

การหาประสิทธิภาพในการยึดจับฝุ่นในช่วงขนาดต่าง ๆ ของเครื่องเก็บฝุ่นแบบเป็ยกชนิดคอคอด Evaluation of Minor Collection Efficiencies in Venturi Scrubber

บรรเทิง เจาะปาด ชินรักษ์ เขียรพงษ์
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เลขที่ 3 หมู่ 2 ถ.ฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520
โทร 0-2326-4197 โทรสาร 0-2326-4198 E-mail:joerpad@hotmail.com

Banthoeng Joerpad Chinaluk Thianpong
Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
3 Moo 2, Chalonggung Rd., Ladkrabang, Bangkok 10520
Tel 0-2326-4197 Fax 0-2326-4198 E-mail:joerpad@hotmail.com

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันมลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้นมีแหล่งกำเนิดมลพิษมาจากแหล่งต่าง ๆ มากมาย ซึ่งในแหล่งกำเนิดแต่ละชนิด จะมีคุณสมบัติของมลพิษที่ปล่อยออกมาจะมีความแตกต่างกันไป ทั้งคุณสมบัติทางเคมี และฟิสิกส์ มลพิษทางอากาศจากแหล่งกำเนิดบางชนิดจะอยู่ในรูปของก๊าซอย่างเดียว หรือของแข็งอย่างเดียว โดยในกรณีที่เป็นของแข็งก็จะมีขนาดแตกต่างกันไปตามขนาดของของแข็งชนิดนั้นๆ ซึ่งของแข็งหรือฝุ่นที่มีขนาดใหญ่มากกว่า $100 \mu\text{m}$ จะสามารถแยกออกจากกระแสก๊าซได้โดยใช้หลักการบำบัดก๊าซแบบแห้งได้ แต่ถ้าขนาดฝุ่นมีขนาดเล็กกว่า $100 \mu\text{m}$ จะใช้วิธีการบำบัดแบบเปียกแทน ซึ่งฝุ่นก็จะมีขนาดต่างๆ กันไป ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการยึดจับที่ขนาดต่างๆ ของฝุ่นมีความแตกต่างกันออกไป ในงานวิจัยนี้ ทำการศึกษาถึงตัวแปรที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการยึดจับฝุ่นในช่วงขนาดต่างๆ ซึ่งตัวแปรที่สนใจในงานวิจัยชิ้นนี้คือ ความเข้มข้นของอนุภาคในกระแสก๊าซ, อัตราส่วนน้ำต่ออัตราการไหลของก๊าซ (W_{ratio}) และความดันลดที่คอคอด (ΔP_{ven}) ที่ส่งผลถึงประสิทธิภาพในการยึดจับฝุ่นในช่วงขนาดต่างๆ โดยจะทำการป้อนฝุ่นเข้าสู่เครื่องเก็บฝุ่นแบบเปียก โดยใช้เครื่องป้อนแบบ Screw Feeder โดยฝุ่นที่ใช้จะเป็นผงแป้ง Talcum ที่มีการกระจายตัวของขนาดอยู่ที่ประมาณ $0.05 - 100 \mu\text{m}$

Abstract

In many area of industrial sectors, dust and fly ash are one which cause air pollution to public nearby. There are many ways to eliminate dust particle from exhausted air such as cyclone, water scrubber and filter bag. The cyclone can catch only coarse particle, $100 \mu\text{m}$ onward. Whereas the filter bag can filter the fine

dust but the capital cost is high for the technique. Water scrubber is the other alternative ways to treat exhausted gas with competitive cost. In this paper, venturi water scrubber was investigated in order to find the ratio of caught particle efficiency and water consumption. The project was presented in minor collection efficiency in venturi scrubber, particle concentration in exhaust gas, water ratio and pressure drop across the venturi. The particle is talcum powder that has distribution size about $0.05-100 \mu\text{m}$. The experimental results shown that the bigger particle sizes, the better in the efficiency. Moreover, more water consumption rate can boost the efficient of the technique.

1. คำนำ

โดยทั่วไปแล้ว การกำจัดอนุภาคที่ติดออกมากับกระแสก๊าซจะมีหลักการใหญ่ ๆ ด้วยกัน 2 รูปแบบด้วยกัน คือ การกำจัดแบบเปียกและการกำจัดแบบแห้ง ซึ่งประสิทธิภาพและหลักการทำงานก็จะต่างกันออกไปแล้วแต่ชนิด ซึ่งในหัวข้อวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาถึงการกำจัดอนุภาคแบบเปียก ชนิด venturi water cyclone scrubber โดยใช้การ spray น้ำในทิศทางเดียวกับกระแสการไหลของกระแสก๊าซ (co-flow) บริเวณคอคอดโดยก๊าซเสียที่ถูกยึดจับ แล้วจะไหลเข้าสู่ถังแยก(separator) เพื่อแยกเอามวลสารที่ถูกยึดจับ แล้วออกจากกระแสก๊าซ ซึ่งถึงแยกโดยทั่วไปก๊าซเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วจะไหลออกทางด้านบน ซึ่งอาจส่งผลให้อนุภาคบางส่วนอาจหลุดรอดออกไปสู่สภาพแวดล้อมได้ ดังนั้นเราจึงทำการออกแบบถังแยก ให้ก๊าซเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วไหลออกทางด้านล่าง โดยทำการต่อท่อทรงกระบอกยื่นขึ้นไปด้านบนของตัวถังแยก เพื่อเพิ่มพื้นที่ในการยึดจับตัวของอนุภาคที่ถูกจับให้แยกออกมาจากกระแสก๊าซ โดยอนุภาคที่มีขนาดเล็กจะปะทะกับผนังท่อทรง

