บทที่ 3
การออกแบบระบบกำจัดฝุ่นสำหรับเครื่องแปรรูปกระดาษม้วน

ปัญหาของฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นบริเวณเครื่องแปรรูปกระดาษม้วนเป็นปัญหาที่สำคัญของผู้ผลิต เพราะถ้าฝุ่นเหล่านี้ติดไปกับผลิตภัณฑ์อาจส่งผลกระทบต่อความน่าเชื่อถือของผลิตภัณฑ์และส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมในการปฏิบัติงานของพนักงาน ดังนั้นจึงต้องมีการศึกษาและออกแบบระบบกำจัดฝุ่นที่เหมาะสมเพื่อลดปัญหาที่เกิดขึ้น สำหรับขั้นตอนในการออกแบบระบบกำจัดฝุ่นมีดังนี้

3.1 การตรวจสอบสภาพปัญหาและการศึกษาสภาพปัญหาการเกิดฝุ่นละอองของเครื่องแปรรูปกระดาษม้วน

สภาพปัญหาของการเกิดฝุ่นละอองบริเวณเครื่องแปรรูปกระดาษม้วน (Perini 4) มีสาเหตุส่วนใหญ่มาจากการเสียดสีของกระดาษกับลูกกลิ้งที่เป็นตัวปรับกระดาษให้ตึง ซึ่งลูกกลิ้งนี้จะไม่มีมอเตอร์เป็นตัวขับให้หมุนแต่จะหมุนโดยอาศัยแรงของกระดาษ ทำให้เกิดการเสียดสีเกิดเป็นฝุ่นละออง และอีกจุดหนึ่งที่มีการเกิดฝุ่นละออง คือ บริเวณตัวกดลายกระดาษ (Emboss)

3.2 แนวความคิดในการออกแบบระบบกำจัดฝุ่น

แนวความคิดในการออกแบบระบบกำจัดฝุ่นสำหรับเครื่องแปรรูปกระดาษม้วน คือการกำจัดฝุ่นที่เกิดในกระบวนการแปรรูปกระดาษม้วนซึ่งจะฟุ้งกระจายในอากาศ โดยใช้ปากท่อดูดภายนอก (External Hood) ในการรวบรวมฝุ่นละอองดังกล่าวและใช้ระบบแอร์ไซโคลน (Air Cyclone) ในการเก็บอนุภาคฝุ่นที่รวบรวมมาจากปากท่อดูด ซึ่งในการดูดอากาศจะใช้พัดลมแบบแรงเหวี่ยง ชนิดใบโค้งหลัง (backward-curved blade)

3.3 การออกแบบระบบกำจัดฝุ่น

3.3.1 ขั้นตอนในการออกแบบระบบกำจัดฝุ่นเบื้องต้น

(1) ศึกษาลักษณะของพื้นที่หรือส่วนประกอบของโครงสร้างต่างๆ ที่จะทำการติดตั้งท่อจริง

(2) เขียนแบบของระบบท่อนำอากาศ จุดแยกแต่ละจุดจากท่อหลัก จุดที่จะทำการการติดตั้งระบบเก็บรวบรวมฝุ่นและพัดลมดูดอากาศ

(3) ออกแบบท่อแยกที่นำอากาศและอนุภาคของฝุ่นละอองมายังท่อนำอากาศ

(4) ศึกษาลักษณะฝุ่นละอองที่ต้องการกำจัด

3.3.2 ลำดับขั้นตอนในการออกแบบ

(1) เลือกปากท่อดูดที่จะใช้ในระบบกำจัดฝุ่นแต่ละจุดให้มีความเหมาะสม

(2) หาขนาดความเร็วของท่อนำอากาศ ขนาดของท่อนำอากาศ และท่อแยกในแต่ละจุด

(3) หาขนาดของท่อแยก และข้องอลักษณะต่างๆที่จะใช้ในระบบ

(4) คำนวณหาความสูญเสียเนื่องจากความดัน (Pressure Loss) ในระบบ

(5) เลือกระบบเก็บรวบรวมฝุ่นที่จะใช้ในการออกแบบ

(6) เลือกชนิดของพัดลมที่จะใช้ในการออกแบบและขนาดมอเตอร์ที่ใช้ขับพัดลม

3.4 การออกแบบปากท่อดูดของระบบกำจัดฝุ่น

ในการออกแบบปากท่อดูดของระบบกำจัดฝุ่นจะใช้ปากท่อดูดภายนอก (External Hood) ซึ่งจะติดตั้งอยู่ใกล้แหล่งกำเนิดของฝุ่นละออง ฝุ่นละอองจะถูกดึงให้เข้าปากท่อดูดโดยอาศัยความเร็วของอากาศ ซึ่งไหลผ่านปากท่อดูดในปริมาณที่มากพอ ปากท่อดูดที่ใช้ในระบบกำจัดฝุ่นนี้จะมีสองชนิด คือ ปากท่อดูดแบช่องแคบ (Slot Hood) และแบบฝาครอบ (Canopy Hood) โดยแบบฝาครอบจะติดตั้งบริเวณที่มีพื้นที่กว้างส่วนแบบช่องแคบจะติดตั้งในบริเวณที่มีพื้นที่จำกัด การหาปริมาณการไหลของอากาศของปากท่อดูดสามารถดูได้จากตารางที่ 2.2

