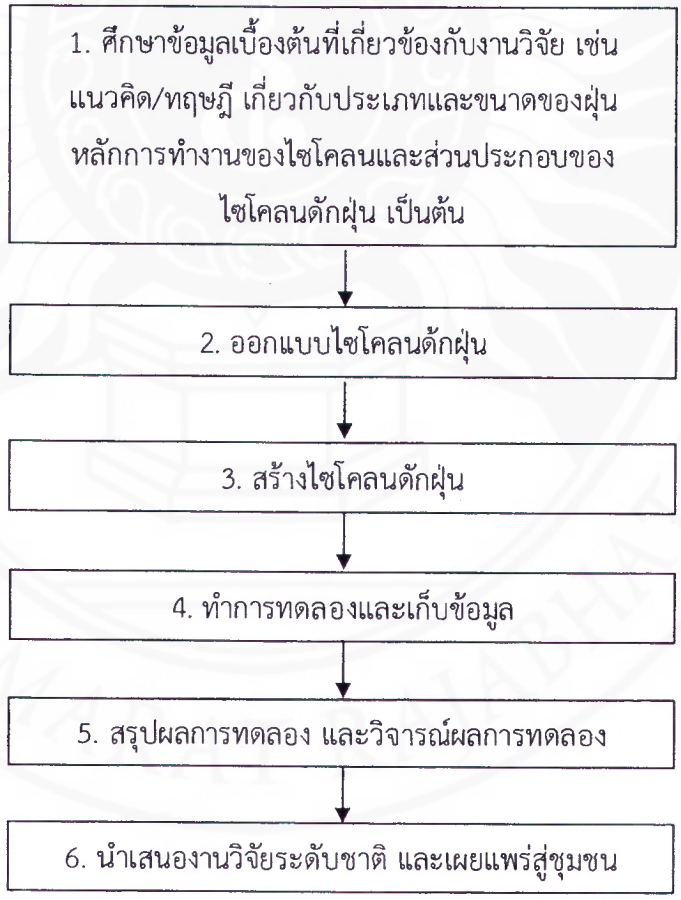
บทที่ 3
การออกแบบและวิธีการทดลอง

โครงการวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อสร้างไซโคลนดักฝุ่นสำหรับเก็บฝุ่นที่เกิดจากการขัดผิวของกะลามะพร้าวในงานหัตถกรรม เพื่อแก้ปัญหาด้านสภาวะแวดล้อมในการทำงานที่สำคัญอย่างหนึ่งที่เป็นอุปสรรคก่อความรำคาญแก่คนพิการและผลอันตรายต่อสุขภาพอนามัยในระยะยาว ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้จะออกแบบและสร้างไซโคลนและทดลองนำเครื่องที่ผลิตขึ้นนั้นไปใช้ในศูนย์พัฒนาอาชีพคนพิการ ณ ศูนย์การศึกษาพิเศษประจำจังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งมีแนวความคิดในการที่จะช่วยลดปัญหาดังกล่าว อีกทั้งชาวบ้านยังนำไปประยุกต์ใช้เครื่องไซโคลนดักฝุ่นจากกะลามะพร้าวในการดักจับฝุ่นที่เกิดจากสิ่งอื่นๆ ได้อีกด้วย

3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

มีลำดับขั้นตอนการวิจัยดังต่อไปนี้



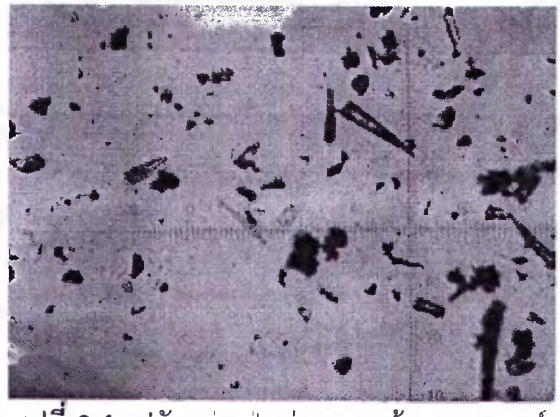
รูปที่ 3.1 แผนผังแสดงขั้นตอนการดำเนินการวิจัยการสร้างไซโคลนดักฝุ่น

3.2 การศึกษาข้อมูลเบื้องต้นที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

3.2.1 การศึกษาลักษณะสมบัติของฝุ่นจากกระบวนการหัตถกรรมกะลามะพร้าวจากการสำรวจกระบวนการหัตถกรรมกะลามะพร้าว ได้ทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นที่ฟุ้งกระจายมาทำการศึกษาลักษณะสมบัติของฝุ่น และการวัดขนาดตัวอย่างฝุ่นโดยใช้กล้องจุลทรรศน์เพื่อใช้วิธีการ วิเคราะห์แบบบอกขนาดที่อ้างอิงการเคลื่อนในของไหลในพจน์ของ Aerodynamic diameter ต่อไป

รูปที่ 3.2 ตัวอย่างฝุ่นจากกระบวนการหัตถกรรมกะลามะพร้าว

รูปที่ 3.3 การวัดขนาดฝุ่นโดยใช้กล้องจุลทรรศน์



รูปที่ 3.4 รูปตัวอย่างฝุ่นถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์

3.2.2 ศึกษา สำรวจ และเก็บข้อมูลสภาพการทำงาน ณ ศูนย์การศึกษาพิเศษประจำจังหวัดนครศรีธรรมราช

ฝุ่นละอองที่เกิดในขั้นตอนการขัดผิวกะลามะพร้าว เป็นปัญหาหนึ่งที่ก่อให้เกิดความรำคาญ สภาวะความเครียดทางอารมณ์และสมาธิ ซึ่งจะส่งผลต่อความปราณีตของผลิตภัณฑ์ และผลกระทบในระยะยาวนั้นฝุ่นจะมีผลต่อระบบทางเดินหายใจและสุขภาพอนามัยของคนพิการ

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงศึกษาการกำจัดฝุ่นละอองจากหัตถกรรมกะลามะพร้าวด้วยไซโคลนดักฝุ่นแบบแห้งสำหรับแก้ไขปัญหาดังกล่าว

