

ประสิทธิภาพการดักจับฝุ่นและความดันตกคร่อมของอุปกรณ์ดักฝุ่นแบบเป็ยกชนิดอีเจ็คเตอร์ กับชนิดคอคอด

Dust Particle Removal Efficiency and Pressure Drop of Ejector Scrubber and Venturi Scrubber

อิทธิพล กลวงศ์¹, ธนภฤต นนท์ชนะ² และ กุลเชษฐ์ เพียรทอง¹

¹ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี 34190

² ศูนย์วิจัยและบริการด้านพลังงาน ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี 34190

*ติดต่อ: E-mail: itthipol13@gmail.com, โทร 045-3533300, โทรสาร 045-353333

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดักจับฝุ่นและความดันตกคร่อม ของอุปกรณ์ดักฝุ่นแบบเป็ยกชนิดอีเจ็คเตอร์ (Ejector scrubber) กับชนิดคอคอด (Venturi scrubber) ในระบบแก๊สซิฟิเคชัน (Gasification) ขนาด 200 กิโลวัตต์ความร้อน ใช้เตาแบบ Double throat downdraft gasifier ใช้น้ำเป็นตัวกลางในการดักจับฝุ่น โดยอุปกรณ์ทั้ง 2 แบบ จะทำงานที่ช่วงความดันที่เหมาะสมสำหรับอุปกรณ์ ใช้ปั้มน้ำแบบ Muti stage centrifugal pump ในการจ่ายน้ำ ในช่วงอัตราการไหลน้ำ 7 - 45 ลิตรต่อนาที โดยควบคุมอุณหภูมิน้ำให้อยู่ที่ 30 องศาเซลเซียส ช่วงความดันของน้ำฉีดของอุปกรณ์ชนิดอีเจ็คเตอร์และชนิดคอคอด คือ 1-6 bar และ 0.25-1 bar ตามลำดับ จากการทดลองพบว่า ความดันตกคร่อมของอุปกรณ์ชนิดอีเจ็คเตอร์แปรผกผันกับแรงดันน้ำที่หัวฉีด ส่วนความดันตกคร่อมของอุปกรณ์ชนิดคอคอดแปรผันตรงกับแรงดันน้ำที่หัวฉีด โดยความดันตกคร่อมสูงสุดของอุปกรณ์ทั้ง 2 แบบ คือ 64 Pa และ 90 Pa ตามลำดับ ส่วนประสิทธิภาพในการดักจับฝุ่นของอุปกรณ์ชนิดอีเจ็คเตอร์และชนิดคอคอด มีแนวโน้มแปรผันตามแรงดันน้ำฉีด มีประสิทธิภาพสูงสุด 46.7% และ 88.5% ตามลำดับ จากการศึกษาสรุปได้ว่า อุปกรณ์ดักฝุ่นแบบเป็ยกชนิดอีเจ็คเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่มีความดันตกคร่อมน้อย แต่ให้ประสิทธิภาพในการดักจับฝุ่นต่ำ เนื่องจากพื้นที่สัมผัสของน้ำกับก๊าซน้อย ส่วนชนิดคอคอดเป็นอุปกรณ์ที่มีแรงดันตกคร่อมสูง เนื่องจากลำของสเปรย์น้ำไปขวางทิศทางการไหลของก๊าซ แต่ให้ประสิทธิภาพในการดักจับฝุ่นสูงกว่า

คำหลัก: Ejector scrubber, Venturi scrubber, ความดันตกคร่อม, ประสิทธิภาพการดักจับฝุ่น

Abstract

This research is a comparison study on the particle collecting efficiency and pressure drop between the ejector scrubber and the venturi scrubber operated with the 200 kW_{th} downdraft gasification system. Both scrubber use water as scrubbing fluid and operate at their suitable pressure ranges. The muti stage centrifugal pump is employed to supply high pressure water at flow rate of 7-45 liter/min and the water temperature is controlled at 30 °C. The ejector scrubber and the venturi scrubber are tested in pressure range of 1-6 bar and 0.25-1.0 bar, respectively. Results show that the pressure drop across the ejector scrubber is reversed to the water pressure but the pressure drop across the venturi scrubber is directly proposional to the water pressure. The maximum pressure drop of both scrubber are 64 Pa and 90 Pa, respectively. The particle collecting efficiency of the ejector scrubber and the venturi scrubber are proportional to water pressure. The maximum efficiency of the ejector scrubber and the venturi scrubber are 46.7% and 88.5%, respectively. From this study, it

ETM-19

can be concluded that the ejector scrubber usually operated with lower pressure drop, and has lower efficiency of dust particle removal, because of fewer gas-water contact areas. The venturi scrubber has higher pressure drop than that of the ejector scrubber because of the water sprays are designed to obstruct the gas steam, but it gives a higher efficiency of dust particle removal.

Keywords: Ejector scrubber, Venturi scrubber, Pressure drop, Dust removal efficiency.

1. บทนำ

การดักจับสิ่งปนเปื้อนที่มากับก๊าซเชื้อเพลิงชีวมวลในระบบแก๊สซิฟิเคชันก่อนที่จะนำไปใช้งาน จำเป็นต้องดักจับสิ่งปนเปื้อนออกมาให้ได้มากที่สุด เพราะสิ่งปนเปื้อนในก๊าซเชื้อเพลิง (ปริมาณฝุ่นและน้ำมันดิน) ถ้ามีปริมาณมากเกินไปอาจทำให้อุปกรณ์ต่างๆในระบบและเครื่องยนต์ที่นำก๊าซเชื้อเพลิงชีวมวลไปใช้งาน เกิดความเสียหายได้ ดังนั้น อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำสะอาดก๊าซเชื้อเพลิงชีวมวล จึงเป็นหัวใจสำคัญในระบบแก๊สซิฟิเคชัน