3.4.1 ขั้นตอนการออกแบบปากท่อดูดแบบช่องแคบ

(1) ปากท่อดูดแบบช่องแคบ (Slot Hood) ที่ใช้ในระบบกำจัดฝุ่นสำหรับเครื่องแปรรูปกระดาษม้วนมี 4 จุด โดยออกแบบให้แต่ละจุดมีขนาดเท่ากัน

(2) ระยะห่างในแนวศูนย์กลางจากด้านหน้าปากท่อดูดถึงจุดที่ต้องการดึงสารปนเปื้อนเข้าปากท่อดูด (x) 0.33 ft

(3) ความกว้างของปากท่อดูด 0.67 ft ความยาวของปากท่อดูด 4 ft

(4) ความเร็วของกระแสอากาศสกปรกที่ปากทางเข้า 200 fpm (จากตารางที่ 2.1 ลักษณะการแพร่กระจายของอนุภาคฝุ่นละอองแพร่กระจายด้วยความเร็วต่ำสู่อากาศภายนอกที่เคลื่อนที่เล็กน้อย และมีอัตราการผลิตสูง กระบวนการเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง)

(5) ขอบปากท่อดูดเอียงเป็นมุม 45° เข้าหาท่อนำอากาศ

(6) วัสดุ STEEL METAL GAUGES 24 Standard Wire Gauge (ตารางที่ ข.1 และตารางที่ ข.2)

3.4.2 ขั้นตอนการออกแบบปากท่อดูดแบบฝาครอบ

(1) ปากท่อดูดแบบช่องแคบที่ใช้ในระบบกำจัดฝุ่นสำหรับเครื่องแปรรูปกระดาษม้วนมี 13 จุด มีสองขนาดคือ 10 จุดมีขนาดเท่ากัน และอีก 3 จุดมีขนาดเท่ากัน

(2) ระยะห่างในแนวศูนย์กลางจากด้านหน้าปากท่อดูดถึงจุดที่ต้องการดึงสารปนเปื้อนเข้าปากท่อดูด (x) 0.33 ft

(3) ปากท่อดูด 10 จุดที่มีขนาดเท่ากันมีความกว้างของปากท่อดูด 1.67 ft ความยาวของปากท่อดูด 1.67 ft

(4) ปากท่อดูด 3 จุดที่มีขนาดเท่ากันมีความกว้างของปากท่อดูด 1.33 ft ความยาวของปากท่อดูด 1.33 ft

(5) ความเร็วของกระแสอากาศสกปรกที่ปากทางเข้า 200 fpm (จากตารางที่ 2.1 ลักษณะการแพร่กระจายของอนุภาคฝุ่นละอองแพร่กระจายด้วยความเร็วต่ำสู่อากาศภายนอกที่เคลื่อนที่เล็กน้อย และมีอัตราการผลิตสูง กระบวนการเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง)

(6) ขอบปากท่อดูดสูง 5 cm และเอียงเป็นมุม 45° เข้าหาท่อนำอากาศ

(7) วัสดุ STEEL METAL GAUGES 24 Standard Wire Gauge (ตารางที่ ข.1 และตารางที่ ข.2)

ตารางที่ 3.1 ผลการคำนวณออกแบบปากท่อดูดของระบบกำจัดฝุ่น

ปากท่อดูด	ความกว้าง (ft)	ความยาว (ft)	ระยะ, x (ft)	ความเร็ว (fpm)	อัตราการไหล (cfm)
1	0.67	4	0.33	200	976.8
2	0.67	4	0.33	200	976.8
3	1.33	1.33	0.33	200	491.568
4	1.33	1.33	0.33	200	491.568
5	1.33	1.33	0.33	200	491.568
6	0.67	4	0.33	200	976.8
7	0.67	4	0.33	200	976.8
8	1.67	1.67	0.33	200	617.232
9	1.67	1.67	0.33	200	617.232
10	1.67	1.67	0.33	200	617.232

ตารางที่ 3.1 (ต่อ) ผลการคำนวณออกแบบปากท่อดูดของระบบกำจัดฝุ่น

ปากท่อดูด	ความกว้าง (ft)	ความยาว (ft)	ระยะ, x (ft)	ความเร็ว (fpm)	อัตราการไหล (cfm)
11	1.67	1.67	0.33	200	617.232
12	1.67	1.67	0.33	200	617.232
13	1.67	1.67	0.33	200	617.232
14	1.67	1.67	0.33	200	617.232
15	1.67	1.67	0.33	200	617.232
16	1.67	1.67	0.33	200	617.232
17	1.67	1.67	0.33	200	617.232

3.5 การออกแบบท่อนำอากาศ

3.5.1 การเลือกขนาดความเร็วของท่อนำอากาศ

เลือกใช้ความเร็วในการออกแบบ 3000 cfm (จากตารางที่ 2.4 ลักษณะฝุ่นละอองของกระดาษจะเป็นแบบ Dry Dust and powder) วัสดุ STEEL METAL GAUGES 24 Standard Wire Gauge (ตารางที่ ข.1 และตารางที่ ข.2)

3.5.2 การคำนวณขนาดของท่อนำอากาศและท่อแยกในแต่ละช่วง

ขนาดของท่อนำอากาศและท่อแยกในแต่ละช่วงสามารถคำนวณได้จากสมการ 2.1 และลักษณะของท่อแต่ละช่วงแสดงใน ภาคผนวก ก.