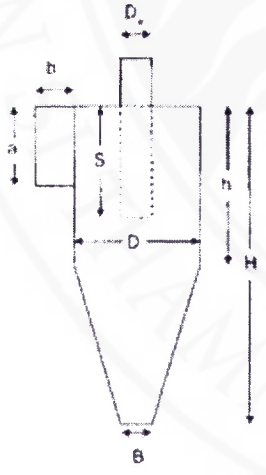
3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ทำไซโคลนดักฝุ่น

3.3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการออกแบบไซโคลนดักจับฝุ่น

การออกแบบระบบไซโคลน จะเลือกจากระยะมาตรฐานของไซโคลนซึ่งมีอยู่หลายแบบ เช่น Shepherd & Lapple, Peterson & Whitby อย่างไรก็ตาม ระยะมาตรฐานของไซโคลนที่นิยมใช้จะมี 2 แบบ คือ Stairmand และ Swift ซึ่งค่าออกแบบต่างๆ แสดงในตารางที่ 3.1 [2]

ตารางที่ 3.1 ระยะมาตรฐานที่ใช้ออกแบบไซโคลน

สัญลักษณ์	ความหมาย	Formula	ระยะมาตรฐาน	
			Stairmand	Swift
D	Body diameter		1	1
a	Inlet height	Ka = a/D	0.5	0.44
b	Inlet width	Kb = b/D	0.2	0.21
S	Outlet width	KS = S/D	0.5	0.5
D_e	Gas outlet diameter	KD_e = De/D	0.5	0.4
h	Cylinder height	Kh = h/D	1.5	1.4
H	Overall height	KH = H/D	4	3.9
B	Outlet diameter	KB = B/D	0.375	0.4
K	Configuration		551.3	699.2
N_H	Inter velocity head		3.67	3.57
surf	Surface parameter		23.5	21.2



รูปที่ 3.5 แสดงลักษณะของไซโคลนและขนาดต่างๆ ของไซโคลน

ในการออกแบบขนาดต่างๆ ของไซโคลน (รูปที่ 18) จะบอกแต่ขนาดไซโคลน (D) เพียงอย่างเดียว ส่วนขนาดของตัวอื่นๆ (a, b, S, etc.) จะใช้จากตารางได้เลย ตัวอย่างเช่น ไซโคลนขนาด 1 เมตร เมื่อใช้ระยะมาตรฐานของ Stairmand ก็จะได้ระยะ h และ H เป็น 1.5 และ 4 เมตร ตามลำดับ หรือหากเลือกใช้ระยะมาตรฐานของ Swift ก็จะได้ระยะ h และ H เป็น 1.4 และ 3.9 เมตร ตามลำดับ

3.3.2 การออกแบบไซโคลนดักฝุ่น

ไซโคลนที่ใช้ในการทดลองเป็นไซโคลนที่ลดขนาดตามสัดส่วนของไซโคลนที่ใช้อยู่ในอุตสาหกรรม ซึ่งการคำนวณหาอัตราการไหลของอากาศและขนาดพื้นที่ทางลมเข้าของไซโคลนจะต้องกำหนดขนาดของไซโคลน ในงานวิจัยนี้ได้ออกแบบให้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (D_c) เท่ากับ 250 mm ดังนั้น จึงสามารถคำนวณหาขนาดของไซโคลนจากค่าสัมประสิทธิ์สัดส่วนต่างๆ ของไซโคลนจากตารางที่ 3.1 ได้ดังนี้

3.3.2.1 การคำนวณหาขนาดพื้นที่ทางเข้าของไซโคลน

ในการคำนวณหาขนาดพื้นที่ทางเข้าของไซโคลนจะต้องกำหนดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (D_c) ของไซโคลน ไซโคลนซึ่งในที่นี้ได้ออกแบบให้มีเส้นผ่าศูนย์กลาง (D_c) = 250 mm ดังนั้นจึงสามารถคำนวณขนาดของปากทางเข้าไซโคลน ได้ดังนี้

ความสูงปากทางเข้า (Inlet height) a $= 0.5 \times D_c$

$= 0.5 \times 250$ mm

$= 125$ mm

ความกว้างปากทางเข้า (Inlet width) b $= 0.2 \times D_c$

$= 0.2 \times 250$ mm

$= 50$ mm

3.3.2.2 การคำนวณหาขนาดทางออกของก๊าซสะอาด

การคำนวณหาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของทางออกด้านบน ซึ่งเป็นทางออกของก๊าซสะอาด สามารถคำนวณได้จากสมการดังนี้

ความลึกของท่อทางออก S $= 0.5 \times D_c$

$= 0.5 \times 250$

$= 125$ mm

เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ (Gas outlet diameter) De

$= 0.5 \times D_c$

$= 0.5 \times 250$

$= 125$ mm

3.3.2.3 การคำนวณหาขนาดความสูงของไซโคลน

ซึ่งสามารถคำนวณหาความสูงของทรงกระบอกไซโคลนและความสูงของกรวยไซโคลน ได้จากสมการต่อไปนี้

ความสูงทั้งหมดของไซโคลน (Overall height) H

$= 4 \times 250$ mm

$= 1000$ mm

ความสูงช่วงทรงกระบอก (Cylinder height) h

$= 1.5 \times D_c$

$= 1.5 \times 250$

$= 375$ mm

ความสูงช่วงกรวย $= H - h$

$= 1000 - 375$

$= 625$ mm

3.3.2.4 การคำนวณหาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางด้านล่างที่ใช้ระบายฝุ่นลงสู่ถังกักเก็บ ซึ่งสามารถคำนวณหาขนาดได้จากสมการต่อไปนี้

เส้นผ่าศูนย์กลางด้านล่าง (Outlet diameter) B

$= 0.375 \times D_c$

$= 0.375 \times 250$

$= 93.75$ mm

จากการคำนวณข้างต้น ดังนี้จึงสร้างไซโคลนจำลองเพื่อใช้ในการทดลองสำหรับงานวิจัยนี้ ดังแสดงในรูปที่ 3.6 เมื่อได้ใช้ไซโคลนจำลองสำหรับการทดลองแล้ว จำเป็นต้องมีพัดลม Blower สำหรับจ่ายลมในการทดลอง การหาขนาด Blower จะต้องทราบความต้องการอัตราการไหลของลมที่ไซโคลนต้องการ โดยสามารถคำนวณขนาดพื้นที่ปากทางลมเข้าของไซโคลน ได้ดังนี้