อุปกรณ์ที่ใช้ทำความสะอาดก๊าซเชื้อเพลิงชีวมวล ที่มีประสิทธิภาพสูงและนิยมนำไปใช้งานในระบบแก๊สซิฟิเคชัน คือ การทำความสะอาดก๊าซชีวมวลแบบเปียก (Wet scrubber) ใช้หลักการทำงาน คือ การพ่นละอองน้ำในทิศทางเดียวกันกับกระแสก๊าซ ผ่านบริเวณคอคอด (Venturi) โดยอนุภาคและสิ่งเจือปนจะถูกดักจับด้วยน้ำ และไหลลงสู่ถังพักด้านล่าง ส่วนก๊าซที่ถูกทำความสะอาดแล้ว จะไหลออกไปทางด้านบน และจากงานวิจัยของ X. Gamisans et al. [1] ศึกษาการกำจัดก๊าซพิษโดยใช้ Venturi scrubber 2 ขั้นตอน พบว่า เมื่อเพิ่มอัตราการไหลของน้ำ จะเกิดความสูญเสียความดันมากขึ้น แต่สามารถลดสารปนเปื้อนได้ดี Johnstone [2] ได้ออกแบบเครื่องดักอนุภาคและสิ่งเจือปนในก๊าซไอเสีย โดยใช้ Venturi scrubber โดยไอเสียถูกส่งเข้าไปโดยใช้โบวเวอร์ จึงเกิดการผสมระหว่างไอเสียกับละอองน้ำ และเกิดการไหลแบบปั่นป่วน ซึ่งเป็นผลดีต่อการผสมกันของก๊าซกับละอองน้ำ และมีเวลาสัมผัสกันมากขึ้น ในประเทศไทย บรรเทิง เจาะปาด และคณะ [3] ได้ศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการยึดจับฝุ่นในช่วงขนาดต่างๆ ซึ่งตัวแปรที่น่าสนใจ คือ ความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นในกระแสก๊าซ และอัตราส่วนน้ำต่ออัตราการไหลของก๊าซ พบว่า ประสิทธิภาพในการยึดจับอนุภาคจะสูงขึ้น เมื่ออนุภาคมีขนาดใหญ่ขึ้นและอัตราส่วนน้ำเพิ่มขึ้น

ทั้งนี้ในงานระบบแก๊สซิฟิเคชันนิยมนำเอาอุปกรณ์ดักฝุ่นแบบเปียกชนิดอีเจ็คเตอร์และอุปกรณ์ดักฝุ่น

แบบเปียกชนิดคอคอด มาใช้เป็นอุปกรณ์หลักในการกำจัดฝุ่นและน้ำมันดิน แต่ยังไม่มีการทดสอบถึงความแตกต่างของประสิทธิภาพและความดันตกคร่อม ของอุปกรณ์ทั้ง 2 แบบ ในระบบแก๊สซิฟิเคชัน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเลือกศึกษาความดันตกคร่อมและประสิทธิภาพของอุปกรณ์ดักฝุ่นแบบเปียกชนิดอีเจ็คเตอร์ (Ejector Scrubber) กับชนิดคอคอด (Venturi Scrubber)

2. ทฤษฎี

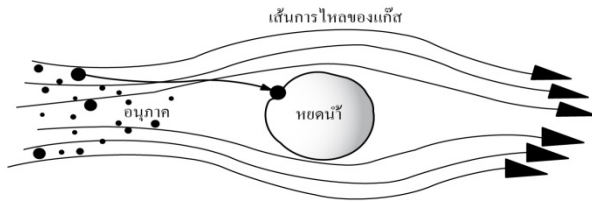
สกรับเบอร์แบบเปียก (Wet scrubber) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ดักจับอนุภาคฝุ่นละเอียด โดยใช้หยดน้ำหรือละอองน้ำเพื่อแยกอนุภาคฝุ่นออกจากกระแสก๊าซ โดยใช้น้ำหรือของเหลว สามารถทำได้ 3 วิธี คือ 1)ฉีดน้ำเป็นละอองฝอยผ่านไปยังกระแสก๊าซ 2)ปล่อยให้กระแสก๊าซไหลผ่านฟิล์มของของเหลวหรือน้ำด้วยความเร็วสูง และ 3)ปล่อยให้กระแสก๊าซไหลผ่านแผ่นวัสดุที่มีของเหลวเคลือบที่ผิว เครื่องดักจับฝุ่นแบบเปียกนอกจากจะสามารถดักจับฝุ่นขนาดเล็กที่ปนเปื้อนในกระแสก๊าซได้แล้ว ยังช่วยลดอุณหภูมิของก๊าซได้ด้วย

2.1 กลไกการดักจับอนุภาคฝุ่นในเครื่องดักจับฝุ่นแบบเปียก

การดักจับอนุภาคฝุ่นภายในเครื่องดักจับฝุ่นแบบเปียก อาศัยกลไกต่างๆที่เกิดขึ้นระหว่างอนุภาคฝุ่น กระแสก๊าซและน้ำ ซึ่งได้แก่ การกระทบและการแพร่

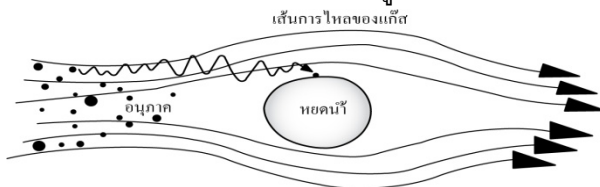
การดักจับอนุภาคฝุ่นโดยใช้การกระทบกันระหว่างอนุภาคฝุ่นกับละอองน้ำ เกิดขึ้นเมื่อฉีดหยดน้ำผ่านไปกับกระแสก๊าซ จากความแรงของกระแสน้ำที่ฉีด ไปกระทบอนุภาคฝุ่น จะทำให้อนุภาคฝุ่นเบนออกจากกระแสก๊าซ และติดอยู่กับหยดน้ำ ไม่สามารถเคลื่อนที่ไปกับกระแสก๊าซได้ ขนาดของแรงกระทบจะมีค่าแปรตามขนาดของอนุภาคฝุ่น โดยแรงกระทบจะมีค่ามากขึ้นเมื่ออนุภาคฝุ่นมีขนาดใหญ่ขึ้น ดังรูปที่ 1