กระบอกตรงบริเวณกึ่งกลางของถังแยก ส่วนอนุภาคที่มีขนาดใหญ่ที่ไหลมาพร้อมกับกระแสก๊าซจะหลุดออกมาจากกระแสก๊าซเมื่อก๊าซเกิดการหมุนวนรอบ ๆ ตัวถังโดยอนุภาคที่หลุดออกมาจะปะทะกับผนังของถังด้านใน ส่วนก๊าซที่เหลือจะไหลออกสู่สภาพแวดล้อม

2. วัตถุประสงค์ในการทำวิจัย

- เพื่อศึกษาและออกแบบสร้างเครื่องเก็บอนุภาคชนิดเวนทูรี เพื่อใช้ลดอนุภาคของแข็งในก๊าซเสียที่จะปล่อยสู่บรรยากาศ
- ทำการทดลองเพื่อศึกษาและวิเคราะห์ตัวแปรที่มีผลต่อประสิทธิภาพย่อยในการเก็บอนุภาคของเครื่องเก็บอนุภาคแบบเวนทูรี

3. ทฤษฎี

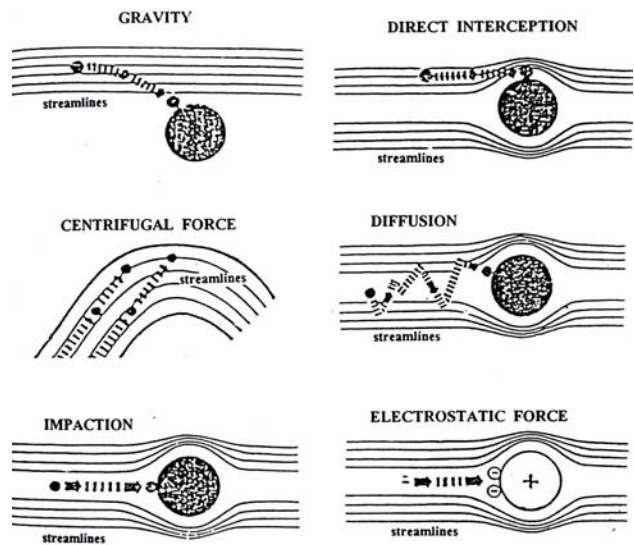
เครื่องบำบัดมลพิษอากาศแบบสัมผัสหน้านั้น เป็นวิธีการบำบัดมลพิษอากาศที่ถูกคิดค้นขึ้นมาเป็นเวลานานมากแล้ว โดยเริ่มต้นมาจากวิธีการบำบัดแบบแห้ง ด้วยเหตุผลที่การบำบัดโดยวิธีอื่น ในหลายกรณีไม่สามารถที่จะกำจัดอนุภาคที่มีขนาดเล็กละเอียดได้ อีกทั้งยังไม่สามารถกำจัดก๊าซพิษที่เกิดขึ้นได้ จึงเกิดความคิดที่ว่าควรมีการใช้ของเหลว อาทิ เช่น น้ำ หรือสารละลายบางชนิดเป็นตัวช่วยในการบำบัด อีกความคิดหนึ่งมาจากการสังเกตเห็นว่า อนุภาคฝุ่นละอองสามารถเกาะยึดติดบนผิวที่เปียกได้ดีกว่าผิวแห้ง

การควบคุมมลพิษอากาศแบบเปียก (Liquid Scrubbing) เป็นการกำจัดมลพิษ ทั้งในสภาวะอนุภาคของแข็งและสภาวะก๊าซหรือไอ โดยที่อนุภาคของแข็งจะถูกกำจัดออกโดยอาศัยหยดของเหลวหรือฟิล์มของเหลว ส่วนในสภาวะก๊าซจะอาศัยการละลายของก๊าซในของเหลว การทำงานของระบบแบบนี้จะทำงานเป็น 2 ขั้นตอนคือ การดักมวลสารด้วยของเหลวและการแยกของเหลวที่ใช้ดักแล้วออกจากกระแสอากาศดีในขาออก เนื่องจากระบบนี้ใช้ของเหลวเป็นตัวกลางในการบำบัดมวลสาร ดังนั้นจึงสามารถจับกับก๊าซทิ้งที่มีอุณหภูมิสูงได้

การอธิบายกลไกในการเก็บมวลสารนั้น จำเป็นจะต้องเข้าใจถึงลักษณะการไหลของกระแสอากาศรอบหยดของเหลวเสียก่อน และกลไกในการเก็บมวลสารที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงานของระบบการบำบัดมลพิษอากาศแบบสัมผัสหน้านั้น อาจแบ่งได้เป็น 6 ประเภทด้วยกัน (แสดงในรูปที่ 1)