พื้นที่ปากทางลมเข้า = ความสูงปากทางเข้า (Inlet height) x ความกว้างปากทางเข้า (Inlet width)

$= a \times b$

$= 125 \times 50$

$= 6250$ mm^2

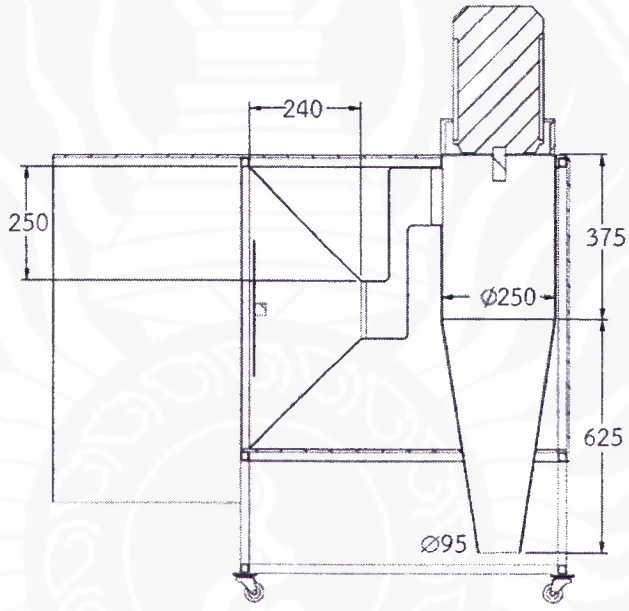
เมื่อทราบพื้นที่ปากทางลมเข้าไซโคลน 6250 mm^2 และไซโคลนทั่วไปมีความเร็วลมในย่านการทำงาน 10-20 เมตรต่อวินาที ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงกำหนดความเร็วลมเข้าไซโคลนสำหรับการ

ทดลอง 15 เมตรต่อวินาที จะสามารถหาค่าอัตราการไหลของอากาศของไซโคลนที่ใช้ในการทดลองได้จากสมการนี้

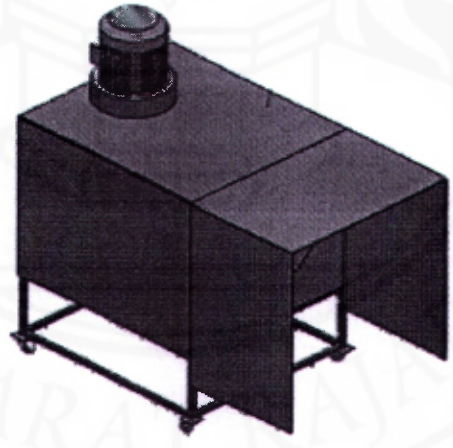
อัตราการไหลของอากาศ Q = ความเร็ว V x พื้นที่หน้าตัด A

= 15 x 0.625

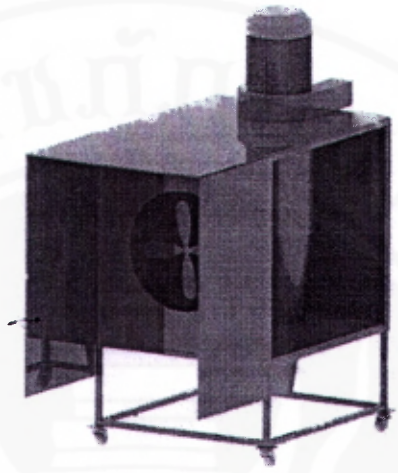
= 9.375 m^3/min



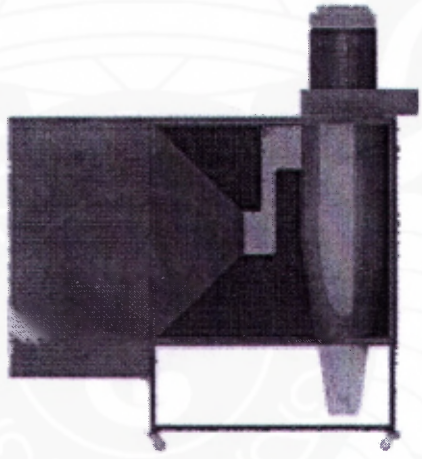
รูปที่ 3.6 สัดส่วนและขนาดของตัวเครื่องไซโคลนดักฝุ่น



รูปที่ 3.7 แบบเครื่องไซโคลนดักฝุ่นที่ออกแบบเสร็จแล้ว



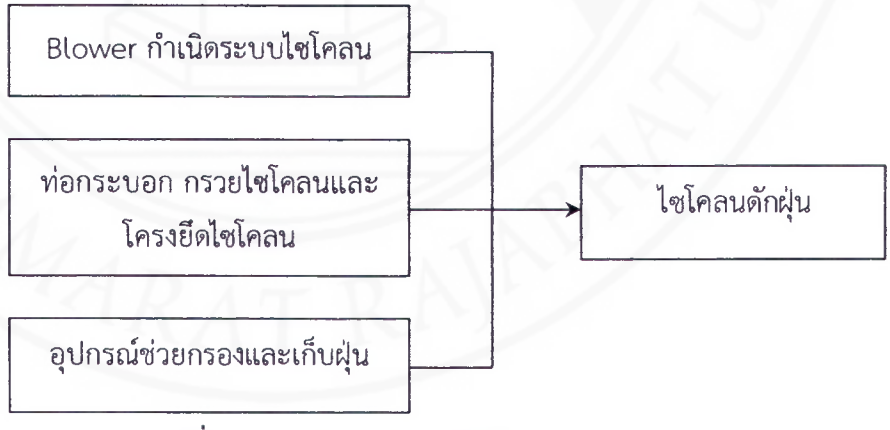
รูปที่ 3.8 ภายในตัวเครื่องไซโคลนดักฝุ่น



รูปที่ 3.9 ด้านข้างตัวเครื่องไซโคลนดักฝุ่น

3.3.3 การสร้างไซโคลนดักฝุ่น

ในงานวิจัยนี้จะสร้างไซโคลนดักฝุ่นแสดงดังรูปที่ 3.12 ซึ่งมีส่วนประกอบดังนี้



รูปที่ 3.10 ส่วนประกอบของไซโคลนดักฝุ่น

3.3.3.1 สร้างกรวยไซโคลนขนาดคำนวณตามสูตรการออกแบบไซโคลน โดยใช้แผ่นอะลูมิเนียมเป็นวัตถุดิบในการม้วนขึ้นรูป สร้างโครงหลักแคร่อบแห้งข้าวเปลือกด้วยเหล็กกล่องขนาด 1.5 นิ้ว ทำเป็นโครงหลัก คาน ตัวรับคานหลังคาและหลังคา และใช้เหล็กกล่องขนาด 1 นิ้ว เพื่อทำตัวล็อคโครงให้ติดกับส่วนยอด มุมหลังคาและตัวล็อครางและล้อเลื่อน