ตารางที่ 3.2 ผลการคำนวณออกแบบขนาดท่อ

ชนิดของท่อ	ปริมาณการไหลของอากาศ (cfm)	ความเร็วในการไหลของอากาศ (fpm)	เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ (in)	พื้นที่หน้าตัดของท่อ (ft^2)	ความเร็วในการไหลของอากาศจริง (fpm)	ความดันเนื่องจากความเร็ว (in wg)	ความยาว (ft)
1-F	976.8	3000	8	0.3489	2799.7452	0.4887	6
2-F	976.8	3000	8	0.3489	2799.7452	0.4887	2
F-B	1953.6	3000	11	0.6596	2961.7140	0.5469	12

ตารางที่ 3.2 (ต่อ) ผลการคำนวณออกแบบขนาดท่อ

ชนิดของท่อ	ปริมาณการไหลของอากาศ (cfm)	ความเร็วในการไหลของอากาศ (fpm)	เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ (in)	พื้นที่หน้าตัดของท่อ (ft2)	ความเร็วในการไหลของอากาศจริง (fpm)	ความดันเนื่องจากความเร็ว (in wg)	ความยาว (ft)
3-G	491.568	3000	5.5	0.1649	2980.9251	0.5540	4.33
4-G	491.586	3000	5.5	0.1649	2981.0342	0.5540	1
G-H	983.136	3000	8	0.3489	2817.9057	0.4950	3.33
5-H	491.586	3000	5.5	0.1649	2981.0342	0.5540	1
H-B	1474.722	3000	9.5	0.4920	2997.4765	0.5602	9
6-I	976.8	3000	8	0.3489	2799.7452	0.4887	6
7-I	976.8	3000	8	0.3489	2799.7452	0.4887	2
I-C	1953.6	3000	11	0.6596	2961.7140	0.5469	9
B-C	3428.322	3000	14.5	1.1462	2991.1517	0.5578	3
8-J	617.232	3000	6.5	0.2303	2679.8751	0.4477	3.67
9-J	617.232	3000	6.5	0.2303	2679.8751	0.4477	2
J-K	1234.464	3000	9	0.4416	2795.6722	0.4873	1.67
10-K	617.232	3000	6.5	0.2303	2679.8751	0.4477	2
K-L	1851.696	3000	11	0.6596	2807.2246	0.4913	1.67
11-L	617.232	3000	6.5	0.2303	2679.8751	0.4477	2
L-M	2468.928	3000	12.5	0.8518	2898.5529	0.5238	1.67
12-M	617.232	3000	6.5	0.2303	2679.8751	0.4477	2
M-D	3086.16	3000	14	1.0685	2888.3858	0.5201	9
C-D	5381.922	3000	18.5	1.8657	2884.6078	0.5188	3
13-N	617.232	3000	6.5	0.2303	2679.8751	0.4477	2.5
14-N	617.232	3000	6.5	0.2303	2679.8751	0.4477	1
N-O	1234.464	3000	9	0.4416	2795.6722	0.4873	1.67
15-O	617.232	3000	6.5	0.2303	2679.8751	0.4477	1
O-P	1851.696	3000	11	0.6596	2807.2246	0.4913	1.67

ตารางที่ 3.2 (ต่อ) ผลการคำนวณออกแบบขนาดท่อ

ชนิดของท่อ	ปริมาณการไหลของอากาศ (cfm)	ความเร็วในการไหลของอากาศ (fpm)	เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ (in)	พื้นที่หน้าตัดของท่อ (ft2)	ความเร็วในการไหลของอากาศจริง (fpm)	ความดันเนื่องจากความเร็ว (in wg)	ความยาว (ft)
P-Q	2468.928	3000	6.5	0.2303	10719.500	7.1638	1.67
17-Q	617.232	3000	6.5	0.2303	2679.8751	0.4477	1
Q-E	3081.55	3000	14	1.0685	2884.0712	0.5186	9
D-E	8468.082	3000	23	2.8838	2936.4473	0.5376	4
E-18	11554.18	3000	27	3.9741	2907.3982	0.5270	68
19 inlet	11554.18	3000	25	3.4071	3391.1892	0.7170	
19-R	11554.18	3000	25	3.4071	3391.1892	0.7170	20

3.6 การออกแบบลักษณะทางเข้าของท่อแยกและข้องอ

3.6.1 การออกแบบทางเข้าของท่อแยกที่ต่อเข้ากับท่อหลักจะออกแบบให้ทำมุม 30° กับท่อเมนหลัก

3.6.2 ข้องอที่ใช้เป็นแบบ 90° และ 60°โดยเลือกอัตราส่วนของ [รัศมี (R) / เส้นผ่านศูนย์กลาง(D)] เท่ากับ 2

3.6.3 วัสดุที่ใช้ STEEL METAL GAUGES 24 Standard Wire Gauge (ตารางที่ ข.1 และตารางที่ ข.2)

3.7 การออกแบบระบบเก็บรวมรวมฝุ่น

ลักษณะของระบบเก็บรวบรวมฝุ่นที่ต้องการสำหรับการออกแบบระบบกำจัดฝุ่นสำหรับเครื่องแปรรูปกระดาษคือ การดูแลรักษาง่าย เก็บฝุ่นแบบแห้งและเก็บได้อย่างต่อเนื่องเพราะมีอัตราการผลิตสูง อนุภาคของฝุ่นที่ต้องการเก็บมีขนาดไม่เล็กมาก ราคาไม่สูง