- แรงโน้มถ่วง (Gravitational Force) อนุภาคที่มีขนาดใหญ่และมีความหนาแน่นสูงซึ่งเคลื่อนที่ไปได้ช้าในกระแสอากาศ และจะค่อย ๆ ตกลง เนื่องจากแรงโน้มถ่วง และจะถูกแยกออกจากกระแสก๊าซไปในที่สุด แรงโน้มถ่วงจะมีบทบาทมากในการจัดอนุภาคของแข็ง เฉพาะสำหรับอนุภาคของแข็งที่มีขนาดใหญ่มากกว่า 50 ไมครอนเท่านั้น
- แรงแหนืดศูนย์กลาง (Centrifugal Force) เมื่อมีการบังคับให้กระแสก๊าซเกิดการไหลหมุนวน (Vortex Flow) ในตัวเครื่องบำบัดมลพิษอากาศ แรงแหนืดศูนย์กลางจะทำให้อนุภาคของแข็งมีวิธีการเคลื่อนที่เบี่ยงเบน และแยกออกจากกระแสก๊าซ อนุภาคของแข็งที่มีขนาดใหญ่จะมีโมเมนตัมมาก จะเบี่ยงเบนออกจากกระแสก๊าซได้มากกว่าอนุภาคของแข็งขนาดเล็ก

- การกระทบด้วยแรงเฉื่อย (Inertial Impaction) เมื่อกระแสก๊าซเข้าไปใกล้หยดของเหลว ที่ระยะทางหนึ่งก่อนที่จะถึงหยดน้ำ กระแสก๊าซจะเริ่มไหลเบี่ยงเบนออกไป ส่วนอนุภาคขนาดใหญ่ซึ่งมีแรงเฉื่อย (Inertia Force) มากจะไม่เคลื่อนที่ไปตามกระแสก๊าซที่ไหลเบี่ยงเบนออกไป แต่จะเคลื่อนที่ตรงไปกระทบกับหยดของเหลวและถูกหยดของเหลวจับไว้ในที่สุด



รูปที่ 1 กลไกทางกายภาพต่างๆ ที่มีอิทธิพลในการแยกอนุภาคของแข็งออกจากกระแสก๊าซ ในเครื่องเก็บอนุภาคแบบสัมผัสหน้า

- การสกัดกันโดยตรง (Direct Interception) แม้ว่าอนุภาคของแข็งขนาดเล็กจะเคลื่อนที่ตามกระแสก๊าซที่ไหลเบี่ยงเบนไปรอบ ๆ หยดของเหลวก็ตาม อนุภาคของแข็งขนาดเล็กเหล่านี้ก็มีโอกาสเข้าสัมผัสและเกาะติดกับหยดน้ำได้ด้วยกลไกของการสกัดกันโดยตรงหากว่าจุดศูนย์กลางของอนุภาคของแข็ง ซึ่งเคลื่อนที่ไปกับกระแสก๊าซอยู่ห่างจากผิวของหยดของเหลวเป็นระยะทางน้อยกว่ารัศมีของอนุภาคของแข็งนั้น

- การแพร่แบบบราวเนียน (Brownian Diffusion) อนุภาคของแข็งที่มีขนาดเล็กมาก ๆ ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่า 0.1 ไมครอน (Sub micron Particles) และแขวนลอยอยู่ในกระแสก๊าซ จะมีการเคลื่อนที่แบบซิกแซกที่เรียกว่า Brownian Motion เนื่องจากถูกชนโดยโมเลกุลของก๊าซที่อยู่รอบ ๆ การเคลื่อนที่แบบซิกแซกนี้เองที่ทำให้อนุภาคของแข็งขนาดเล็กเคลื่อนที่เบี่ยงเบนออกจากกระแสก๊าซที่กำลังไหลผ่านไปรอบ ๆ หยดของเหลว และสัมผัสหยดของเหลวได้

- แรงแดึงดูดไฟฟ้าสถิต (Electrostatic Attraction) อนุภาคของแข็งบางชนิดมีประจุไฟฟ้าอยู่ในตัวโดยธรรมชาติ หรืออาจจะได้รับการเติมประจุไฟฟ้าจากสนามไฟฟ้าแรงสูง เมื่ออนุภาคของแข็งที่มีประจุไฟฟ้าวิ่งเข้าไปในสนามไฟฟ้าสำหรับดักอนุภาคของแข็ง แรงแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะชักนำอนุภาคของแข็งให้เคลื่อนที่เข้าหาแผ่นดักฝุ่น ซึ่งมีประจุตรงข้ามกับประจุที่มีอยู่ในอนุภาคของแข็ง

