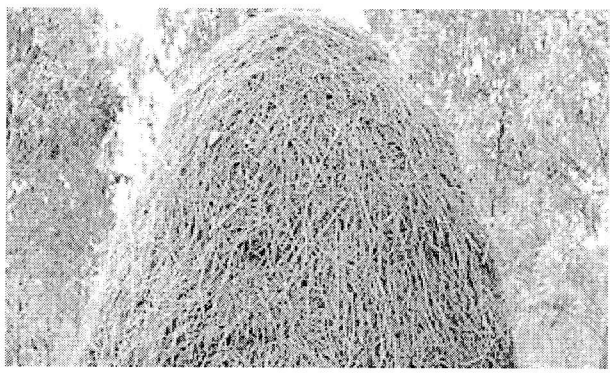
บทที่ 3
ขั้นตอนการดำเนินงาน

ในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนในการนำฟางข้าวที่ได้จากการทำนามาอัดขึ้นรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิงชีวมวลแข็ง เพื่อนำเข้ากระบวนการเปลี่ยนเชื้อเพลิงแข็งให้เป็นเชื้อเพลิงก๊าซซึ่งเรียกว่า กระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน และนำก๊าซที่ได้ใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับผลิตไฟฟ้า ซึ่งขั้นตอนการผลิตเชื้อเพลิงแข็งมีดังต่อไปนี้

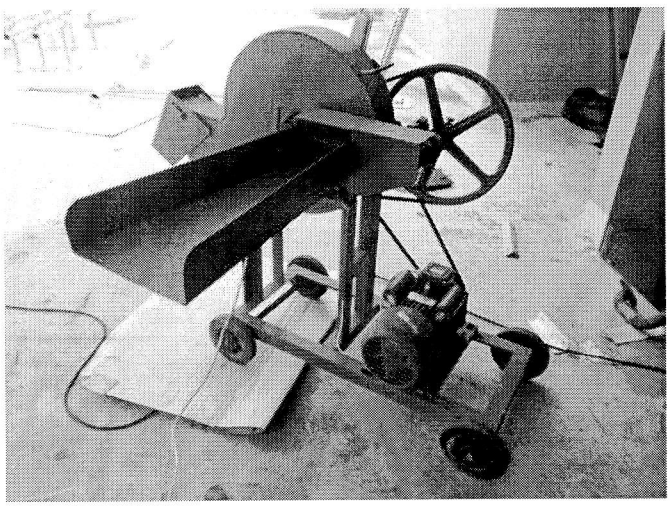
1. ขั้นตอนการขึ้นรูปเชื้อเพลิงแข็ง

ฟางข้าวที่ได้จากการทำนาจะมีลักษณะเป็นเส้นยาวบ้างสั้นบ้างและมีความหนาแน่นน้อยจึงยังไม่เหมาะสมสำหรับการใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเตาแก๊สซิไฟเออร์ขนาดเล็ก จึงต้องนำมาสับให้เป็นชิ้นเล็กๆ เพื่ออัดขึ้นรูปเป็นแท่งเชื้อเพลิง โดยผสมกับวัสดุที่ช่วยในการจับยึดเศษฟางข้าวเข้าด้วยกัน คือ แป้งมันสำปะหลังและน้ำ