จากตารางที่ 2.5 แสดงข้อดีและข้อเสียของระบบรวบรวมฝุ่นแบบต่างๆจะเห็นได้ว่าระบบเก็บรวบรวมฝุ่นแบบไซโคลนมีลักษณะง่ายต่อการบำรุงรักษา การทิ้งฝุ่นที่เก็บได้เป็นไปอย่างต่อเนื่องและเป็นแบบแห้ง ซึ่งเป็นลักษณะของระบบเก็บรวบรวมฝุ่นที่ต้องการดังนั้นเราเลือกระบบเก็บรวบรวมฝุ่นแบบไซโคลน โดยการออกแบบไซโคลนได้มาจากตารางที่ ข.3 เลือกขนาดความดันสถิตของไซโคลน

เท่ากับ 6 นิ้วน้ำและปริมาณอากาศที่ได้จากการออกแบบ 11554.18 cfm จากตารางที่ ข.3 เลือกปริมาณอากาศในการออกแบบไซโคลน 11807 cfm

3.8 การคำนวณหาความสูญเสียเนื่องจากความดัน

ขั้นตอนในการคำนวณหาความสูญเสียเนื่องจากความดัน

3.8.1 เมื่อทราบความเร็วจริงในท่อ อัตราการไหล และขนาดท่อจากการออกแบบท่อข้างต้นแล้ว คำนวณหาความดันสูญเสียเนื่องจากความเร็วจากสมการที่ 2.3 และกราฟที่ ค.1 และกราฟที่ ค.2

3.8.2 หาความสูญเสียที่ปากท่อดูดจากสมการที่ 2.5, 2.6, และสมการที่ 2.7

3.8.3 หาแรงเสียดทานในท่อ โดยลักษณะของท่อแต่ละช่วงแสดงใน ภาคผนวก ก. และตารางที่ 3.3 แสดงลักษณะของท่อในส่วนต่างๆ

ตารางที่ 3.3 ลักษณะของท่อในส่วนต่างๆ

ชนิดของท่อ	ปริมาณการไหลของอากาศ (cfm)	ความยาวของท่อตรง (ft)	ข้องอ	มุมทางเข้าของท่อแยก
1-F	976.8	6	1-90°	
2-F	976.8	2	1-60°	1-30°
F-B	1953.6	12	1-90°	
3-G	491.568	4.33	1-90°	
4-G	491.568	1	1-60°	1-30°
G-H	983.136	3.33		
5-H	491.586	1	1-60°	1-30°
H-B	1474.722	9	1-60°	1-30°
6-I	976.8	6	1-90°	
7-I	976.8	2	1-60°	1-30°
I-C	1953.6	9	1-60°	1-30°
B-C	3428.322	3		
8-J	617.232	3.67	1-90°	
9-J	617.232	2	1-60°	1-30°
J-K	1234.464	1.67		
10-K	617.232	2	1-60°	1-30°
K-L	1851.696	1.67		
11-L	617.232	2	1-60°	1-30°
L-M	2468.928	1.67		
12-M	617.232	2	1-60°	1-30°
M-D	3086.16	9	1-60°	1-30°
C-D	5381.922	3		
13-N	617.232	2.5	1-90°	
14-N	617.232	1	1-60°	1-30°
N-O	1234.464	1.67		
15-O	617.232	1	1-60°	1-30°
O-P	1851.696	1.67		
16-P	617.232	1	1-60°	1-30°
P-Q	2468.928	1.67		
17-Q	617.232	1	1-60°	1-30°
Q-E	3086.16	9	1-60°	1-30°
D-E	8468.082	4		
E-18	11554.182	68	2-90°+ 1-60°+1-30°	
18	11554.182			
18-R	11554.182	20		

ตารางที่ 3.4 ผลการคำนวณความสูญเสียเนื่องจากความดัน

1	Duct Segment Identification	1-F	2-F	F-B	3-G
2	Volumetric flowrate (cfm)	976.8	976.8	1953.6	491.586
3	Minimum Transport Velocity (fpm)	3000	3000	3000	3000
4	Duct Daimeter(inches)	8.0000	8.0000	11.0000	5.5000
5	Duct Area (ft)	0.3489	0.3489	0.6596	0.1649
6	Actual Duct Velocity(fpm)	2799.7452	2799.7452	2961.7140	2981.0342
7	Duct Velocity Pressure (in wg)	0.4887	0.4887	0.5469	0.5540
8	H Arae (in)	2.6400	2.6400		1.7700
9	O Velocity (fpm)	200.0000	200.0000		200.0000
10	O Velocity Pressure (in wg)	0.0025	0.0025	0.0000	0.0025
11	D Loss Factor	1.7800	1.7800		0.2500
12	Acceleration Factor	0.0000	0.0000		0.0000
13	Plenum Loss per VP	1.7800	1.7800	0.0000	0.2500
14	S Plenum SP	0.0044	0.0044	0.0000	0.0006
15	U Duct Entry Loss Factor	0.2500	0.2500		0.2500
16	C Duct Entry Loss per VP	1.0000	1.0000		1.0000
17	T Duct Entry Loss per VP	1.2500	1.2500	0.0000	1.2500
18	I Duct Entry Loss	0.6109	0.6109	0.0000	0.6925
19	O Other Loss (in wg)			0.0582	
20	Hood Static Pressure (in wg)	0.6153	0.6170	0.0582	0.6932
21	Straight Duct Length (ft)	6.0000	2.0000	12.0000	4.3300
22	Friction Factor	0.0312	0.0312	0.0211	0.0492
23	friction Loss per VP	0.1874	0.0625	0.2527	0.2129
24	No. 90 degree Elbow	1.0000	0.6700	1.0000	1.0000
25	Elbow Loss per VP	0.2700	0.1810	0.2700	0.2700
26	No. Entries		1.0000		
27	Entry Loss per VP		0.1800		
28	Special Fittings Loss Factors				
29	Duct Loss per VP	0.4574	0.4235	0.5227	0.4829
30	Duct Loss (in wg)	0.2235	0.2069	0.2859	0.2675
31	Duct Static Pressure Loss	0.8344	0.8178	0.3441	0.9601
32	Cumulative Static Pressure (in wg)	-0.8344	-0.8178	-1.1785	-0.9601
33	Governing Static Pressure (in wg)			-1.3407	
34	Corrected Volumetric Flowrate (cfm)			GATE	