3.1 การคำนวณหาประสิทธิภาพในการดักเก็บอนุภาคของเครื่องเก็บอนุภาคชนิดเวอร์ทิวรี่

ประสิทธิภาพในการดักเก็บอนุภาค (Collection efficiency) หมายถึง อัตราส่วนของอนุภาคที่สามารถดักเก็บไว้ได้ต่ออนุภาคทั้งหมดที่ผ่านเข้ามาในระบบเครื่องเก็บอนุภาค โดยตัวแปรที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการดักเก็บอนุภาคของเครื่องเก็บอนุภาค ได้แก่ ความดันลดบริเวณคอคอด, ความเข้มข้นของอนุภาคในกระแสก๊าซ และ ปริมาณน้ำที่ใช้ในการยึดจับ เป็นต้น โดยเราจะสามารถหาประสิทธิภาพของเครื่องเก็บอนุภาคได้จากการคำนวณและจากการทดลอง โดยประสิทธิภาพที่ได้จากการทดลอง[3] เราหาได้จาก

$$\eta_T = \frac{M_c}{M_i} \quad (1)$$

โดยที่ η_T = ประสิทธิภาพรวมของเครื่องเก็บอนุภาค
 M_c = มวลของอนุภาคที่เครื่องเก็บอนุภาคสามารถยึดจับได้ (g)
 M_i = มวลของอนุภาคทั้งหมดที่เข้าเครื่องเก็บอนุภาค (g)

โดยทั่วไปขนาดของอนุภาคที่เข้าสู่เครื่องเก็บอนุภาค จะประกอบไปด้วยอนุภาคที่มีขนาดต่างๆกัน ซึ่งอนุภาคที่มีขนาดใหญ่จะถูกดักเก็บได้ง่ายกว่าอนุภาคที่มีขนาดเล็ก ดังนั้นในการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพในการดักเก็บอนุภาค จะสามารถหาประสิทธิภาพย่อยของการดักเก็บอนุภาคในแต่ละช่วงขนาดได้ ดังสมการ

$$\eta_m = \frac{m_{c_m}}{m_{I_m}} \quad (2)$$

โดยที่ η_m = ประสิทธิภาพย่อยในการดักเก็บอนุภาค ที่ช่วงขนาดอนุภาค m
 m_{c_m} = มวลของอนุภาคที่ถูกดักเก็บได้ด้วยเครื่องเก็บอนุภาค ที่ช่วงขนาดอนุภาค m (g)
 m_{I_m} = มวลของอนุภาคที่ไหลเข้าเครื่องเก็บอนุภาค ที่ช่วงขนาดอนุภาค m (g)

ดังนั้นจากสมการที่ 1 และ 2 จะได้ว่า

$$\eta_T = \frac{\sum_{m=1}^n (m_{I_m} \eta_m)}{M_i} \quad (3)$$

3.2 ปริมาณของน้ำที่ต้องการสำหรับใช้ในระบบเครื่องเก็บอนุภาค

โดยปริมาณของน้ำที่ต้องการใช้ในระบบเครื่องเก็บอนุภาคจะขึ้นกับปริมาณของอนุภาคที่ไหลมากับแก๊สเสีย (Inlet dust loading or

concentration), อุณหภูมิและความชื้นของแก๊สเสียที่ไหลเข้าระบบเครื่องเก็บอนุภาค ซึ่งปริมาณน้ำทั้งหมดที่ต้องการใช้ (V_{total}) จะประกอบด้วย ปริมาณน้ำที่ใช้ในการทำให้แก๊สเสียที่เข้ามาอึดตัว (V_{sat}) และ ปริมาณน้ำสำหรับใช้ในการดักเก็บอนุภาค (V_{col}) คือ

$$V_{total} = V_{sat} + V_{col} \quad (4)$$

ซึ่งในการทดลองนี้ ปริมาณน้ำทั้งหมดที่ต้องการใช้ในการทดลองจะอยู่ในรูปของปริมาณน้ำที่ใช้ทั้งหมดต่อปริมาณของก๊าซที่ใช้ในการทดลอง ซึ่งมีค่าดังนี้ คือ

$$W_{ratio} = \frac{V_{total}}{V_{gas}} \quad (5)$$

โดยที่ W_{ratio} = ปริมาณน้ำที่ใช้ในการทดลองทั้งหมดต่อปริมาณของก๊าซ ($L_{น้ำ}/m^3_{ก๊าซ}$)
 V_{gas} = ปริมาณก๊าซที่ใช้ในการทดลอง ($m^3_{ก๊าซ}$)
 V_{total} = ปริมาณน้ำทั้งหมดที่ใช้ในการทดลอง ($L_{น้ำ}$)

3.3 การหาปริมาณของแข็งทั้งหมดในน้ำทิ้ง

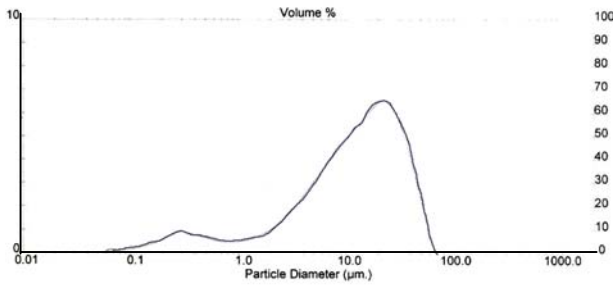
ของแข็งทั้งหมด (Total solids, TS) หมายถึง ปริมาณของแข็งที่เหลืออยู่ในภาชนะภายหลังจากระเหยน้ำออกจากตัวอย่างน้ำจนหมดแล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 103-105 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ปล่อยให้เย็นในโถทำแห้งแล้วชั่งหาน้ำหนักของของแข็งในภาชนะนั้น ๆ มีหน่วยเป็น มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งเราสามารถหาปริมาณของแข็งทั้งหมดได้จากสูตร

$$TS = \frac{\Delta m_d}{V} \quad (6)$$

โดยที่ Δm_d = น้ำหนักที่เปลี่ยนแปลงของจานระเหย (mg)
 V = ปริมาณตัวอย่างน้ำ (ลิตร)