3.3.3.2 สร้างท่อทรงกระบอก มีขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับกรวย และความสูงของท่อทรงกระบอกได้จากการคำนวณตามสูตร โดยใช้แผ่นอลูมิเนียมเป็นวัตถุดิบในการขึ้นรูป

3.3.3.3 สร้างโครงสร้างสำหรับยึดจับตัวไซโคลนโดยใช้แผ่นไม้กระดานอัดและเหล็กเป็นหลัก มีลักษณะเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยม ประกอบด้วยขาตั้งที่สามารถปรับความสูงได้ ส่วนปลายของขาตั้งจะมีล้อเพื่อเพิ่มความสะดวกในการใช้งานของคนพิการ

3.3.3.4 นำ Blower ที่มีกำลังที่เหมาะสมที่ได้จากการคำนวณ มายึดติดกับโครงสร้างซึ่งเชื่อมต่อกับท่อทรงกระบอก ซึ่งเป็นตัวกำเนิดระบบไซโคลน

3.3.3.5 ติดตั้งถุงกรองฝุ่นหยาบและละเอียด สำหรับเก็บผงฝุ่นที่ได้จากการการดักจับเก็บของไซโคลน

3.3.3.6 ประกอบชิ้นส่วนทั้งหมดและตกแต่งไซโคลนดักฝุ่น โดยใช้กระดาษทรายขัดและทาสีน้ำมันให้ทั่วชิ้นงาน

3.3.4 วัสดุที่ใช้ทำไซโคลน

โดยทั่วไปหากไซโคลนถูกนำไปใช้ในกระบวนการที่มีอุณหภูมิสูง มักจะสร้างไซโคลนด้วยเหล็กกล้าคาร์บอน (carbon steel) ทั้งนี้เนื่องจากเหล็กกล้าคาร์บอนสามารถทนต่ออุณหภูมิที่สูงได้ถึง 800 F (หรือ 425 °C) ในกรณีที่อุณหภูมิของอากาศมีค่าสูงกว่านี้ ก็มักจะสร้างไซโคลนด้วยเหล็กสแตนเลส (stainless steel) หรือโลหะผสม (alloys) อื่นๆ ตัวอย่างเช่น สแตนเลสเกรด 304 309 หรือ 310, Hastelloy B หรือ C และ Inconal เป็นต้น อย่างไรก็ตามการใช้เหล็กสแกตนเลสจะทำให้ต้นทุนในการสร้างไซโคลนสูงขึ้นประมาณ 3 เท่า เมื่อเทียบกับไซโคลนที่สร้างจากเหล็กกล้าคาร์บอน ด้วยเหตุผลดังกล่าวนี้ หากต้องการให้ต้นทุนในการสร้างไซโคลนไม่สูงมากนัก ก็จะสร้างไซโคลนด้วยเหล็กกล้าคาร์บอนร่วมกับการติดตั้งระบบควบคุมเพื่อลดและจำกัดความผิดพลาดใดๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นในช่วงเริ่มเดิมเครื่องและในช่วงหยุดเดินเครื่อง

ในบางกรณีอาจมีการใช้อิฐทนไฟบางชนิดมาติดตั้งที่ผิวด้านในของไซโคลนเพื่อป้องกันการสึกหรออันเนื่องจากการขัดสีของอนุภาคฝุ่น ตัวอย่างเช่นในอุตสาหกรรมผลิตปูนซีเมนต์ เป็นต้น โดยการทำเช่นนี้ก็จะช่วยยืดอายุการใช้งานของไซโคลนให้ยาวนานขึ้นอีกด้วย

3.3.5 ส่วนประกอบของไซโคลน [4]

3.3.5.1 ท่อลำเลียงแก๊ส (Dust Laden Gas) เป็นท่อที่ต่อจากท่อส่งแก๊สออกของกระบวนการผลิตเพื่อรับแก๊สเข้าสู่ไซโคลน

3.3.5.2 ท่อทางเข้าสัมผัส (Tangential Inlet) เป็นท่อติดตั้ง แนวสัมผัสเส้นรอบวงของทรงกระบอก ใช้บังคับให้แก๊สเปลี่ยนทิศทางการไหล จากการไหลแบบตรงเป็นการไหลเวียนแบบก้นหอย (Spiral Flow)

3.3.5.3 ท่อทรงกระบอก (Cylindrical Body) เป็นท่อกลวงรูปทรงกระบอก ใช้เป็นแนวปะทะของฝุ่น เพื่อลดพลังงานจลน์ในการเคลื่อนที่

3.3.5.4 กรวยไซโคลน (Conical Base) เป็นกรวยกลวงยอดตัด ใช้เพื่อช่วยลดความยาวของทรงกระบอกลงไม่ให้ไซโคลนสูงเกินไป และช่วยเป็นแนวปะทะบังคับให้แก๊สที่หมุนเวียนเปลี่ยนทิศทางการไหลย้อนกลับขึ้นบนได้

3.3.5.5 ที่รองรับฝุ่น (Dust Hopper) ใช้รองรับฝุ่นที่แยกจากแก๊ส เพื่อนำออกจากไซโคลนกำจัดทิ้งต่อไป

3.3.5.6 ท่อทางออกแก๊ส (Cleaned Gas Discharge) ใช้ระบายแก๊สที่ได้แยกฝุ่นบางส่วนออกมา