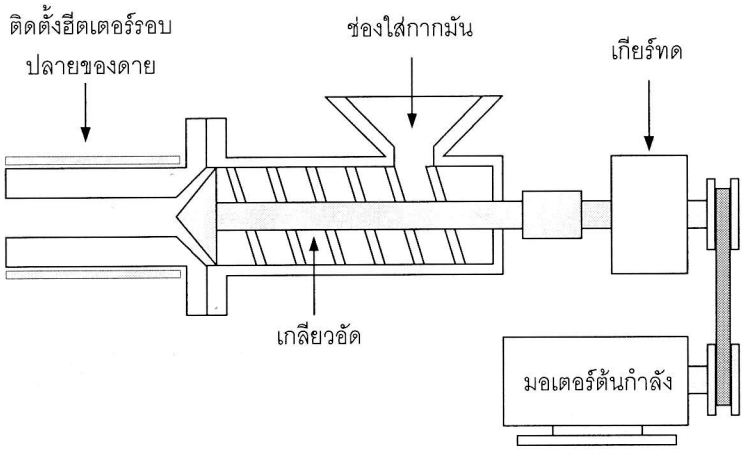


ภาพที่ 12 ฟางข้าว

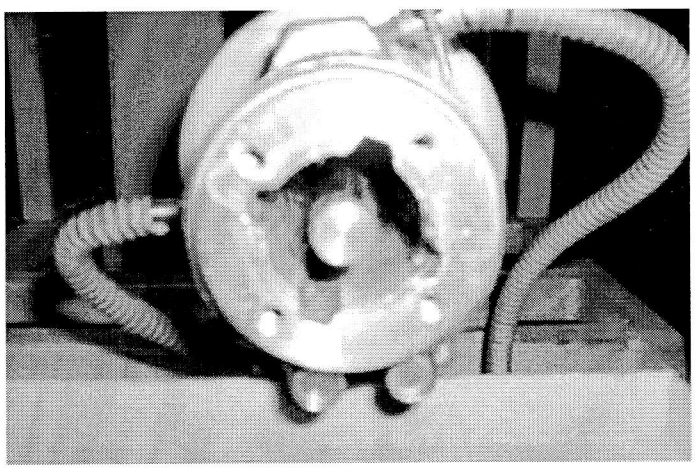
กระบวนการขึ้นรูปแท่งเชื้อเพลิงฟางข้าวจะอาศัยหลักการของการอัดด้วยเกลียวเอ็กทรูชัน โดยสับฟางข้าวให้เป็นชิ้นขนาดเล็กๆด้วยเครื่องสับซึ่งประยุกต์มาจากเครื่องสับต้นข้าวโพด แล้วผสมฟางข้าวที่สับแล้วกับแป้งมันสำปะหลังและน้ำเพื่อช่วยเชื่อมประสานให้ฟางข้าวขึ้นรูปเป็นแท่งและมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น ในกระบวนการนี้อาจผสมวัสดุชีวมวลชนิดอื่นๆ เช่น ใบไม้ กิ่งไม้สับ ใบอ้อย หรือซังข้าวโพด เพื่อการจับยึดตัวที่ดีขึ้น



ภาพที่ 13 เครื่องสับฟางข้าว



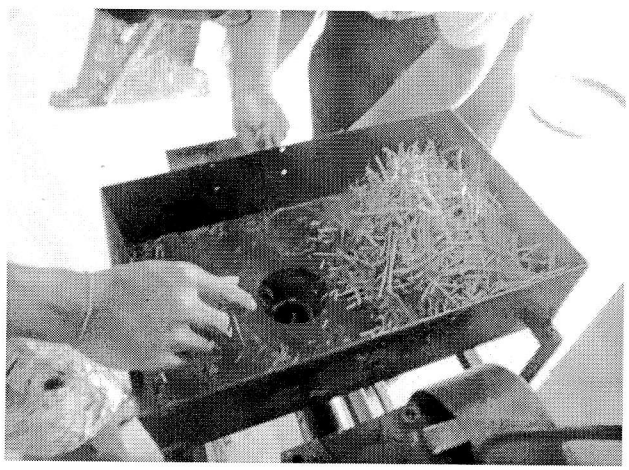
ภาพที่ 14 โครงสร้างของหัวอัดขึ้นรูปแท่งเชื้อเพลิงฟางข้าว