ตารางที่ 3.4(ต่อ) ผลการคำนวณความสูญเสียเนื่องจากความดัน

1	Duct Segment Identification	4-G	G-H	5-H	H-B
2	Volumetric flowrate (efm)	491.586	983.136	491.586	1474.722
3	Minimum Transport Velocity (fpm)	3000	3000	3000	3000
4	Duct Daimcter(inches)	5.5000	8.0000	5.5000	9.5000
5	Duct Area (ft)	0.1649	0.3489	0.1649	0.4920
6	Actual Duct Velocity(fpm)	2981.0342	2817.9057	2981.0342	2997.4765
7	Duct Velocity Pressure (in wg)	0.5540	0.4950	0.5540	0.5602
8	H Arae (in)	1.7700		1.7700	
9	O Velocity (fpm)	200.0000		200.0000	
10	O Velocity Pressure (in wg)	0.0025	0.0000	0.0025	0.0000
11	D Loss Factor	0.2500		0.2500	
12	Acceleration Factor	0.0000		0.0000	
13	Plenum Loss per VP	0.2500	0.0000	0.2500	0.0000
14	S Plenum SP	0.0006	0.0000	0.0006	0.0000
15	U Duct Entry Loss Factor	0.2500		0.2500	
16	C Duct Entry Loss per VP	1.0000		1.0000	
17	T Duct Entry Loss per VP	1.2500	0.0000	1.2500	0.0000
18	I Duct Entry Loss	0.6925	0.0000	0.6925	0.0000
19	O Other Loss (in wg)				
20	Hood Statie Pressure (in wg)	0.6932	0.0000	0.6932	0.0000
21	Straight Duct Length (ft)	1.0000	3.3300	1.0000	9.0000
22	Friction Factor	0.0492	0.0312	0.0492	0.0252
23	friction Loss per VP	0.0492	0.1040	0.0492	0.2266
24	No. 90 degree Elbow	0.6700		0.6700	0.6700
25	Elbow Loss per VP	0.1810		0.1810	0.1810
26	No. Entrics	1.0000		1.0000	1.0000
27	Entry Loss per VP	0.1800		0.1800	0.1800
28	Special Fittings Loss Factors				
29	Duct Loss per VP	0.4102	0.1040	0.4102	0.5876
30	Duct Loss (in wg)	0.2272	0.0515	0.2272	0.3291
31	Duct Static Pressure Loss	0.9198	0.0515	0.9198	0.3291
32	Cumulative Static Pressure (in wg)	-0.9189	-1.0166	-0.9198	-1.3407
33	Governing Static Pressure (in wg)				
34	Corrected Volumetric Flowrate (cfm)				

ตารางที่ 3.4(ต่อ) ผลการคำนวณความสูญเสียเนื่องจากความดัน

1	Duct Segment Identification	6-1	7-1	I-C	B-C
2	Volumetric flowrate (cfm)	976.8	976.8	1953.6	3428.322
3	Minimum Transport Velocity (fpm)	3000	3000	3000	3000
4	Duct Daimeter(inches)	8.0000	8.0000	11.0000	14.5000
5	Duct Area (ft)	0.3489	0.3489	0.6596	1.1462
6	Actual Duct Velocity(fpm)	2799.7452	2799.7452	2961.7140	2991.1517
7	Duct Velocity Pressure (in wg)	0.4887	0.4887	0.5469	0.5578
8	H Arae (in)	2.6400	2.6400		
9	O Velocity (fpm)	200.0000	200.0000		
10	O Velocity Pressure (in wg)	0.0025	0.0025	0.0000	0.0000
11	D Loss Factor	1.7800	1.7800		
12	Acceleration Factor	0.0000	0.0000		
13	Plenum Loss per VP	1.7800	1.7800	0.0000	0.0000
14	S Plenum SP	0.0044	0.0044	0.0000	0.0000
15	U Duct Entry Loss Factor	0.2500	0.2500		
16	C Duct Entry Loss per VP	1.0000	1.0000		
17	T Duct Entry Loss per VP	1.2500	1.2500	0.0000	0.0000
18	I Duct Entry Loss	0.6109	0.6109	0.0000	0.0000
19	O Other Loss (in wg)			0.0582	
20	Hood Static Pressure (in wg)	0.6153	0.6153	0.0582	0.0000
21	Straight Duct Length (ft)	6.0000	2.0000	9.0000	3.0000
22	Friction Factor	0.0312	0.0312	0.0211	0.0150
23	friction Loss per VP	0.1874	0.0625	0.1895	0.0450
24	No. 90 degree Elbow	1.0000	0.6700	0.6700	
25	Elbow Loss per VP	0.2700	0.1810	0.1810	
26	No. Entries		1.0000	1.0000	
27	Entry Loss per VP		0.1800	0.1800	
28	Special Fittings Loss Factors				
29	Duct Loss per VP	0.4574	0.4235	0.5505	0.0450
30	Duct Loss (in wg)	0.2235	0.2069	0.3011	0.0251
31	Duct Static Pressure Loss	0.8344	0.8178	0.3593	0.0251
32	Cumulative Static Pressure (in wg)	-0.8344	-0.8178	-1.1937	-1.3658
33	Governing Static Pressure (in wg)			-1.3658	
34	Corrected Volumetric Flowrate (cfm)			GATE	