ETM-19



รูปที่ 1 แรงกระทบที่กระทำกับอนุภาคฝุ่นและละอองน้ำ [4]

การดักจับอนุภาคฝุ่นโดยใช้การแพร่ จะเกิดขึ้นในกรณีที่อนุภาคฝุ่นมีขนาดเล็กมาก น้อยกว่า 1 ไมครอน อนุภาคเหล่านี้จะเบาและชนกับโมเลกุลของก๊าซขณะเคลื่อนที่ในกระแสดำเนิน การชนกันจะทำให้อนุภาคฝุ่นเคลื่อนที่ไปในทิศทางของการแพร่ ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 กลไกการดักจับอนุภาคฝุ่นโดยการแพร่ [4]

2.2 ขั้นตอนการดักจับอนุภาคฝุ่นในเครื่องดักจับฝุ่นแบบเปียก [5]

การดักจับอนุภาคฝุ่นโดยใช้เครื่องดักจับฝุ่นแบบเปียก มีขั้นตอนที่เกิดขึ้น 3 ขั้นตอน ได้แก่

ขั้นตอนที่ 1 การดักจับอนุภาคฝุ่น ขั้นตอนนี้ออนุภาคฝุ่นที่อยู่ในกระแสดำเนินจะถูกดักจับด้วยหยดน้ำหรือฟิล์มของของเหลว หรือแผ่นวัสดุที่มีของเหลวเคลือบผิว

ขั้นตอนที่ 2 การแยกหยดน้ำออกจากกระแสดำเนิน ขั้นตอนนี้จะใช้เครื่องดักละอองน้ำที่ติดอยู่ด้านบนของเครื่องดักจับฝุ่นแบบเปียก เพื่อแยกหยดน้ำออกจากกระแสดำเนิน

ขั้นตอนที่ 3 การบำบัดของเหลวที่จับฝุ่น ขั้นตอนนี้ของเหลวที่มีฝุ่นปนเปื้อนจะปล่อยทิ้งลงในบ่อพัก ซึ่งจะต้องทำการบำบัดก่อนทิ้งลงท่อระบายน้ำทิ้ง

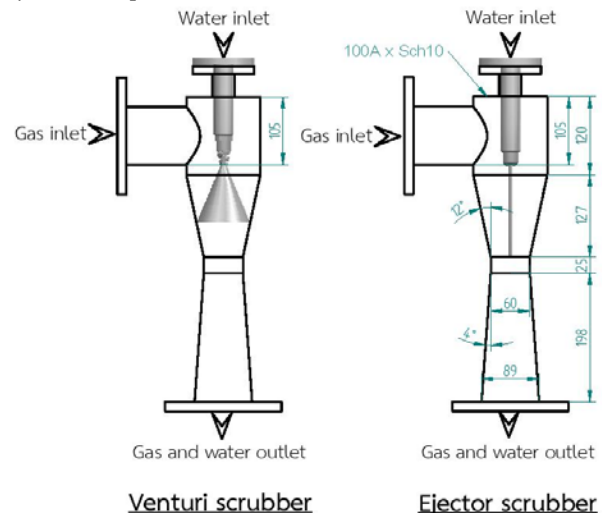
2.3 ประเภทของเครื่องดักจับฝุ่นแบบเปียก

อุปกรณ์ดักจับฝุ่นแบบเปียกที่นิยมนำไปใช้งานและให้ประสิทธิภาพสูงในการดักจับสิ่งปนเปื้อนที่มากับกระแสดำเนินในระบบแก๊สซิฟิเคชัน มี 2 แบบ ดังนี้

1. อุปกรณ์ดักจับฝุ่นแบบเปียกชนิดคอคอด (Venturi scrubber) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้หลักการทำงาน คือการสเปรย์น้ำฉีดให้เป็นละอองรูปทรงกรวย ในทิศทางเดียวกันกับ

กระแสดำเนิน ใช้แรงดันน้ำฉีดไม่สูง โดยมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ ส่วนของหัวฉีดน้ำ ทางเข้าของก๊าซ ห้องผสม และส่วนท่อเวนจูรี่ (Venturi tube)

2. อุปกรณ์ดักจับฝุ่นแบบเปียกชนิดอีเจ็คเตอร์ (Ejector scrubber) ใช้หลักการทำงานเหมือนกันกับชนิดคอคอด ต่างกันที่ การสเปรย์น้ำฉีดเป็นลำ ใช้แรงดันน้ำฉีดสูงกว่าชนิดคอคอด ลักษณะการสเปรย์น้ำฉีดและขนาดของอุปกรณ์ ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ลักษณะการสเปรย์น้ำฉีดและขนาดของอุปกรณ์ดักจับฝุ่นแบบเปียกชนิดคอคอดและชนิดอีเจ็คเตอร์

ทั้งนี้ อุปกรณ์ดักจับฝุ่นแบบเปียกทั้ง 2 แบบ จะมีช่วงความดันน้ำใช้งานต่างกัน โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ช่วงความดันน้ำฉีดของอุปกรณ์ดักจับฝุ่นแบบเปียกชนิดคอคอดและชนิดอีเจ็คเตอร์

Operating characteristics	Liquid-inlet pressure (P_L)
Venturi scrubber	7-100 kPa [6]
Ejector scrubber	100-830 kPa [6]

2.4 การคำนวณหาประสิทธิภาพในการดักเก็บอนุภาคของอุปกรณ์ดักจับฝุ่นแบบเปียก

ปริมาณฝุ่นที่ดักจับได้ของอุปกรณ์ดักจับฝุ่นแบบเปียกทั้ง 2 แบบ หาได้จากสมการที่ 1

$$M_T = M_I - M_C \quad (1)$$

M_T = ปริมาณฝุ่นที่อุปกรณ์ดักจับฝุ่นแบบเปียกสามารถดักจับได้ (mg)