3.3.6 อุปกรณ์ประกอบ

ไซโคลนไม่สามารถทำงานได้โดยลำพัง จำเป็นต้องมีอุปกรณ์ประกอบหรืออุปกรณ์ช่วยที่จะทำให้ไซโคลนสามารถทำงานได้ ซึ่งอุปกรณ์ประกอบที่สำคัญที่กล่าวถึงนี้ประกอบไปด้วย [4]

3.3.6.1 อุปกรณ์นำอนุภาคฝุ่นออกจากไซโคลน (Dust-removal device)

โดยทั่วไปแล้ว อุปกรณ์นำอนุภาคฝุ่นออกจากไซโคลนจะติดตั้งด้านล่างของฮอปเปอร์ถือเป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญเป็นอย่างมากต่อประสิทธิภาพในการดักฝุ่นของไซโคลน อนุภาคฝุ่นอาจถูกนำออกจากฮอปเปอร์ได้ทั้งในลักษณะต่อเนื่องหรือนำออกเป็นช่วงๆ แต่การทำงานของอุปกรณ์นำอนุภาคฝุ่นออกจากไซโคลนทั้งสองลักษณะอาจทำให้อากาศจากภายนอกไหลเล็ดลอดเข้าสู่ตัวไซโคลนได้ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพในการดักฝุ่นของไซโคลนลดลง

สำหรับการนำอนุภาคฝุ่นออกจากฮอปเปอร์เป็นช่วงๆ นั้นสามารถทำได้ด้วยอุปกรณ์หลายรูปแบบ เช่น วาล์วเปิดปิด (flap valve) วาล์วแบบประตูเลื่อน (slide gate) หรือวาล์วเปิดปิดคู่ (double flap valve) ซึ่งอาจควบคุมการทำงานด้วยระบบนิวเมติคส์ ระบบมอเตอร์ไฟฟ้า การใช้น้ำหนักของอนุภาคฝุ่นเป็นตัวกำหนดการเปิดปิด และวาล์วแบบประตูเลื่อน

อย่างไรก็ตาม การนำอนุภาคฝุ่นออกจากฮอปเปอร์เป็นช่วงๆ จะมีข้อควรระวังคืออนุภาคฝุ่นต้องไม่มีคุณลักษณะที่จับตัวหรือรวมตัวกันได้ง่าย ซึ่งหากเป็นเช่นนี้อาจจะทำให้เกิดปัญหาการอุดตันขึ้นภายในฮอปเปอร์ได้ ในทางปฏิบัติ การนำอนุภาคฝุ่นออกจากฮอปเปอร์เป็นช่วงๆ มักจะใช้กับอนุภาคฝุ่นที่สามารถไหลได้อย่างอิสระ (free flow) จากฮอปเปอร์

ข้อควรระวังอีกประการหนึ่งของการนำอนุภาคฝุ่นออกจากฮอปเปอร์เป็นช่วงๆ ก็คือต้องควบคุมไม่ให้อนุภาคฝุ่นซึ่งสะสมอยู่ที่ฮอปเปอร์มีระดับสูงขึ้นจนอาจจะทำให้เกิดการไหลย้อนออก

จากไซโคลนไปพร้อมกับกระแสการไหลของอากาศ ซึ่งสิ่งนี้จะเป็นสาเหตุที่ทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของไซดคลนลดต่ำลง นอกจากนี้ยังอาจทำให้ใบพัดหรือตัวเรือนของพัดลมดูด (induce-draft fan) ได้รับความเสียหายจากการขัดสีของอนุภาคฝุ่น หรือทำให้เกิดความไม่สมดุลของใบพัดอันเนื่องจากมีอนุภาคฝุ่นมาจับติดที่ใบพัด

สำหรับการนำอนุภาคฝุ่นออกจากฮอปเปอร์อย่างต่อเนื่องนั้น เรามักใช้ที่เรียกว่า โรตารี่แอร์ล็อค (rotary airlock) ในระหว่างการทำงาน ชิ้นส่วนของโรตารี่แอร์ล็อค จะเกิดการสึกหรออย่างต่อเนื่องจนกระทั่งอากาศสามารถรั่วเข้ามาภายในไซโคลนได้ซึ่งก็แน่นอนที่จะทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของไซโคลนลดต่ำลงในทางปฏิบัติ โรตารี่แอร์ล็อคอาจสร้างค้นจากพลาสติกหรือเหล็กก็ได้ขึ้นอยู่กับลักษณะงาน

3.3.6.2 พัดลมดูดอากาศ (Induced-draft fan)

เนื่องจากการทำงานของไซโคลนจำเป็นต้องอาศัยการไหลของอากาศในลักษณะหมุนวนซึ่งอุปกรณ์ที่ทำให้อากาศเกิดการเคลื่อนที่ก็คือ พัดลมดูดอากาศ โดยพัดลมที่ใช้ส่วนใหญ่จะเป็นพัดลมแบบแรงเหวี่ยง (centrifugal fan)

สิ่งสำคัญที่ต้องระวังสำหรับพัดลมดูดอากาศที่ใช้กับไซโคลนก็คือปัญหาในเรื่องการกัดกร่อนอันเนื่องมาจากการขัดสีของอนุภาคฝุ่นที่มีต่อวงล้อใบพัดหรือตัวเรือนพัดลม และปัญหาในเรื่องของการสะสมตัวของอนุภาคฝุ่นบนวงล้อใบพัด ซึ่งอาจจะทำให้วงล้อใบพัดหมุนในลักษณะไม่สมดุล ปัญหาทั้งสองนี้ล้วนส่งผลให้ประสิทธิภาพการทำงานของพัดลมลดลงทั้งสิ้น และที่สำคัญควรมีการติดตั้งแดมเปอร์ (damper) เพื่อควบคุมปริมาณของอากาศที่จะเข้าสู่พัดลมเพื่อป้องกันการโอเวอร์โหลดของมอเตอร์ขับในช่วงของการเริ่มทำงานซึ่งอากาศจะมีอุณหภูมิต่ำ