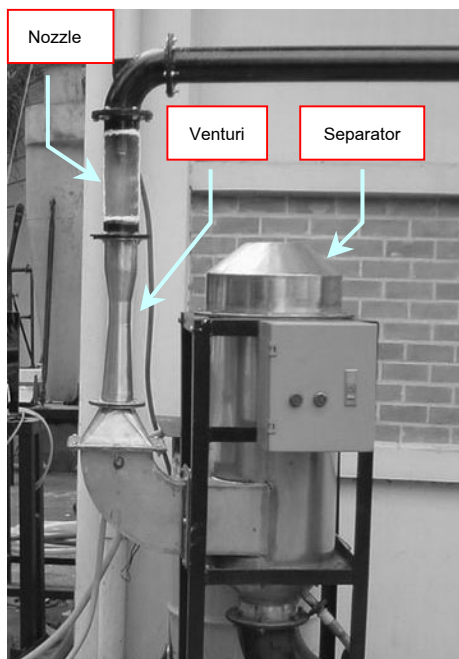
4. การทดลองและผลการทดลอง

ในการทดลองจะทำการป้อนอนุภาคเข้าไปในกระแสก๊าซแทนการต่อกับตัวเตาโดยตรงเนื่องมาจาก ก๊าซเสียที่เกิดจากเตาเผาจะมีอุณหภูมิที่ค่อนข้างสูงมาก อาจส่งผลให้ตัวเครื่องเก็บอนุภาคได้รับความเสียหายได้ ประกอบกับการป้อนอนุภาคเองจะทำให้การทดลองสามารถควบคุมความเข้มข้นของอนุภาคในกระแสก๊าซและอัตราการไหลของก๊าซได้สะดวกกว่าการต่อกับเตาจริง ซึ่งอนุภาคที่ใช้ในการทดลองจะใช้ผงแป้ง Talcum ซึ่งจะมีการกระจายตัวของขนาดอนุภาคที่ประมาณ 0.05 – 100 μm (แสดงในรูปที่ 2) โดยมีขนาดเฉลี่ยประมาณ 20 μm จึงส่งผลให้ชุดทดลองมีความยืดหยุ่นในวิธีการทดลองมากขึ้น



รูปที่ 2 แสดงการกระจายตัวของขนาดของ ผงแป้ง Talcum

ในส่วนของการวัดการทดลอง จะอ้างอิงถึงมาตรฐาน JIS B 9910 (Method of Measuring Performance for Dust Collectors)[3] ซึ่งในการทดลองตัวแปรต้นที่เราสนใจคือ อัตราส่วนของน้ำที่ใช้ในการยึดจับต่อปริมาณก๊าซเสียที่เข้าสู่เครื่องเก็บอนุภาค (W_{ratio}), ความเข้มข้นของอนุภาคในกระแสก๊าซ และความดันลดที่บริเวณคอขวด (ΔP_{ven}) ส่วนตัวแปรตามที่เราทำการพิจารณา คือ ปริมาณของของแข็งที่น้ำสามารถยึดจับไว้ได้ ซึ่งจะเป็นตัวแปรที่บ่งบอกถึงประสิทธิภาพในการยึดจับอนุภาคในช่วงขนาดอนุภาคต่างๆ ของเครื่องเก็บอนุภาค



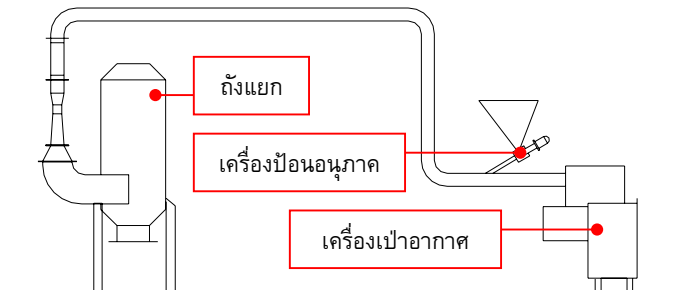
รูปที่ 3 แสดงเครื่องเก็บอนุภาคแบบเปียก ชนิด venturi

4.1 วิธีการทดลอง

4.1.1 วิธีการทดลองหาประสิทธิภาพของเครื่องเก็บอนุภาค

ในการทดลองจะควบคุมอัตราการไหลของอากาศ อยู่ที่ประมาณ $3 \text{ m}^3/\text{min}$ โดยทำการเพิ่มหรือลดพื้นที่หน้าตัดของคอขวดแทนการปรับเปลี่ยนอัตราการไหลของอากาศ ส่งผลให้ความเร็วบริเวณคอขวด มีการเปลี่ยนแปลงไปตามพื้นที่หน้าตัดของคอขวด ซึ่งการออกแบบคอขวด