ตารางที่ 3.4(ต่อ) ผลการคำนวณความสูญเสียเนื่องจากความดัน

1	Duct Segment Identification	8-J	9-J	J-K	10-K
2	Volumetric flowrate (cfm)	617.232	617.232	1234.464	617.232
3	Minimum Transport Velocity (fpm)	3000	3000	3000	3000
4	Duct Daimeter(inches)	6.5000	6.5000	9.0000	6.5000
5	Duct Area (ft)	0.2303	0.2303	0.4416	0.2303
6	Actual Duct Velocity(fpm)	2679.8751	2679.8751	2795.6722	2679.8751
7	Duct Velocity Pressure (in wg)	0.4477	0.4477	0.4873	0.4477
8	H Arae (in)	2.7600	2.7600		2.7600
9	O Vclocity (fpm)	200.0000	200.0000		200.0000
10	O Velocity Pressure (in wg)	0.0025	0.0025	0.0000	0.0025
11	D Loss Factor	0.2500	0.2500		0.2500
12	Acceleration Factor	0.0000	0.0000		0.0000
13	Plenum Loss per VP	0.2500	0.2500	0.0000	0.2500
14	S Plenum SP	0.0006	0.0006	0.0000	0.0006
15	U Duct Entry Loss Factor	0.2500	0.2500		0.2500
16	C Duct Entry Loss per VP	1.0000	1.0000		1.0000
17	T Duct Entry Loss per VP	1.2500	1.2500	0.0000	1.2500
18	I Duct Entry Loss	0.5597	0.5597	0.0000	0.5597
19	O Other Loss (in wg)				
20	Hood Static Pressure (in wg)	0.5603	0.5603	0.0000	0.5603
21	Straight Duct Length (ft)	3.6700	2.0000	1.6700	2.0000
22	Friction Factor	0.0404	0.0404	0.0270	0.0404
23	friction Loss per VP	0.1483	0.0808	0.0452	0.0808
24	No. 90 degree Elbow	1.0000	0.6700		0.6700
25	Elbow Loss per VP	0.2700	0.1810		0.1810
26	No. Entries		1.0000		1.0000
27	Entry Loss per VP		0.1800		0.1800
28	Special Fittings Loss Factors				
29	Duct Loss per VP	0.4183	0.4418	0.0452	0.4418
30	Duct Loss (in wg)	0.1873	0.1978	0.0220	0.1978
31	Duct Static Pressure Loss	0.7470	0.7575	0.0220	0.7575
32	Cumulative Static Pressure (in wg)	-0.7470	-0.7575	-0.7795	-0.7575
33	Governing Static Pressure (in wg)				
34	Corrected Volumetric Flowrate (cfm)				

ตารางที่ 3.4(ต่อ) ผลการคำนวณความสูญเสียเนื่องจากความดัน

1	Duct Segment Identification	K-L	11-L	L-M	12-M
2	Volumetric flowrate (cfm)	1851.696	617.232	2468.928	617.232
3	Minimum Transport Velocity (fpm)	3000	3000	3000	3000
4	Duct Daimeter(inches)	11.0000	6.5000	12.5000	6.5000
5	Duct Area (ft)	0.6596	0.2300	0.8518	0.2303
6	Actual Duct Velocity(fpm)	2807.2246	2683.6174	2898.5529	2679.8751
7	Duct Velocity Pressure (in wg)	0.4913	0.4490	0.5238	0.4477
8	H Arae (in)		2.7600		2.6700
9	O Velocity (fpm)		200.0000		200.0000
10	O Velocity Pressure (in wg)	0.0000	0.0025	0.0000	0.0025
11	D Loss Factor		0.2500		0.2500
12	Acceleration Factor		0.0000		0.0000
13	Plenum Loss per VP	0.0000	0.2500	0.0000	0.2500
14	S Plenum SP	0.0000	0.0006	0.0000	0.0006
15	U Duct Entry Loss Factor		0.2500		0.2500
16	C Duct Entry Loss per VP		1.0000		1.0000
17	T Duct Entry Loss per VP	0.0000	1.2500	0.0000	1.2500
18	I Duct Entry Loss	0.0000	0.5612	0.0000	0.5597
19	O Other Loss (in wg)				
20	Hood Static Pressure (in wg)	0.0000	0.5619	0.0000	0.5603
21	Straight Duct Length (ft)	1.6700	2.0000	1.6700	2.0000
22	Friction Factor	0.0212	0.0404	0.0180	0.0404
23	friction Loss per VP	0.0353	0.0809	0.0301	0.0808
24	No. 90 degree Elbow		0.6700		0.6700
25	Elbow Loss per VP		0.1810		0.1810
26	No. Entries		1.0000		1.0000
27	Entry Loss per VP		0.1800		0.1800
28	Special Fittings Loss Factors				
29	Duct Loss per VP	0.0353	0.4419	0.0301	0.4418
30	Duct Loss (in wg)	0.0174	0.1984	0.0158	0.1978
31	Duct Static Pressure Loss	0.0174	0.7596	0.0158	0.7575
32	Cumulative Static Pressure (in wg)	-0.7969	-0.7596	-0.8127	-0.7575
33	Governing Static Pressure (in wg)				
34	Corrected Volumetric Flowrate (cfm)				