ในทางปฏิบัติ พัดลมที่ใช้ควรมีช่องเปิดสำหรับตรวจสอบสภาพภายในซึ่งต้องสามารถเปิดปิดได้โดยง่าย มีระบบการซีลที่คอเพลาที่เหมาะสม ตัวเรืองของพัดลมต้องสามารถถอดได้โดยง่าย ทั้งนี้ก็เพื่อให้การซ่อมแซมหรือการเปลี่ยนวงล้อใบพัดทำได้โดยง่าย นอกจากนี้ยังต้องพิจารณาถึงตำแหน่งติดตั้งด้วยโดยต้องเผื่อพื้นที่ว่างในบริเวณรอบๆ เพื่อการซ่อมแซมหรือถอดเปลี่ยนวงล้อใบพัด

3.3.6.3 ฉนวนกันความร้อน (Insulator)

การติดตั้งฉนวนกันความร้อนเพื่อป้องกันการสูญเสียความร้อนอันนำไปสู่การควบแน่นของไอน้ำในอากาศ การติดตั้งฉนวนกันความร้อนนี้อาจกระทำที่โรงงานหรืออาจกระทำที่หน้างานอย่างในอย่างหนึ่งได้ ขึ้นอยู่กับขนาดของไซโคลนและขนาดของอุปกรณ์ประกอบอื่นๆ

3.3.6.4 อุปกรณ์ให้ความร้อนที่ฮอปเปอร์ (Hopper heating device)

การติดตั้งอุปกรณ์ให้ความร้อนที่ฮอปเปอร์เพื่อให้มั่นใจได้ว่าอุณหภูมิของอากาศจะไม่ลดต่ำลงกว่าอุณหภูมิจุดน้ำค้างของอากาศ อันจะเป็นการป้องกันการควบแน่นของความชื้นได้เป็น

อย่างดี โดยในทางปฏิบัติมักติดตั้งฉนวนกันความร้อนปิดทับอุปกรณ์ให้ความร้อนที่ฮอปเปอร์ไว้อีกชั้นหนึ่ง ส่วนการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ให้ความร้อนอาจจะเป็นแบบเปิดปิดธรรมดาหรือเป็นแบบที่ทำงานโดยอัตโนมัติก็ได้

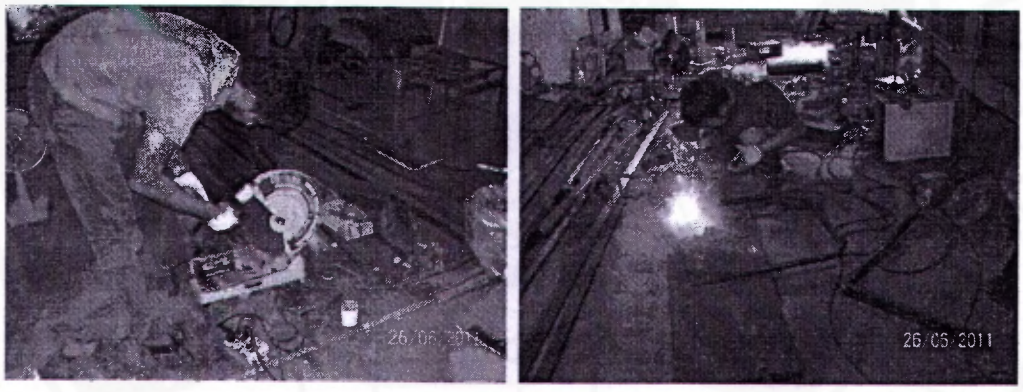
3.3.6.5 อุปกรณ์เคาะหรืออุปกรณ์สั่นสะเทือนที่ฮอปเปอร์ (Hopper rapping or Vibration device)

อุปกรณ์เคาะหรืออุปกรณ์สั่นสะเทือนที่ฮอปเปอร์จะเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับอนุภาคฝุ่นบางชนิดที่มีลักษณะจับตัวกันง่ายเท่านั้น แต่โดยปกติแล้ว หากมุมเอียงของฮอปเปอร์มีการออกแบบมาอย่างสมรวมถึงมีการติดตั้งอุปกรณ์ให้ความร้อนที่ฮอปเปอร์และฉนวนกันความร้อน อนุภาคฝุ่นในฮอปเปอร์ก็จะสามารถไหลได้อย่างอิสระโดยไม่มีความจำเป็นต้องติดตั้งอุปกรณ์เคาะหรืออุปกรณ์สั่นสะเทือนที่ฮอปเปอร์แต่อย่างใด

3.4 ขั้นตอนและวิธีการสร้างไซโคลนดักฝุ่นจากกระบวนการหัตถกรรมกะลามะพร้าว

3.4.1 การทำโครสร้างของเครื่องไซโคลนดักฝุ่น

โครงสร้างของเครื่องทำด้วยเหล็กกล่องสี่เหลี่ยม ขนาด ¾ นิ้ว เชื่อมขึ้นเป็นโครงสร้างสี่เหลี่ยม



รูปที่ 3.11 การทำโครสร้างของเครื่องไซโคลนดักฝุ่น

3.4.2 ขั้นตอนการสร้างไซโคลน

3.4.2.1 สร้างกรวยไซโคลนขนาดคำนวณตามสูตรการออกแบบไซโคลน โดยใช้แผ่นอะลูมิเนียมเป็นวัตถุดิบในการม้วนขึ้นรูป สร้างโครงหลักแคร่อบแห้งข้าวเปลือกด้วยเหล็กกล่องขนาด 1.5 นิ้ว ทำเป็นโครงหลัก คาน ตัวรับคานหลังคาและหลังคา และใช้เหล็กกล่องขนาด 1 นิ้ว เพื่อทำตัวล็อคโครงให้ติดกับส่วนยอด มุมหลังคาและตัวล็อครางและล้อเลื่อน

3.4.2.2 สร้างท่อทรงกระบอก มีขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับกรวย และความสูงของท่อทรงกระบอกได้จากการคำนวณตามสูตร โดยใช้แผ่นอลูมิเนียมเป็นวัตถุดิบในการขึ้นรูป