รูปที่ 15 หัวอัดขึ้นรูปฟางข้าวอัดแท่ง

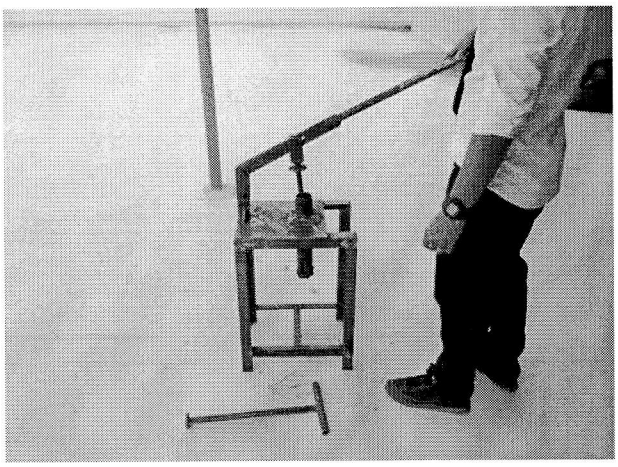
ตารางที่ 1 ข้อมูลเบื้องต้นของเครื่องอัดขึ้นรูปกากแท่งเชื้อเพลิงฟางข้าว

มอเตอร์ต้นกำลัง	2 แรงม้า
แรงดันไฟฟ้า	3 phase 380V, 50Hz
กระแสไฟฟ้า	0.8 A/phase
ความเร็วรอบ	275 รอบต่อนาที
อัตราส่วนเกียร์ทด	27.5 : 1
ความเร็วรอบของเครื่องที่ใช้	10 รอบ
การปรับความถี่	ใช้อินเวอร์เตอร์
ความถี่ที่ใช้	10 Hz
ฮีตเตอร์	500 วัตต์



ภาพที่ 16 เครื่องขึ้นรูปแท่งฟางข้าว

ภาพที่ 17 การผสมฟางข้าวกับแป้งมันสำปะหลัง



ภาพที่ 18 เครื่องขึ้นรูปแท่งฟางข้าวแบบอัดด้วยแรงคน

1.1 ลักษณะทางกายภาพของเชื้อเพลิงแข็งที่ผลิต

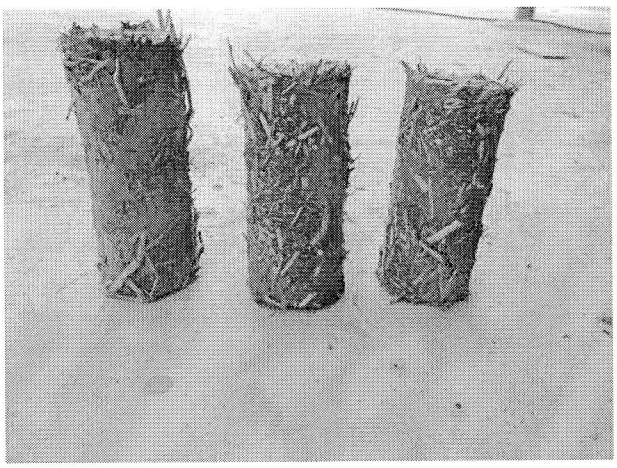
จากการขึ้นรูปแท่งเชื้อเพลิงฟางข้าวด้วยเครื่องพบปัญหาว่าไม่สามารถขึ้นรูปได้ เนื่องจากฟางข้าวที่สับแล้วมีขนาดไม่เล็กพอทำให้เส้นใยของฟางข้างคืนตัวออกไม่จับรวมตัวเป็นก้อน จึงแก้ปัญหาโดยการเปลี่ยนวิธีอัดโดยสร้างเครื่องอัดก้อนด้วยแรงคนขึ้น ตามภาพที่ 18 ทำให้สามารถแก้ปัญหาได้ ฟางข้าวที่ได้จากการอัดขึ้นรูปมีความยาวโดยเฉลี่ยประมาณ 7-10 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกประมาณ 5 เซนติเมตร ความยาวของแท่งเชื้อเพลิงชีวมวลเกิดจากการหักด้วยน้ำหนักของตัวแท่งเองตามแรงโน้มถ่วงของโลก ข้อมูลของลักษณะทางกายภาพของเชื้อเพลิงชีวมวลแข็งที่ผลิตได้แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ลักษณะทางกายภาพของเชื้อแท่งเพลิงฟางข้าวที่ผลิตได้

