฟืน ซึ่งถ่านที่เหลือจำนวนนี้ต้องนำไปวิเคราะห์หาค่าความร้อนของถ่านต่อไป เป็นอันสิ้นสุดการทดลองครั้งหนึ่ง ๆ