ETM-19

M_I = มวลของอนุภาคทั้งหมดที่เข้าอุปกรณ์ดักฝุ่นแบบเปียก (mg)

M_C = มวลของอนุภาคหลังออกอุปกรณ์ดักฝุ่นแบบเปียก (mg)

ประสิทธิภาพในการดักเก็บอนุภาค (Collecting efficiency) หมายถึง อัตราส่วนของอนุภาคที่สามารถดักเก็บไว้ได้ต่ออนุภาคทั้งหมดที่ผ่านเข้ามาในระบบของอุปกรณ์ดักฝุ่นแบบเปียก โดยสามารถหาประสิทธิภาพของอุปกรณ์ดักฝุ่นแบบเปียก ได้จากการคำนวณในความสัมพันธ์ในสมการที่ 2 [7]

$$\eta_T = \frac{M_C}{M_I} \times 100 \quad (2)$$

โดยที่ η_T = ประสิทธิภาพรวมของอุปกรณ์ดักฝุ่นแบบเปียก

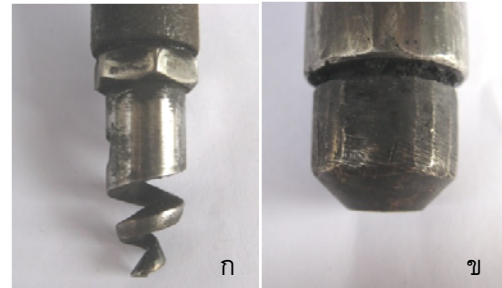
3. เครื่องมือและวิธีการทดลอง

ในการทดลองใช้อุปกรณ์ดักฝุ่นแบบเปียกชนิดอีเจ็คเตอร์กับชนิดคอคอดกับเตา Gasifier แบบ Double throat downdraft gasifier ขนาด 200 กิโลวัตต์ความร้อนทำการทดลองที่อัตราการไหลก๊าซ 6.21 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที อัตราการไหลน้ำช่วง 7-45 ลิตรต่อนาที โดยใช้ปั๊มน้ำแบบ Muti stage centrifugal pump และทำการควบคุมอุณหภูมิน้ำให้อยู่ที่ 30 องศาเซลเซียส จากช่วงความดันน้ำจืดที่เหมาะสมกับอุปกรณ์ดักฝุ่นทั้ง 2 แบบในตารางที่ 1 อุปกรณ์ดักฝุ่นแบบเปียกทั้ง 2 แบบ จะทำการทดลองในช่วงความดันของน้ำจืดที่เหมาะสมกับหลักการออกแบบอุปกรณ์ดักฝุ่น ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เงื่อนไขการทดลองช่วงความดันของน้ำจืด

ลำดับที่	ชนิดคอคอด (bar)	ชนิดอีเจ็คเตอร์ (bar)
1	0.25	1.00
2	0.50	2.00
3	0.75	3.00
4	1.00	4.00
5	-	5.00
6	-	6.00

ลักษณะของหัวฉีดทั้ง 2 แบบ ดังรูปที่ 4 ส่วนขนาดและวัสดุของหัวสเปรย์น้ำจืดที่ใช้ในการทดลองของอุปกรณ์ดักฝุ่นแบบเปียกทั้ง 2 แบบ ดังตารางที่ 3

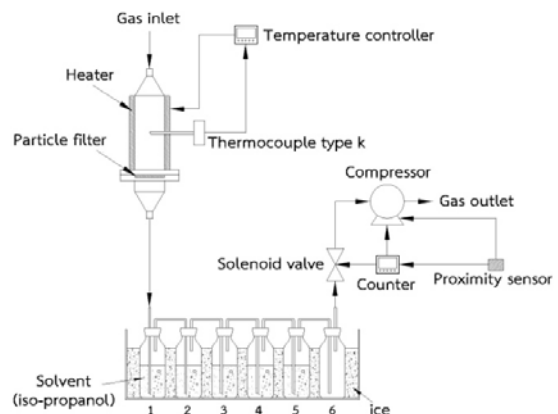


รูปที่ 4 ลักษณะของหัวฉีดทั้ง 2 แบบ (ก) หัวฉีดสำหรับอุปกรณ์ดักฝุ่นชนิดคอคอด (ข) หัวฉีดสำหรับอุปกรณ์ดักฝุ่นชนิดอีเจ็คเตอร์

ตารางที่ 3 ขนาดและวัสดุของหัวสเปรย์น้ำจืด

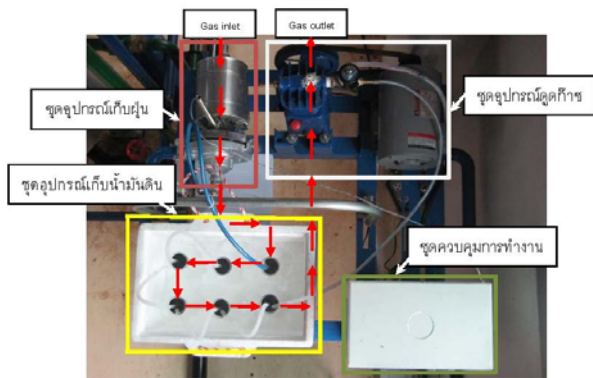
ชนิดคอคอด		ชนิดอีเจ็คเตอร์	
มุมฉีด	120°	มุมฉีด	0°
Orifice size	9.5 มม.	ϕ หัวฉีด	3 มม.
ϕ Nozzle	4.8 มม.	วัสดุ	Brass (JIS)
วัสดุ	SUS304		H3250
			C3604

วิธีเก็บฝุ่นและการสร้างอุปกรณ์ตรวจวัดเพื่อหาค่าปริมาณฝุ่น จะดำเนินการตามวิธีการตรวจวัดมาตรฐาน US.EPA Method 5 [8] จะแบ่งชุดอุปกรณ์ออกเป็น 4 ส่วน คือ ชุดอุปกรณ์เก็บตัวอย่างฝุ่น ชุดอุปกรณ์เก็บตัวอย่างน้ำมันดิน (tar) ชุดอุปกรณ์ควบคุมการทำงาน และชุดอุปกรณ์ดูดก๊าซ ดังรูปที่ 5-7