จะเป็นไปตามมาตรฐาน JIS Z 8762 (Measurement of Fluid Flow by Means of Orifice Plates, Nozzles and Venturi Tubes)[4] ซึ่งจะใช้คอขวดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 43 mm ($\Delta P_{ven} = 110 \text{ mm}_{\text{water}}$) และ 55.5 mm ($\Delta P_{ven} = 110 \text{ mm}_{\text{water}}$)



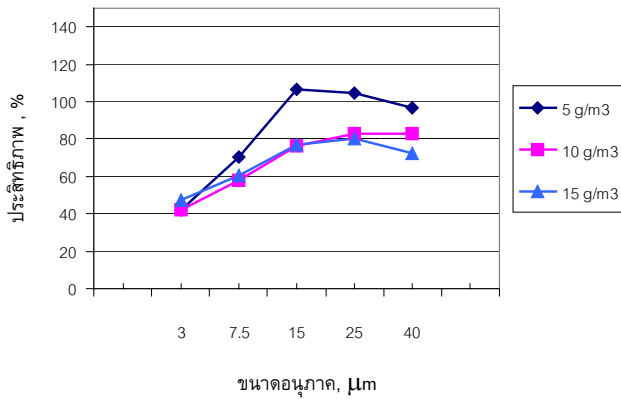
รูปที่ 4 แสดงการต่อเครื่องป้อนอนุภาคเข้ากับระบบ

ในการทดลองจะทำการทดลองที่อัตราส่วนน้ำ (W_{ratio}) ที่ 0.4, 0.6 และ $0.8 \text{ L}_{\text{น้ำ}}/\text{m}^3 \text{ ก๊าซ}$ โดยใช้หัวฉีดทำการฉีดน้ำแบบ solid cone ไปตามทิศทางการไหลของก๊าซ และในส่วนของความเข้มข้นของอนุภาคที่ทำการป้อนเข้าสู่เครื่องเก็บอนุภาค จะทำการป้อนที่ 5, 10 และ $15 \text{ g}/\text{m}^3$ โดยอนุภาคจะถูกป้อนด้วย เครื่องป้อนแบบ screw feeder ซึ่งอนุภาคที่ถูกป้อนเข้าไป จะไหลไปตามท่อพร้อมกับกระแสก๊าซ ไปสู่บริเวณหัวฉีดซึ่งหัวฉีดจะทำการฉีดหยดน้ำที่มีขนาด $100\text{-}400 \mu\text{m}$ ออกมา ก่อนที่อนุภาคจะไหลเข้าสู่คอขวด เมื่ออนุภาคไหลเข้าสู่คอขวด จะส่งผลให้อนุภาคและหยดน้ำเกิดการคลุกเคล้ากันบริเวณคอขวด ในส่วนของอนุภาคที่ถูกหยดน้ำยึดจับไว้ได้ก็จะถูกแยกออกจากกระแสก๊าซที่บริเวณถังแยก ซึ่งก๊าซที่ผ่านการบำบัดแล้วก็จะไหลออกสู่บรรยากาศ ในส่วนของอนุภาคที่ถูกหยดน้ำยึดจับได้จะไหลออกจากด้านล่างของถังแยกสู่ถังเก็บ ต่อไป

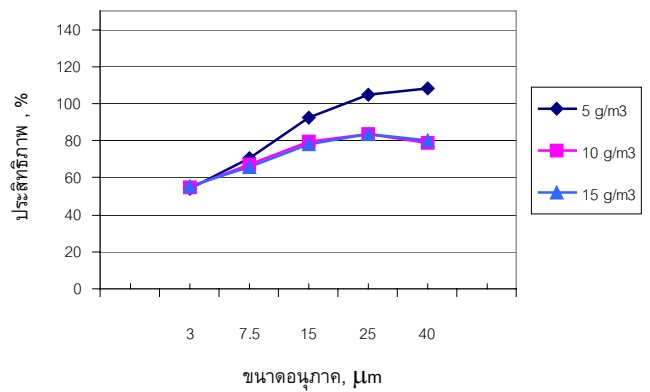
ในส่วนของการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพในการยึดจับอนุภาคของเครื่อง จะทำการสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำ จำนวน 2 ตัวอย่างในแต่ละการทดลอง ซึ่งตัวอย่างที่ทำการสุ่ม จะนำไปทำการระเหยแห้ง เพื่อหาปริมาณของของแข็งทั้งหมดที่ละลายอยู่ภายในน้ำ โดยปริมาณของของแข็งที่ได้ จะใช้เป็นข้อมูลในการหาประสิทธิภาพย่อยและประสิทธิภาพหลักในการยึดจับอนุภาคของเครื่องเก็บอนุภาคต่อไป