ลักษณะทางกายภาพ	หน่วย	ปริมาณ
น้ำหนัก	g/piece	41.4
ความหนาแน่น	mg/cc	873
เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก	cm	5
ความยาวเฉลี่ย	cm	10
ความชื้น	%	50
พลังงานความร้อนที่ใช้	kJ/piece	6.07

หลังจากที่ได้แท่งเชื้อเพลิงฟางข้าวแล้วยังไม่สามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในระบบแก๊สซิฟิเคชันได้ เนื่องจากยังคงมีความชื้นสูงอยู่ ในขั้นตอนการทดลองนี้ใช้จะนำแท่งเชื้อเพลิงที่ได้ไปตากแดดให้แห้ง

โดยใช้เวลาในการตากประมาณ 1 วัน แท่งเชื้อเพลิงที่ได้หลังจากการตากแดดแล้วจะมีความชื้นแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการตากและปัจจัยอื่น เช่น อุณหภูมิแวดล้อม ความชื้นสัมพัทธ์ และการถ่ายเทของอากาศ เป็นต้น



ภาพที่ 19 ฟางข้าวที่อัดขึ้นรูปแล้ว

2. โครงสร้างและองค์ประกอบของระบบที่ใช้ในการทดสอบ

ผู้วิจัยได้ทำการสร้างระบบผลิตแก๊สชีวมวลขึ้นเพื่อใช้ทดสอบแท่งเชื้อเพลิงฟางข้าวที่ผลิตขึ้น และได้ทำการเปรียบเทียบผลของแก๊สชีวมวลที่ได้จากแท่งเชื้อเพลิงฟางข้าวกับแก๊สชีวมวลที่ได้จากถ่านไม้ ระบบผลิตแก๊สชีวมวลที่สร้างขึ้นประกอบด้วยส่วนหลักๆ ดังต่อไปนี้

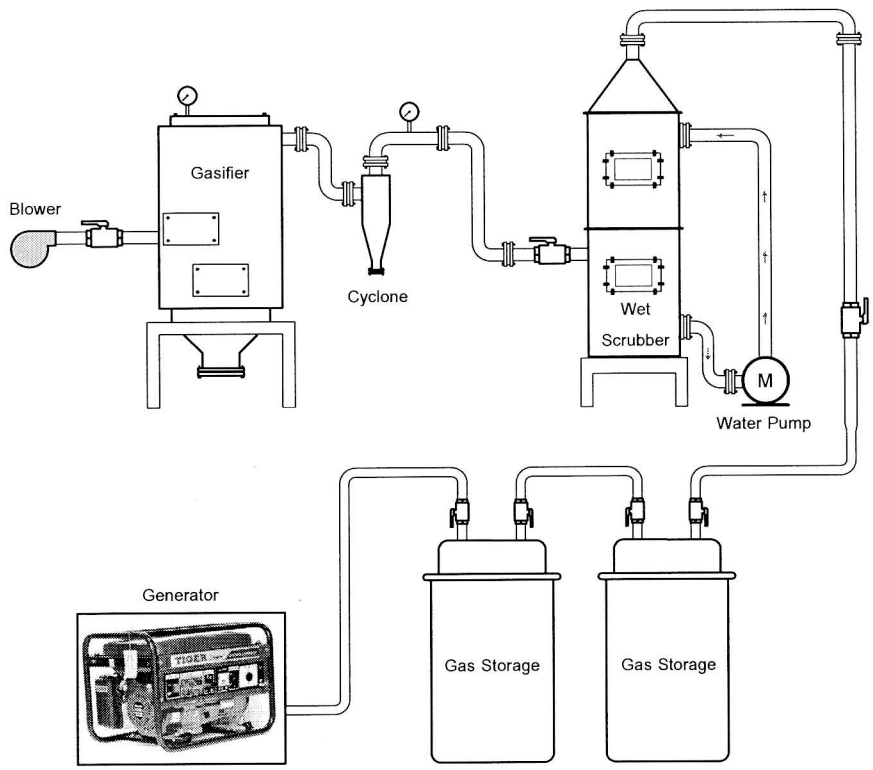
1) เตาแก๊สซิไฟเออร์
2) ไซโคลน
3) เครื่องพ่นจับแบบเปียก (Wet Scrubber)
4) ถังเก็บแก๊ส
5) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก

ภาพที่ 20 แสดงการต่อเชื่อมกันของอุปกรณ์ในระบบผลิตแก๊สชีวมวลที่สร้างขึ้น หลักการทำงานเบื้องต้นและรายละเอียดของส่วนประกอบหลักๆ ของระบบมีดังต่อไปนี้

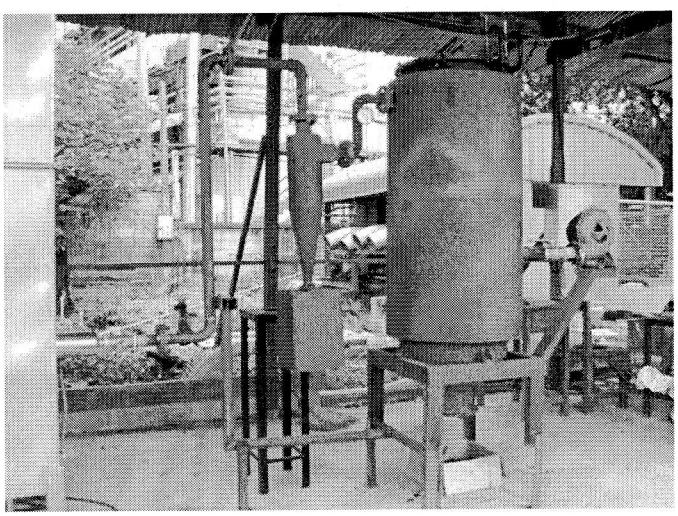
2.1 เตาแก๊สซิไฟเออร์

เตาแก๊สซิไฟเออร์ที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการทดสอบการให้กำเนิดแก๊สชีวมวลของกากมันสำปะหลังนี้เป็นแบบอากาศไหลลง (Downdraft) ซึ่งเตาชนิดนี้มีจุดประสงค์ให้ผลิตภัณฑ์จากชั้นไพโรไลซิสไหลผ่านชั้นเผาไหม้ ซึ่งมีอุณหภูมิสูงจะทำให้เกิดการแตกตัวเป็นแก๊สก่อนที่จะไหลออกจากเตาผลิตแก๊ส ดังภาพที่ 21 แก๊สชีวมวลที่ผลิตได้จึงมีทาร์ต่ำแต่มีอุณหภูมิสูง 300 - 500°C จุดสำคัญเตาแก๊สซิไฟเออร์แบบไหลลงก็คือ ลักษณะชั้นเผาไหม้ รูปแบบของตะแกรง และวิธีการป้อนอากาศ โดยวิธีการป้อน

อากาศและรูปร่างของชั้นเผาไหม้ที่เล็กลงโดยการลดพื้นที่หน้าตัดตำแหน่งป้อนอากาศเพื่อให้อุณหภูมิมีค่าสูงเพียงพอในการสลายทาร์ เชื้อเพลิงที่มีเถ้าสูงกว่าร้อยละ 6 และความชื้นสูงกว่าร้อยละ 20 ไม่เหมาะสมกับเตาผลิตแก๊สซิไฟเออร์แบบไหลลง เนื่องจากเถ้าอาจจะหลอมละลายติดกับคอคอดขัดขวางการไหลของเชื้อเพลิงและแก๊ส