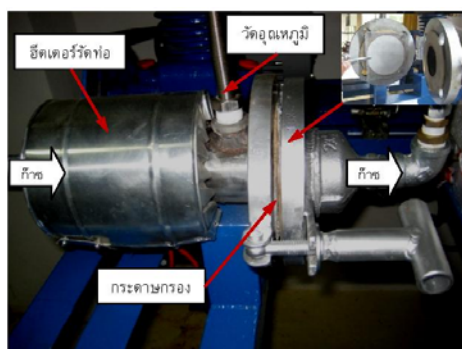


รูปที่ 5 ผังชุดอุปกรณ์เก็บตัวอย่างฝุ่น

ETM-19



รูปที่ 6 ภาพด้านบนชุดอุปกรณ์เก็บตัวอย่างฝุ่น



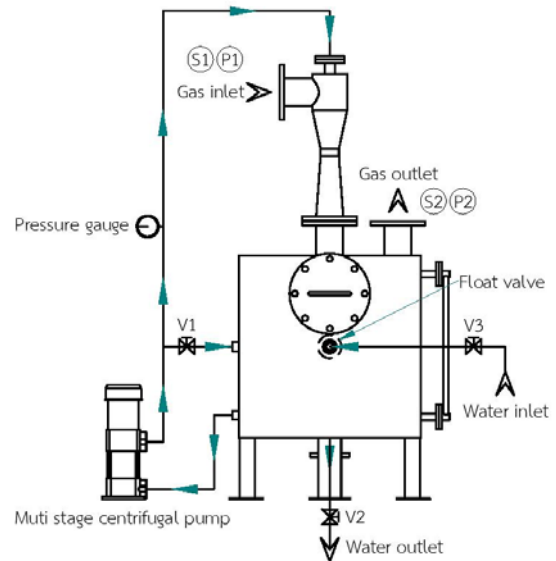
รูปที่ 7 ชุดอุณหภูมิก๊าซและส่วนติดตั้งกระต่ายกรอง

3.1 วิธีการทดลอง

3.1.1 วิธีการทดลองหาประสิทธิภาพการดักฝุ่นของอุปกรณ์ดักฝุ่นแบบเปียกชนิดอีเจ็คเตอร์กับชนิดคอคคอต

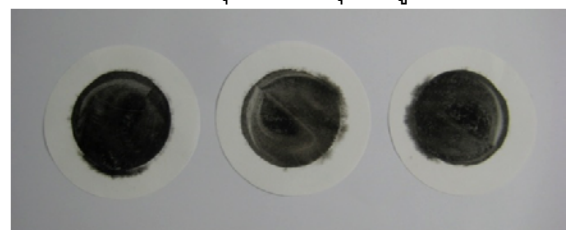
ในการทดลองจะควบคุมอัตราการไหลก๊าซให้คงที่ที่ 6.21 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที โดยใช้ Inverter ปรับรอบของพัดลมดูดก๊าซ โดยรายละเอียดของการดำเนินการทดลอง 2 อุปกรณ์ มีดังนี้ จากรูปที่ 8 ก๊าซจะถูกดูดผ่านอุปกรณ์ทั้ง 2 แบบ ด้วยพัดลมดูดก๊าซ และทำการจ่ายน้ำเพื่อสเปรย์น้ำในทิศทางเดียวกันกับกระแสก๊าซ ผ่านบริเวณคอคคอต โดยอนุภาคฝุ่นที่ถูกดักจับด้วยน้ำจะไหลลงสู่ถังพักด้านล่าง ซึ่งทำหน้าที่ในการแยกก๊าซและของเหลว (Gas liquid separator) ก๊าซที่ถูกทำความสะอาดแล้วจะไหลออกไปทางด้านบน วิธีการปรับแรงดันของน้ำฉีดในการทดลอง จะเปิดวาล์วปล่อยน้ำ (V1) ผ่านทางท่อ Bypass เข้าสู่ถังพักเพื่อลดแรงดันน้ำฉีด และจะเปิดวาล์วน้ำทิ้ง (V2) ด้านล่างของถังในกรณีที่อุณหภูมิสูงขึ้น

จนเกินค่าที่กำหนด และน้ำเต็มจะถูกเติมเข้ามาทางวาล์วลูกลอย (V3) เพื่อรักษาอุณหภูมิของน้ำ



รูปที่ 8 ผังชุดอุปกรณ์ดักฝุ่นแบบเปียก

ค่าปริมาณฝุ่นก่อนเข้าอุปกรณ์ดักฝุ่น จะเก็บตัวอย่างปริมาณฝุ่นก่อนเข้าอุปกรณ์ จำนวน 3 ตัวอย่าง เพื่อหาค่าเฉลี่ยปริมาณฝุ่นก่อนเข้าอุปกรณ์ โดยปริมาณฝุ่นที่วัดได้ก่อนเข้าอุปกรณ์ คือ 80.4 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร หลังจากนั้นเก็บตัวอย่างปริมาณฝุ่นหลังเข้าอุปกรณ์ของแต่ละการทดลอง แล้วนำปริมาณฝุ่นที่ติดบนกระต่ายกรองขนาดความละเอียด 3 ไมครอน ไปอบแห้งเพื่อไล่ความชื้นและนำไปชั่งน้ำหนัก และคำนวณปริมาณฝุ่นที่อุปกรณ์ดักฝุ่นสามารถดักจับได้ตั้งสมการที่ 1 ตัวอย่างกระต่ายกรองก่อนเข้าอุปกรณ์ดักฝุ่น ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 ตัวอย่างกระต่ายกรองก่อนเข้าอุปกรณ์