4.2 ผลการทดลอง

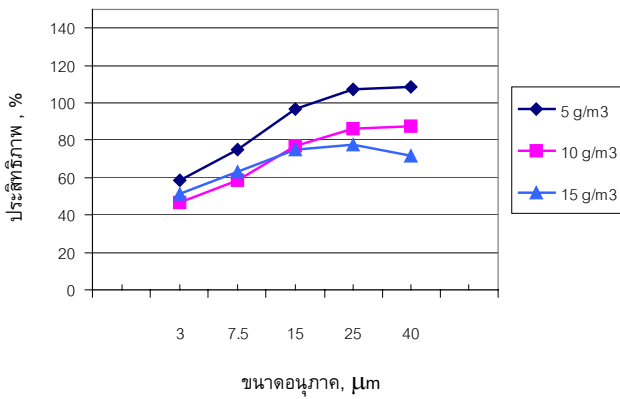
จากผลการทดลองที่ได้ เราสามารถนำข้อมูลที่ได้นี้มาเขียนเป็นกราฟในแต่ละการทดลอง โดยในแต่ละการทดลอง จะทำการพิจารณาที่ขนาดอนุภาคที่ 3, 7.5, 15, 25 และ $40 \mu\text{m}$ ดังรูปที่ 5-10 ซึ่งประสิทธิภาพย่อยที่ได้ สามารถคำนวณหาได้จากสมการที่ 2 ในส่วนของประสิทธิภาพรวม จะแสดงไว้ดังรูปที่ 11-12



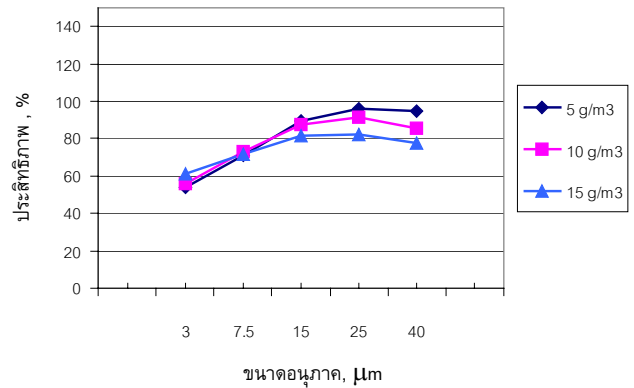
รูปที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของอนุภาคกับประสิทธิภาพย่อย ($W_{ratio}=0.4, \Delta P_{ven} = 38$ mm_{water})



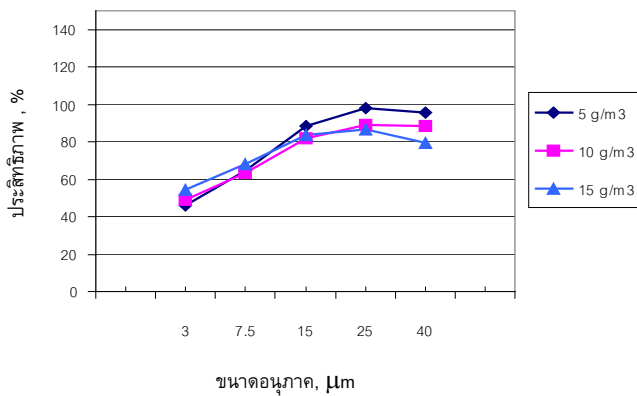
รูปที่ 8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของอนุภาคกับประสิทธิภาพย่อย ($W_{ratio}=0.6, \Delta P_{ven} = 110$ mm_{water})



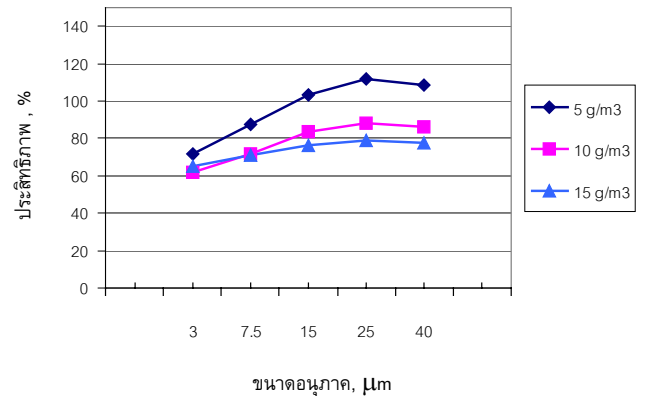
รูปที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของอนุภาคกับประสิทธิภาพย่อย ($W_{ratio}=0.4, \Delta P_{ven} = 110$ mm_{water})



รูปที่ 9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของอนุภาคกับประสิทธิภาพย่อย ($W_{ratio}=0.8, \Delta P_{ven} = 38$ mm_{water})

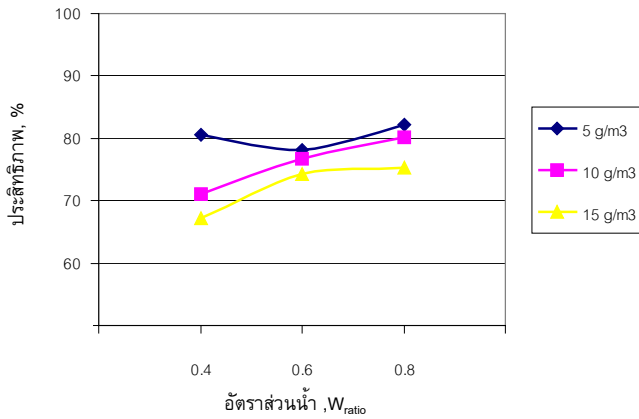


รูปที่ 7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของอนุภาคกับประสิทธิภาพย่อย ($W_{ratio}=0.6, \Delta P_{ven} = 38$ mm_{water})