ตารางที่ 3.4(ต่อ) ผลการคำนวณความสูญเสียเนื่องจากความดัน

1	Duct Segment Identification	M-D	C-D	13-N	14-N
2	Volumetric flowrate (cfm)	3086.16	5381.922	617.232	617.232
3	Minimum Transport Velocity (fpm)	3000	3000	3000	3000
4	Duct Daimeter(inches)	14.0000	18.5000	6.5000	6.5000
5	Duct Area (ft)	1.0685	1.8657	0.2303	0.2303
6	Actual Duct Velocity(fpm)	2888.3858	2884.6078	2679.8751	2679.8751
7	Duct Velocity Pressure (in wg)	0.5201	0.5188	0.4477	0.4477
8	H Arae (in)			2.7600	2.7600
9	O Velocity (fpm)			200.0000	200.0000
10	O Velocity Pressure (in wg)	0.0000	0.0000	0.0025	0.0025
11	D Loss Factor			0.2500	0.2500
12	Acceleration Factor			0.0000	0.0000
13	Plenum Loss per VP	0.0000	0.0000	0.2500	0.2500
14	S Plenum SP	0.0000	0.0000	0.0006	0.0006
15	U Duct Entry Loss Factor			0.2500	0.2500
16	C Duct Entry Loss per VP			1.0000	1.0000
17	T Duct Entry Loss per VP	0.0000	0.0000	1.2500	1.2500
18	I Duct Entry Loss	0.0000	0.0000	0.5597	0.5597
19	O Other Loss (in wg)	0.0130			
20	Hood Static Pressure (in wg)	0.0130	0.0000	0.5603	0.5603
21	Straight Duct Length (ft)	9.0000	3.0000	2.5000	1.0000
22	Friction Factor	0.0157	0.0112	0.0404	0.0404
23	friction Loss per VP	0.1414	0.0335	0.1010	0.0404
24	No. 90 degree Elbow	0.6700		1.0000	0.6700
25	Elbow Loss per VP	0.1810		0.2700	0.1810
26	No. Entries	1.0000			1.0000
27	Entry Loss per VP	0.1800			0.1800
28	Special Fittings Loss Factors				
29	Duct Loss per VP	0.5024	0.0335	0.3710	0.4014
30	Duct Loss (in wg)	0.2613	0.0174	0.1661	0.1797
31	Duct Static Pressure Loss	0.2743	0.0174	0.7258	0.7394
32	Cumulative Static Pressure (in wg)	-1.0837	-1.3900	-0.7258	-0.7394
33	Governing Static Pressure (in wg)	-1.3900			
34	Corrected Volumetric Flowrate (cfm)	GATE			

ตารางที่ 3.4(ต่อ) ผลการคำนวณความสูญเสียเนื่องจากความดัน

1	Duct Segment Identification	N-O	15-O	O-P	16-P
2	Volumetric flowrate (cfm)	1234.464	617.232	1851.969	617.232
3	Minimum Transport Velocity (fpm)	3000	3000	3000	3000
4	Duct Daimeter(inches)	9.0000	6.5000	11.0000	6.5000
5	Duct Area (ft)	0.4416	0.2303	0.6596	0.2303
6	Actual Duet Velocity(fpm)	2795.6722	2679.8751	2807.6384	2679.8751
7	Duct Velocity Pressure (in wg)	0.4873	0.4477	0.4914	0.4477
8	H Arae (in)		2.7600		2.7600
9	O Velocity (fpm)		200.0000		200.0000
10	O Velocity Pressure (in wg)	0.0000	0.0025	0.0000	0.0025
11	D Loss Factor		0.2500		0.2500
12	Acceleration Factor		0.0000		0.0000
13	Plenum Loss per VP	0.0000	0.2500	0.0000	0.2500
14	S Plenum SP	0.0000	0.0006	0.0000	0.0006
15	U Duct Entry Loss Factor		0.2500		0.2500
16	C Duct Entry Loss per VP		1.0000		1.0000
17	T Duct Entry Loss per VP	0.0000	1.2500	0.0000	1.2500
18	I Duct Entry Loss	0.0000	0.5597	0.0000	0.5597
19	O Other Loss (in wg)				
20	Hood Static Pressure (in wg)	0.0000	0.5603	0.0000	0.5603
21	Straight Duct Length (ft)	1.6700	1.0000	1.6700	1.0000
22	Friction Factor	0.0270	0.0404	0.0212	0.0404
23	friction Loss per VP	0.0452	0.0404	0.0353	0.0404
24	No. 90 degree Elbow		0.6700		0.6700
25	Elbow Loss per VP		0.1810		0.1810
26	No. Entries		1.0000		1.0000
27	Entry Loss per VP		0.1800		0.1800
28	Special Fittings Loss Factors				
29	Duct Loss per VP	0.0452	0.4014	0.0353	0.4014
30	Duct Loss (in wg)	0.0220	0.1797	0.0174	0.1797
31	Duct Static Pressure Loss	0.0220	0.7394	0.0174	0.7394
32	Cumulative Static Pressure (in wg)	-0.7614	-0.7394	-0.7788	-0.7394
33	Governing Static Pressure (in wg)				
34	Corrected Volumetric Flowrate (cfm)				