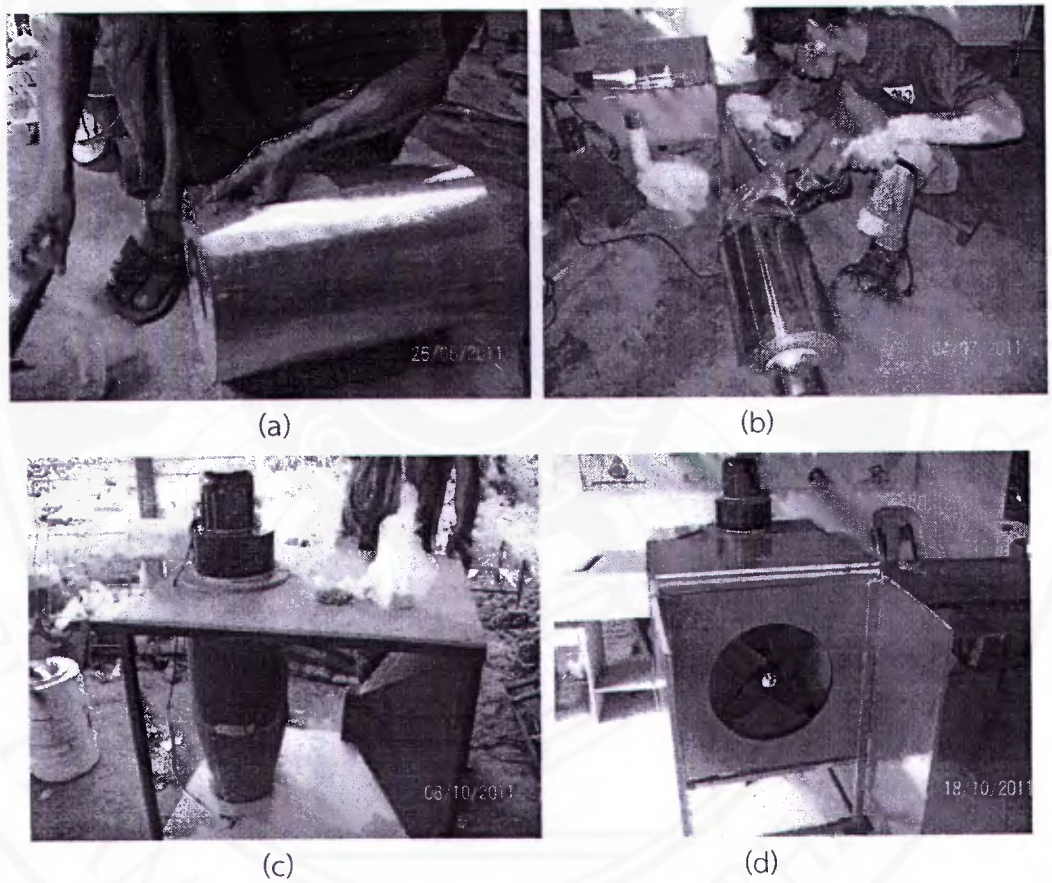
3.4.2.3 สร้างโครงสร้างสำหรับยึดจับตัวไซโคลนโดยใช้แผ่นไม้กระดานอัดและเหล็กเป็นหลัก มีลักษณะเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยม ประกอบด้วยขาตั้งที่สามารถปรับความสูงได้ ส่วนปลายของขาตั้งจะมีล้อเพื่อเพิ่มความสะดวกในการใช้งานของคนพิการ

3.4.2.4 นำ Blower ที่มีกำลังที่เหมาะสมที่ได้จากการคำนวณ มายึดติดกับโครงสร้างซึ่งเชื่อมต่อกับท่อทรงกระบอก ซึ่งเป็นตัวกำเนิดระบบไซโคลน

3.4.2.5 ติดตั้งถุงกรองฝุ่นหยาบและละเอียด สำหรับเก็บผงฝุ่นที่ได้จากการการดักจับเก็บของไซโคลน

3.4.2.6 ติดตั้งพัดลมดูดเพื่อป้อนฝุ่นเข้าตัวไซโคลน

3.4.2.7 ประกอบชิ้นส่วนทั้งหมดและตกแต่งไซโคลนดักฝุ่น โดยใช้กระดาษทรายขัดและทาสีน้ำมันให้ทั่วชิ้นงาน



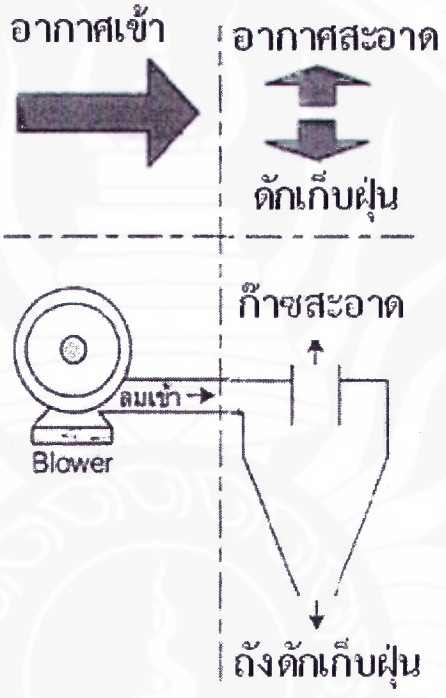
(a) (b)

(c) (d)

รูปที่ 3.12 ขั้นตอนการสร้างไซโคลนดักฝุ่น

3.5 การทดลองการดักฝุ่นของไซโคลนที่อัตราความหนาแน่นฝุ่นต่างๆ

การทดลองต่างๆ ในการวิจัยนี้ จะใช้เครื่องดักฝุ่นแบบไซโคลนเป็นหลัก ทำการทดลองหาขีดความสามารถในการดักฝุ่น โดยจะทำการทดลองที่ความหนาแน่นฝุ่นเชิงปริมาตรอากาศ 4-10 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร



รูปที่ 3.13 วงจรการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพการดักฝุ่นของไซโคลน

จากรูป 3.13 เมื่ออากาศไหลจาก Blower และถูกผสมกับฝุ่นภายในท่อระหว่างไหลเข้าไซโคลนเพื่อทำการดักฝุ่น อากาศสะอาดจะไหลออกทางด้านบนของไซโคลนและฝุ่นที่ดักได้จะตกลงในถังเก็บเพื่อนำมาหาขีดความสามารถในการดักฝุ่น ซึ่งจะกระทำโดยการนำฝุ่นที่ดักได้และตกลงไปยังด้านล่างของไซโคลนมาชั่งหาน้ำหนักฝุ่นที่ตักได้แล้วนำไปคำนวณเทียบกับน้ำหนักฝุ่นที่ใส่ปนเข้าไปในอากาศ และคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ที่ตักได้ แล้วบันทึกผล โดยทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง แบ่งการทดลองดังนี้