ภาพที่ 20 ระบบผลิตแก๊สชีวมวลที่ใช้ในการทดสอบ



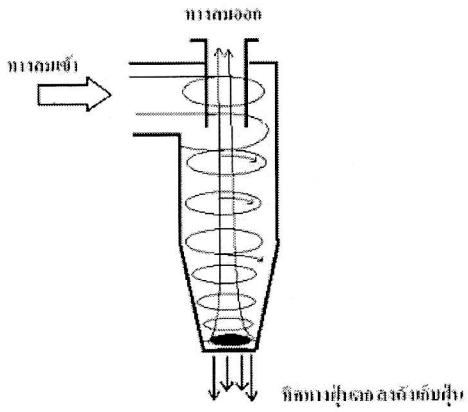
ภาพที่ 21 เตาแก๊สซิไฟเออร์ที่สร้างขึ้น

ตารางที่ 3 ข้อมูลของเตาแก๊สซิไฟเออร์ขนาดเล็กที่สร้างขึ้น

เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก	เซนติเมตร	72
เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน	เซนติเมตร	56
ความสูง	เซนติเมตร	159
เส้นผ่าศูนย์กลางของห้องเผาไหม้	เซนติเมตร	20.5

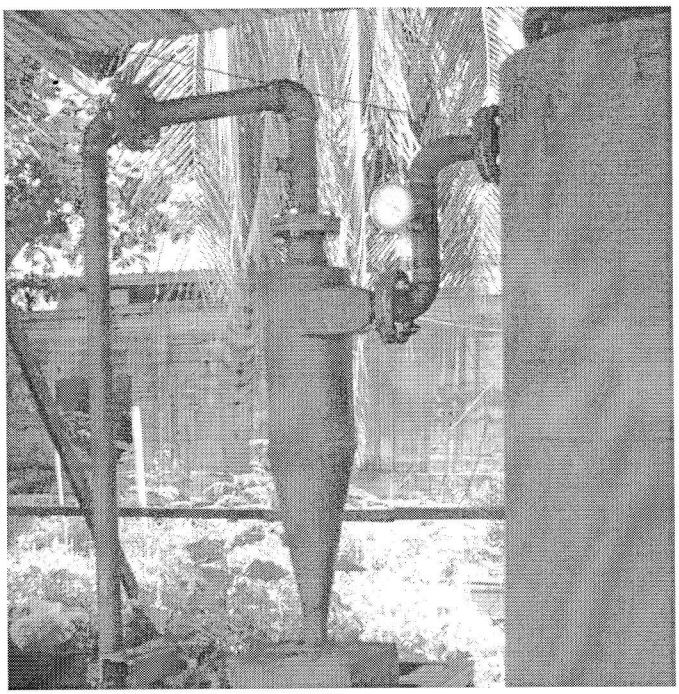
2.2 ไซโคลน

ไซโคลนเป็นเครื่องมือสำหรับแยกอนุภาคขนาดใหญ่ออกจากกระแสก๊าซโดยใช้แรงหนีศูนย์กลางซึ่งเกิดจากการทำให้กระแสก๊าซหมุนวน (Vortex) เนื่องจากรูปร่างลักษณะของไซโคลนกระแสที่ไหลเข้าสู่ไซโคลนตามแนวสัมผัสหรือตามแนวแกนโดยผ่าน Vanes ไม่ว่ากรณีใดการทำงานของไซโคลนขึ้นกับความเฉื่อย (Inertia) ของอนุภาคที่จะเคลื่อนในแนวเส้นตรงเมื่อก๊าซเปลี่ยนทิศทางหนีแรงศูนย์กลางจะเหวี่ยงอนุภาคไปยังผนังของไซโคลนและเคลื่อนลงถังพักภาพที่ 22 แสดงการเคลื่อนตัวของลมและฝุ่นในไซโคลน