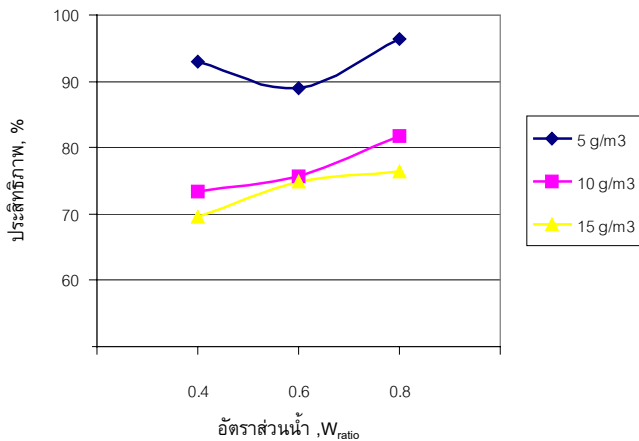


รูปที่ 10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของอนุภาคกับประสิทธิภาพย่อย ($W_{ratio}=0.8, \Delta P_{ven} = 110$ mm_{water})

ซึ่งจากข้อมูลเบื้องต้นที่ได้ จะสามารถนำมาหาประสิทธิภาพรวมในแต่ละการทดลอง โดยใช้สมการที่ 3 ดังรูปที่ 11 และ 12



รูปที่ 11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำกับประสิทธิภาพรวม ($\Delta P_{ven} = 38 \text{ mm}_{water}$)



รูปที่ 12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนน้ำกับประสิทธิภาพรวม ($\Delta P_{ven} = 110 \text{ mm}_{water}$)

5. สรุปและวิเคราะห์ผลการทดลอง

จากกราฟผลการทดลองที่ได้ จะเห็นได้ว่าประสิทธิภาพในการยึดจับอนุภาคของเครื่องเก็บอนุภาคจะสูงขึ้น เมื่ออนุภาคมีขนาดใหญ่ขึ้นและอัตราส่วนน้ำ (W_{ratio}) เพิ่มขึ้น โดยจากกราฟจะเห็นว่าเส้นกราฟของความเข้มข้นของอนุภาคในกระแสก๊าซที่ 5 g/m^3 จะมีความชันมากกว่า ความเข้มข้นของอนุภาคในกระแสก๊าซที่ 10 และ 15 g/m^3 แต่ว่าที่ความเข้มข้นของอนุภาคในกระแสก๊าซที่ 5 g/m^3 จะมีบางช่วงประสิทธิภาพจะมีค่าเกิน 100 % โดยจะสังเกตเห็นได้ชัดเมื่ออนุภาคมีขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งสาเหตุมาจากการยึดเกาะตัวกันของผงแป้ง Talcum เมื่อโดนน้ำ เมื่อนำตัวอย่างน้ำ ไปทำการวัดขนาดด้วยเครื่อง Mastersizer ซึ่งจะใช้คลื่น ultrasonic ในการทำให้อนุภาคที่ยึดเกาะตัวกันเกิดการแตกตัว แต่ว่าจะมีอนุภาคบางส่วนที่ยังยึดเกาะตัวกันอยู่ ส่งผลให้ขนาดเฉลี่ย

ของอนุภาคมีขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนในการทดลองที่ความเข้มข้นของอนุภาคน้อยๆ เพราะว่า เมื่อทำการเทียบอัตราส่วนของอนุภาคที่ไม่แตกตัวกับอนุภาคทั้งหมดที่ป้อนเข้าสู่เครื่องเก็บอนุภาค ในการทดลองที่ความเข้มข้นของอนุภาคในกระแสก๊าซมีค่าน้อยๆ จะมีอัตราส่วนที่สูงกว่า การทดลองที่ความเข้มข้นของอนุภาคในกระแสก๊าซที่มีค่ามากกว่า ดังนั้นจึงทำให้ค่าประสิทธิภาพที่ได้จึงมีค่าที่เกิน 100%

บรรณานุกรม

- [1] Theodore, L., and Buonicore, A.J. Industrial air pollution control equipment for particulate. Cleveland, OH 1976
- [2] Cheremisinoff, N.P., and Young, R. Pollution Engineering Practice Handbook. Ann-Arbor Science, 1976
- [3] JIS B 9910 (1977), Method of Measuring Performance for Dust Collector, Japanese Standard Association
- [4] JIS Z 8762 (1988), Measurement of Fluid Flow by Means of Orifice Plates, Nozzles and Venturi Tubes, Japanese Standard Association
- [5] ศิริกัลยา สุวจิตตานนท์ และคณะอื่น ๆ, มลภาวะอากาศ, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2544