3.5.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ อนุภาคฝุ่นขนาดเล็กกว่า 75 ไมครอน ชุดจำลองไซโคลนดักฝุ่น นาฬิกาจับเวลา แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง แบบปรับค่าได้ 0-30 V พัดลม Blower และชุดปล่อยฝุ่น และเครื่องชั่งดิจิตอล

3.5.2 ขั้นตอนการทดลอง

3.5.2.1 ปรับความเร็วลมในการทดลองที่ 15 เมตรต่อวินาที

3.5.2.2 ทำการคำนวณเพื่อหาน้ำหนักของฝุ่นที่จะต้องการเจือปนในอากาศ ที่ความหนาแน่นฝุ่น 4, 6, 8 และ 10 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ

3.5.2.3 นำฝุ่นที่ชั่งน้ำหนักเตรียมไว้ เทลงไปในกล่องปล่อยฝุ่น พร้อมจับเวลา

3.5.2.4 ปรับอัตราการปล่อยฝุ่นด้วยการควบคุมความเร็วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงโดยใช้แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง แบบปรับค่าได้

3.5.2.5 เริ่มการทดลองโดยเปิด Blower และเริ่มจ่ายฝุ่น รอจนฝุ่นไหลออกจากชุดปล่อยฝุ่นหมดแล้วหยุดเวลา และบันทึกผล

3.6 การทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่อง

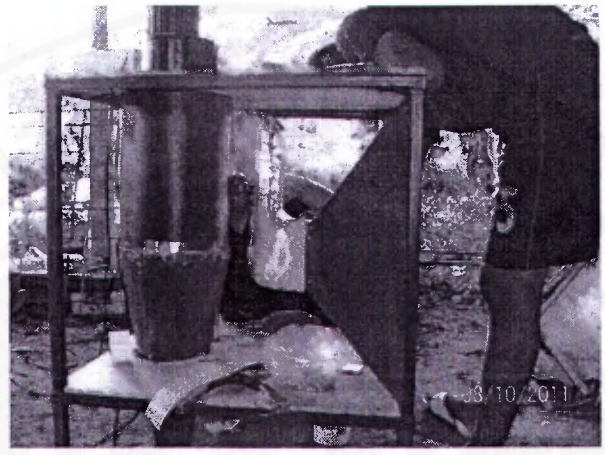
3.6.1 การทดลองชุดไซโคลนดักฝุ่น

ไซโคลนดักฝุ่นจะทำหน้าที่ดักฝุ่นด้วยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ โดยฝุ่นที่ดักได้จะตกลงด้านล่างของไซโคลนลงในถังเก็บฝุ่น และฝุ่นส่วนหนึ่งซึ่งมีขนาดเล็กและไซโคลนไม่สามารถดักได้จะไหลไปตามแรงเหวี่ยงทางด้านบนของไซโคลนซึ่งฝุ่นละเอียดจะถูกดักด้วยถุงกรองอากาศแล้วจะกลายเป็นอากาศสะอาดก่อนถูกปล่อยออกสู่ภายนอก

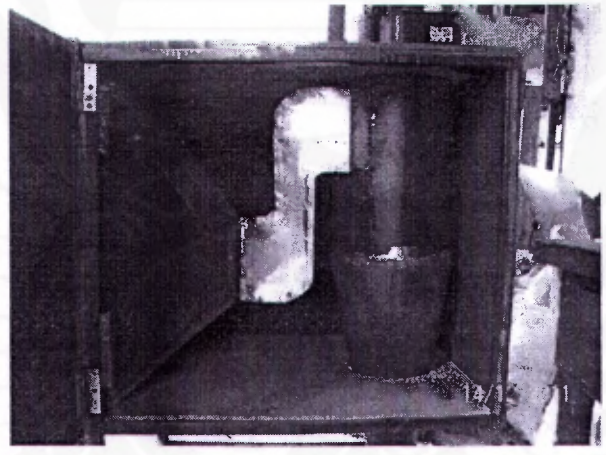
3.6.2 การทดลองหาขีดความสามารถในการดักฝุ่นของไซโคลน

ในการทดลองชุดไซโคลนดักฝุ่นเพื่อหาคุณสมบัติของแรงหนีศูนย์กลางในเรื่องดักฝุ่นแบบไซโคลน การทดลองใช้อัตราการความหนาแน่นของฝุ่น 4-10 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร การหาขีดความสามารถในการดักฝุ่น ทำโดยนำฝุ่นที่ดักได้ด้านล่างของไซโคลนมาชั่งหาน้ำหนักแล้วนำไปคำนวณเทียบกับน้ำหนักฝุ่นที่ใส่ปนเข้าไปในอากาศ และคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ที่ดักได้แล้วบันทึกผล โดยทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง

เมื่ออากาศไหลเข้าและผ่านชุดปล่อยฝุ่นจะมีฝุ่นมากับอากาศและจะไหลไปยังไซโคลน โดยอาศัยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ที่เกิดจากการไหลวนของกระแสลม แสดงการต่อชุดทดลองดังรูปที่ 3.14 และแสดงการทดสอบประสิทธิภาพการดักฝุ่นของไซโคลน ดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.14 การต่อชุดทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพของไซโคลน



รูปที่ 3.15 การทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพของการดักฝุ่นของไซโคลน

3.7 การเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้

ประสิทธิภาพการดักฝุ่นของไซโคลนจากความสัมพันธ์พิจารณาปริมาณมวลของอนุภาคของฝุ่นที่ใช้ในการทดลองทั้งหมดไปหาความสัมพันธ์กับปริมาณมวลอนุภาคของฝุ่นที่ไซโคลนสามารถดักได้โดยใช้สมการ

The separation efficiency (η) is expressed by

$$n = \frac{W_{bin}}{W_{in}}$$

โดยที่

W_{bin} : The weight of dust collected in dust bin

W_{in} : The weight of sucked dust