ภาพที่ 22 การเคลื่อนตัวของลมและฝุ่นในไซโคลน

ระบบผลิตแก๊สชีวมวลที่สร้างขึ้นนี้ติดตั้งไซโคลนในตำแหน่งถัดจากเตาแก๊สซิไฟเออร์ (ดูภาพ 21) เพื่อทำหน้าที่กรองเอาฝุ่นและเถ้าถ่านที่ปะปนมากับแก๊สที่ผลิตได้ก่อนส่งเข้ากระบวนการต่อไป ไซโคลนที่สร้างขึ้น แสดงดังภาพที่ 23

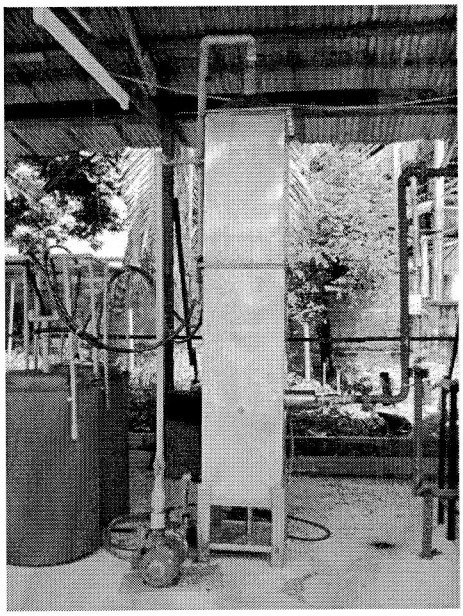


ภาพที่ 23 ไซโคลนที่สร้างขึ้น

2.3 เครื่องพ่นจับแบบเปียก

เครื่องพ่นจับแบบเปียก (Wet Scrubber) เป็นระบบที่สามารถนำสิ่งเจือปนในกระแสอากาศออกโดยให้มีการสัมผัสกับของเหลว แต่เดิมนั้นในเครื่องพ่นจับแบบเปียกอนุภาคจะถูกดักเก็บโดยหยดของเหลวหรือไม่ก็ของเหลวที่ไหลอย่างต่อเนื่องในรูปแบบของกำแพงกั้นที่เปียก แผ่นของเหลว (Liquid Sheet) เป็นต้น ละอองของเหลวในเครื่องพ่นจับแบบเปียกเป็นหนึ่งในหลายๆ วิธีที่มักนำมาใช้เป็นอุปกรณ์ในการควบคุมมลพิษทางอากาศซึ่งอาจจะทำให้เกิดการรวมกันของแก๊ส อนุภาคที่ต้องการควบคุมและสภาวะของแก๊ส ทั้งอุณหภูมิและความชื้น เครื่องพ่นจับแบบเปียกมีข้อดี คือ สามารถลดความเสี่ยงในการฟุ้งกระจายของอนุภาคและสามารถใช้ได้กับแก๊สที่ร้อน อนุภาคที่เหนียว และของเหลว ข้อเสียคือปัญหาที่จะต้องกำจัดของเหลวที่ออกจากระบบ และการกำจัดหรือการนำของเหลวที่มีการปนเปื้อนแล้วนำกลับมาใช้ใหม่

ในงานวิจัยนี้นำเครื่องพ่นจับแบบเปียกมาใช้ดักจับฝุ่นละอองที่มีอนุภาคขนาดเล็กที่หลุดลอดผ่านไซโคลนออกมาได้ โดยวางตำแหน่งของเครื่องพ่นจับแบบเปียกไว้ต่อจากไซโคลน เครื่องพ่นจับแบบเปียกที่ใช้ในการทดลองเป็นแบบหอสเปรย์น้ำ (Spray Tower) แสดงดังภาพที่ 24