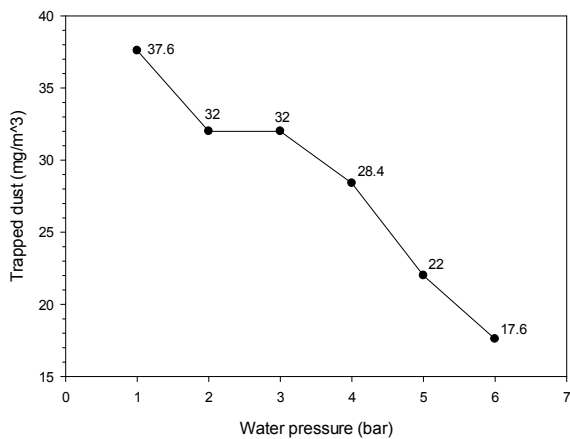
ส่วนการหาค่าความดันตกคร่อมของอุปกรณ์ จะใช้อุปกรณ์วัด Digital micro manometer (Airflow-PVM100) โดยวัดค่าความดันก่อนเข้า (P1) และหลังเข้าอุปกรณ์ (P2) ของแต่ละการทดลอง

ETM-19

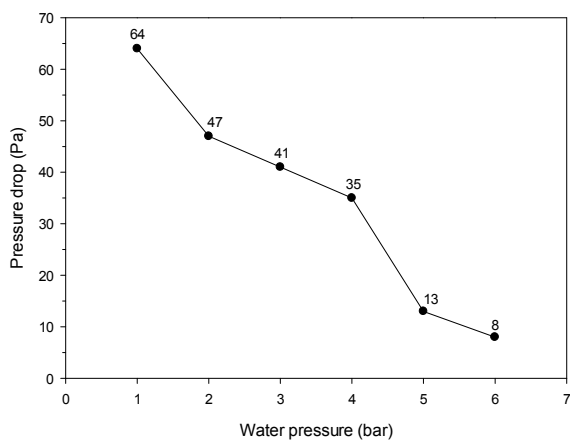
4. ผลการทดลอง

4.1 ปริมาณฝุ่นที่ดักจับได้และความดันตกคร่อมของอุปกรณ์ดักฝุ่นแบบเปียกชนิดอีเจ็คเตอร์

จากผลการทดลอง พบว่า ปริมาณฝุ่นที่ดักจับได้ มีแนวโน้มลดลง เมื่อมีการเพิ่มแรงดันของน้ำฉีด ดังรูปที่ 10 เนื่องจากการเพิ่มแรงดันน้ำฉีด ทำให้ลำน้ำฉีดมีความเร็วมากขึ้น ส่งผลให้การสัมผัสกันของน้ำกับก๊าซเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว จึงทำให้การดักจับฝุ่นได้น้อย และค่าความดันตกคร่อมของอุปกรณ์ จะมีค่าลดลงเมื่อมีการเพิ่มแรงดันของน้ำฉีด ซึ่งมาจาก เมื่อเพิ่มแรงดันน้ำฉีดมากขึ้น ทำให้โมเมนตัมของลำน้ำฉีดสูงขึ้น และสามารถเหนี่ยวนำกระแสก๊าซได้มากขึ้น ดังรูปที่ 11



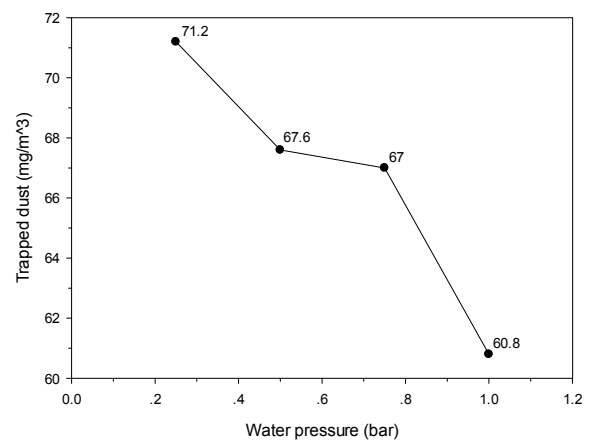
รูปที่ 10 ปริมาณฝุ่นที่ถูกดักจับได้เมื่อผ่านอุปกรณ์ดักฝุ่นแบบเปียกชนิดอีเจ็คเตอร์ที่แรงดันน้ำฉีดต่างๆ



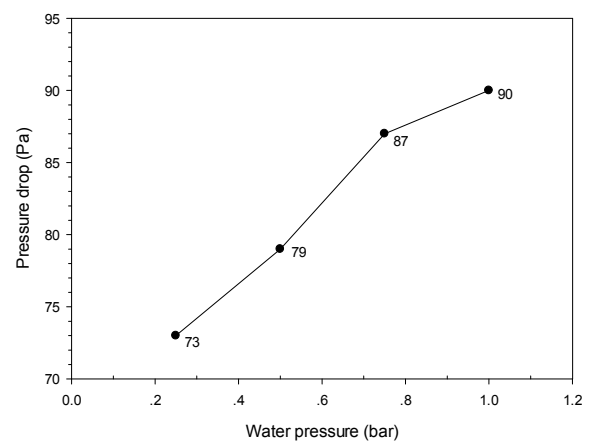
รูปที่ 11 ความดันตกคร่อมเมื่อผ่านอุปกรณ์ดักฝุ่นแบบเปียกชนิดอีเจ็คเตอร์ที่แรงดันน้ำฉีดต่างๆ

4.2 ปริมาณฝุ่นที่ดักจับได้และความดันตกคร่อมของอุปกรณ์ดักฝุ่นแบบเปียกชนิดคอคอด

จากผลการทดลอง พบว่าปริมาณฝุ่นที่ดักจับได้ มีแนวโน้มลดลง เมื่อมีการเพิ่มแรงดันของน้ำฉีด ดังรูปที่ 12 เนื่องจากการสเปรย์น้ำฉีดที่แรงดันสูงขึ้น ทำให้สเปรย์น้ำฉีดมีความเร็วมากขึ้น ส่งผลให้การสัมผัสกันของน้ำกับก๊าซเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้ดักจับฝุ่นได้น้อย ส่วนความดันตกคร่อมของอุปกรณ์จะมีค่าเพิ่มสูงขึ้น เมื่อเพิ่มแรงดันของน้ำฉีด เนื่องจากสเปรย์น้ำฉีดเป็นรูปทรงกรวยไปขวางทิศทางการไหลของก๊าซ ดังรูปที่ 13