ภาพที่ 24 เครื่องพ่นจับแบบเปียกที่สร้างขึ้น

2.4 ถังเก็บแก๊ส

ได้ทำการออกแบบถังเก็บแก๊สอย่างง่ายขึ้นจำนวน 2 ชุด เพื่อใช้เก็บแก๊สชีวมวลที่ผ่านจากระบบทำความสะอาดแก๊สมาแล้ว โดยใช้ถังพลาสติกขนาด 150 ลิตร คว่ำลงในถังพลาสติกขนาด 200 ลิตร ที่มีน้ำบรรจุอยู่ภายในป้องกันไม่ให้แก๊สรั่วไหลออกมาและติดตั้งวาล์วสำหรับปิด-เปิดแก๊ส เพื่อนำไปใช้งาน ตามภาพที่ 25 ถังเก็บแก๊สที่ออกแบบขึ้นนี้สามารถกักเก็บแก๊สชีวมวลได้ประมาณชุดละ 100 ลิตร

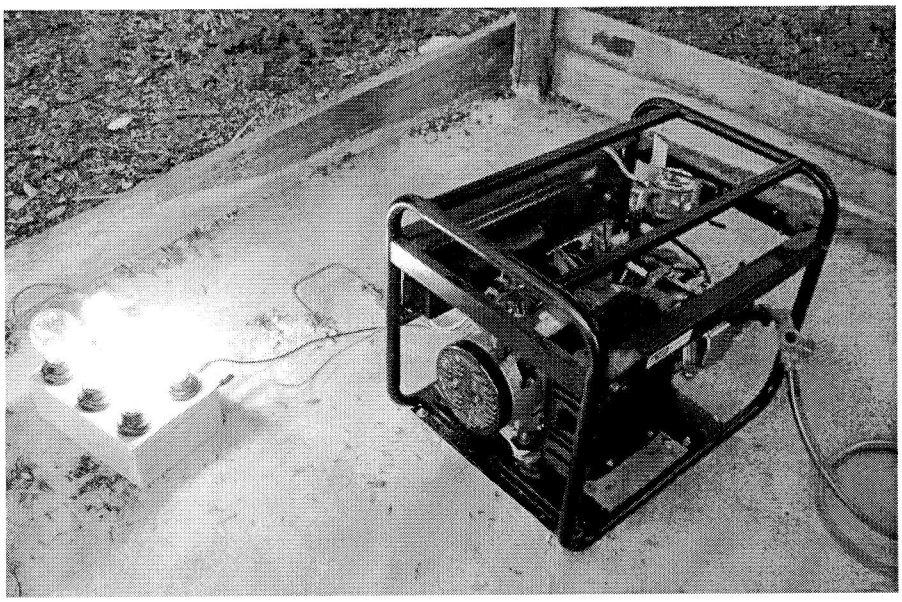
ภาพที่ 25 ถังเก็บแก๊ส

2.5 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ได้ทำการทดสอบคุณภาพของแก๊สชีวมวลที่ผลิตได้จากระบบ โดยการใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก ซึ่งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบใช้แก๊สแอลพีจีเป็นเชื้อเพลิง โดยได้ทำการดัดแปลงระบบของเครื่องให้สามารถใช้กับแก๊สชีวมวลได้ ข้อมูลและรายละเอียดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้ในการทดลองแสดงดังตารางที่ 4 และภาพที่ 26

ตารางที่ 4 รายละเอียดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

รายละเอียด		ข้อมูล
เครื่องยนต์	Model	LPG160
	Type	Air-Cooled, 4 Stroke, OHV
	Displacement (cc)	163
	Diameter x Stroke (mm)	68 x 45
	Rate Output (kW/rpm)	2.8/3000, 3.2/3600
	Fuel	LPG
	Gas Flow Rate (kg/h)	1.1
	Noise Level (dBA/at 7m)	78
เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	Rated Frequency (Hz)	50
	Maximum Output (kVA)	2.2
	Rated Output (kVA)	2.0
	AC Output Voltage (V)	220-240
	DC Output (V, A)	12V, 8.3A
	Net Weight (kg)	36
	Dimensions (mm)	590 x 433 x 430



ภาพที่ 26 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้ในการทดลอง