รูปที่ 12 ปริมาณฝุ่นที่ถูกดักจับได้เมื่อผ่านอุปกรณ์ดักฝุ่นแบบเปียกชนิดคอคอดที่แรงดันน้ำฉีดต่างๆ

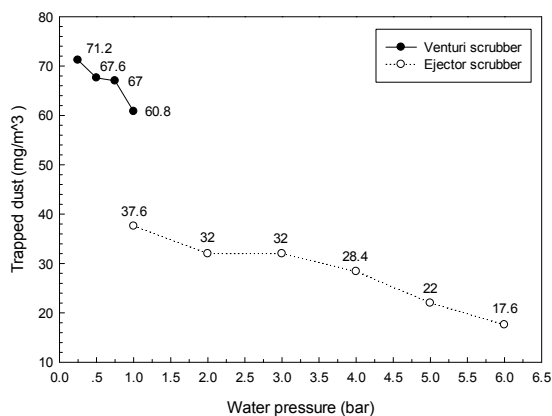


รูปที่ 13 ความดันตกคร่อมเมื่อผ่านอุปกรณ์ดักฝุ่นแบบเปียกชนิดคอคอดที่แรงดันน้ำฉีดต่างๆ

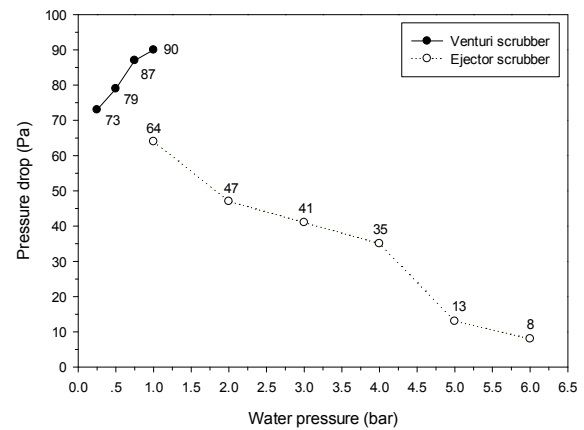
ETM-19

4.3 เปรียบเทียบอุปกรณ์ดักฝุ่นแบบเปียกชนิดอีเจ็คเตอร์กับชนิดคอคอด

เมื่อเปรียบเทียบการดักจับฝุ่นและความดันตกคร่อมของอุปกรณ์ดักฝุ่นแบบเปียกทั้ง 2 แบบ พบว่า อุปกรณ์ดักฝุ่นชนิดอีเจ็คเตอร์ดักจับฝุ่นได้น้อยกว่าชนิดคอคอด ดังรูปที่ 14 เนื่องจากสเปรย์น้ำของอีเจ็คเตอร์มีลักษณะเป็นลำน้ำฉีดที่มีความเร็ว ทำให้การสัมผัสกันของน้ำกับก๊าซเกิดขึ้นได้น้อย จึงดักจับฝุ่นได้น้อยกว่าชนิดคอคอด ส่วนความดันตกคร่อมของอุปกรณ์ดักฝุ่นชนิดอีเจ็คเตอร์มีความดันตกคร่อมลดลงเมื่อเพิ่มแรงดันของน้ำฉีด เนื่องจากลำน้ำฉีดมีความเร็วสูง สามารถเหนี่ยวลากกระแสก๊าซได้มากขึ้น แต่อุปกรณ์ดักฝุ่นชนิดคอคอดมีความดันตกคร่อมเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเพิ่มแรงดันของน้ำฉีด ดังรูปที่ 15 เนื่องจากการสเปรย์น้ำฉีดเป็นรูปทรงกรวย ไปขวางทิศทางการไหลของก๊าซ

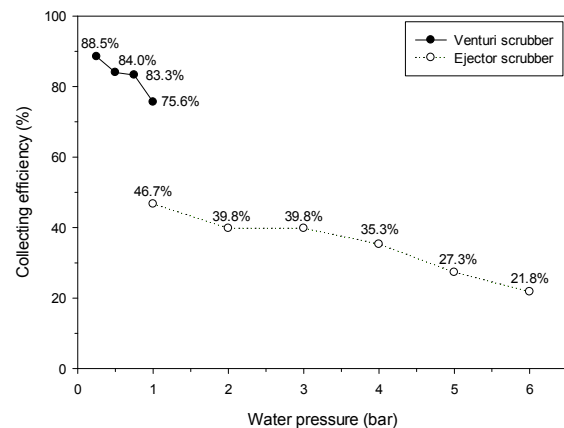


รูปที่ 14 ปริมาณฝุ่นที่ถูกดักจับได้เมื่อผ่านอุปกรณ์ดักฝุ่นแบบเปียกชนิดอีเจ็คเตอร์กับชนิดคอคอดที่แรงดันน้ำฉีดต่างๆ



รูปที่ 15 ความดันตกคร่อมของอุปกรณ์ดักฝุ่นแบบเปียกชนิดอีเจ็คเตอร์กับชนิดคอคอดที่แรงดันน้ำฉีดต่างๆ

และจากข้อมูลการดักจับฝุ่นของอุปกรณ์ดักฝุ่นที่ได้สามารถนำมาคำนวณประสิทธิภาพรวมและเพื่อนำมาเปรียบเทียบจะได้ผล ดังรูปที่ 16 โดยใช้สมการ 2



รูปที่ 16 ประสิทธิภาพการดักจับฝุ่นของอุปกรณ์ดักฝุ่นแบบเปียกชนิดอีเจ็คเตอร์กับชนิดคอคอดที่แรงดันน้ำฉีดต่างๆ

5. สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากการทดลองพบว่าประสิทธิภาพในการดักจับฝุ่นของอุปกรณ์ทั้ง 2 แบบ แปรผกผันกับแรงดันของน้ำฉีด โดยชนิดอีเจ็คเตอร์ มีประสิทธิภาพสูงสุดที่ 46.7% ที่ความดันน้ำฉีด 1 bar ส่วนชนิดคอคอดมีประสิทธิภาพสูงสุดที่ 88.5% ที่ความดันน้ำฉีด 0.25 bar ส่วนความดันตกคร่อมของชนิดอีเจ็คเตอร์มีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มแรงดันของน้ำฉีด โดยมีค่าต่ำสุด 8 Pa ส่วนชนิดคอคอด มีความดัน

ETM-19

ตกคร่อมเพิ่มสูงขึ้นเมื่อมีการเพิ่มแรงดันของน้ำฉีด และมีค่าต่ำสุด 73 Pa

จากผลการทดลองที่ได้สรุปได้ว่า อุปกรณ์ดักฝุ่นแบบเปียกชนิดดีเจ็คเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่มีความดันตกคร่อมน้อย แต่ให้ประสิทธิภาพในการดักจับฝุ่นต่ำเนื่องจากพื้นที่สัมผัสของน้ำกับก๊าซน้อย ส่วนชนิดคอคอดเป็นอุปกรณ์ที่มีแรงดันตกคร่อมสูง เนื่องจากลำของสเปรย์น้ำไปขวางทิศทางการไหลของก๊าซ แต่ให้ประสิทธิภาพในการดักจับฝุ่นสูง โดยประสิทธิภาพในการดักฝุ่นของอุปกรณ์ชนิดคอคอด มีความสอดคล้องกันกับงานวิจัยที่ผ่านมา สิ่งที่แตกต่างกันจากงานวิจัยอื่นจากผลการทดลองที่ได้ คือ การเพิ่มอัตราส่วนน้ำในอุปกรณ์ที่มากขึ้น ไม่มีผลต่อประสิทธิภาพในการดักจับฝุ่น แต่การสเปรย์น้ำฉีดให้เป็นละออง จะให้ประสิทธิภาพในการดักฝุ่นที่สูงกว่า

ดังนั้น ในระบบแก๊สซิฟิเคชันถ้าต้องการใช้อุปกรณ์ดักฝุ่นชุดเดียว ควรเลือกใช้อุปกรณ์ดักฝุ่นชนิดคอคอด เพราะให้ประสิทธิภาพในการดักฝุ่นสูง ควรออกแบบระบบลำเลียงก๊าซให้เหมาะสมกับความดันตกคร่อมที่สูง แต่ถ้าเลือกใช้อุปกรณ์ดักฝุ่นชนิดดีเจ็คเตอร์ จะต้องเพิ่มอุปกรณ์เป็น 2 ชุด ในระบบแก๊สซิฟิเคชัน เพื่อให้ประสิทธิภาพในการดักฝุ่นอยู่ในช่วงที่ต้องการและสามารถลดความดันตกคร่อมในระบบได้ ในส่วนของงานวิจัยที่ควรจะทำต่อในอนาคต ควรศึกษาในเรื่องของพลังงานที่ใช้ไปของอุปกรณ์ดักฝุ่นทั้ง 2 แบบ เพื่อนำมาเป็นข้อมูลในการเปรียบเทียบในด้านการลงทุน ความเหมาะสมสำหรับการใช้งานในระบบแก๊สซิฟิเคชัน นำข้อดีของอุปกรณ์ทั้ง 2 แบบ มาปรับในการออกแบบใหม่ ให้มีประสิทธิภาพการดักจับฝุ่นสูง แต่ยังมีค่าความดันสูญเสียต่ำ และควรศึกษาอิทธิพลของรูปแบบลำพุ่งของน้ำที่ใช้สเปรย์ รวมทั้งระยะติดตั้งและขนาด Area ratio ที่เหมาะสม

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่ได้ให้การสนับสนุนงานวิจัย

ศูนย์วิจัยและบริการด้านพลังงาน ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่ได้ให้การสนับสนุนและเป็นที่ปรึกษาในการทำงานวิจัย และศูนย์ทดลองวิชาการพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทน

และอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน จังหวัดปทุมธานี ที่ได้ให้การสนับสนุนอุปกรณ์ เครื่องมือ รวมทั้งสถานที่สำหรับทำงานวิจัย

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] X. Gamisans, M. Sarra and F. Javier. (2002). Gas pollutants removal in a single- and two-stage ejector venture scrubber. Journal of Hazardous Materials B90 (2002) 251-266
- [2] Johnstone. (1949) Adjustable-throat venture scrubber with plunger.
- [3] บันเทิง เจาะปาด, และ ชินรักษ์ เขียวพงษ์, (2547). การหาประสิทธิภาพในการยึดจับฝุ่นในช่วงขนาดต่างๆ ของเครื่องเก็บฝุ่นแบบเปียกชนิดคอคอด. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 18 (2547)
- [4] Joshep, G.T., and Beachler, D.S. (1998). Scrubber Systems Operation Review: Self Instruction Manual ATPI Course SI 412C. North Carolina State University.
- [5] วรณัฐ แจ่มสว่าง, (2556). เทคโนโลยีการผลิตแก๊สเชื้อเพลิงจากชีวมวล. โรงพิมพ์ บริษัทแดนเนิกร์ อินเทอร์เน็ตพอร์เรชั่น จำกัด, พิมพ์ครั้งที่ 1 (2556) 116
- [6] Books, L., Liquid-Phase and Gas-Phase Contacting Scrubbers: Cyclonic Spray Scrubber, Mechanically Aided Scrubber, Baffle Spray Scrubber 2010: General Books LLC.
- [7] JIS B 9910 (1977). Method of Measuring Performance for Dust Collector, Japanese Standard Association
- [8] US. EPA method 5 (Total Suspended Particulate). Determination of Particulate Emissions From Stationary Sources 371-442