ตารางที่ 3.4(ต่อ) ผลการคำนวณความสูญเสียเนื่องจากความดัน

1	Duct Segment Identification	P-Q	17-Q	Q-E	D-E
2	Volumetric flowrate (cfm)	2468.982	617.232	3086.16	8468.082
3	Minimum Transport Velocity (fpm)	3000	3000	3000	3000
4	Duct Daimeter(inches)	12.5000	6.5000	14.0000	23.0000
5	Duct Area (ft)	0.8518	0.2303	1.0685	2.8838
6	Actual Duct Velocity(fpm)	2898.6163	2679.8751	2888.3858	2936.4473
7	Duct Velocity Pressure (in wg)	0.5238	0.4477	0.5201	0.5376
8	H Arae (in)		2.7600		
9	O Velocity (fpm)		200.0000		
10	O Velocity Pressure (in wg)	0.0000	0.0025	0.0000	0.0000
11	D Loss Factor		0.2500		
12	Accelcration Factor		0.0000		
13	Plenum Loss per VP	0.0000	0.2500	0.0000	0.0000
14	S Plenum SP	0.0000	0.0006	0.0000	0.0000
15	U Duct Entry Loss Factor		0.2500		
16	C Duct Entry Loss per VP		1.0000		
17	T Duct Entry Loss per VP	0.0000	1.2500	0.0000	0.0000
18	I Duct Entry Loss	0.0000	0.5597	0.0000	0.0000
19	O Other Loss (in wg)			0.0130	
20	Hood Static Pressure (in wg)	0.0000	0.5603	0.0130	0.0000
21	Straight Duct Length (ft)	1.6700	1.0000	9.0000	4.0000
22	Friction Factor	0.0180	0.0404	0.0157	0.0085
23	friction Loss per VP	0.0301	0.0404	0.1414	0.0342
24	No. 90 degree Elbow		0.6700	0.6700	
25	Elbow Loss per VP		0.1810	0.1810	
26	No. Entries		1.0000	1.0000	
27	Entry Loss per VP		0.1800	0.1800	
28	Special Fittings Loss Factors				
29	Duct Loss per VP	0.0301	0.4014	0.5024	0.0342
30	Duct Loss (in wg)	0.0158	0.1797	0.2613	0.0184
31	Duct Static Pressure Loss	0.0158	0.7394	0.2743	0.0184
32	Cumulative Static Pressure (in wg)	-0.7946	-0.7394	-0.1069	-1.4084
33	Governing Static Pressure (in wg)			-1.4084	
34	Corrected Volumetric Flowrate (cfm)			GATE	

ตารางที่ 3.4(ต่อ) ผลการคำนวณความสูญเสียเนื่องจากความดัน

1	Duct Segment Identification	E-18	18	18 inlet	18-R
2	Volumetric flowrate (cfm)	11554.182	11554.182	11554.182	11554.182
3	Minimum Transport Velocity (fpm)	3000		3000	3000
4	Duct Daimeter(inches)	27.0000		25.0000	25.0000
5	Duct Area (ft)	3.9741		3.4071	3.4071
6	Actual Duct Velocity(fpm)	2907.3982		3391.1892	3391.1892
7	Duct Velocity Pressure (in wg)	0.5270		0.7170	0.7170
8	H Arae (in)				
9	O Velocity (fpm)				
10	O Velocity Pressure (in wg)	0.0000			0.0000
11	D Loss Factor				
12	Acceleration Factor				
13	Plenum Loss per VP	0.0000			0.0000
14	S Plenum SP	0.0000			0.0000
15	U Duct Entry Loss Factor				
16	C Duct Entry Loss per VP				
17	T Duct Entry Loss per VP	0.0000			0.0000
18	I Duct Entry Loss	0.0000			0.0000
19	O Other Loss (in wg)		6.0000		
20	Hood Static Pressure (in wg)	0.0000			0.0000
21	Straight Duct Length (ft)	68.0000			20.0000
22	Friction Factor	0.0070			0.0076
23	friction Loss per VP	0.4779			0.1526
24	No. 90 degree Elbow	3.0000			
25	Elbow Loss per VP	0.8100			
26	No. Entries				
27	Entry Loss per VP				
28	Special Fittings Loss Factors				
29	Duct Loss per VP	1.2879			0.1526
30	Duct Loss (in wg)	0.6787			0.1094
31	Duct Static Pressure Loss	0.6787			0.1094
32	Cumulative Static Pressure (in wg)	-2.0871	-8.0871		
33	Governing Static Pressure (in wg)				
34	Corrected Volumetric Flowrate (cfm)				

3.9 การเลือกพัดลมดูดอากาศและมอเตอร์ขับพัดลมที่ใช้ในระบบกำจัดฝุ่น

3.9.1 ทราบอัตราการไหลจากการคำนวณข้างต้น คือ 11554.182 cfm

3.9.2 หาความดันสถิตของพัดลมจากสมการ 2.15 ได้ ความดันสถิต 8.1965 นิ้วน้ำ

3.9.3 จากตารางที่ 2.6 ซึ่งเปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของพัดลมแบบต่างๆในโครงงานนี้จะเลือกใช้พัดลมแบบใบโค้งหลังเพราะมีประสิทธิภาพเชิงกลสูง ความเร็วลมสูง เสถียรภาพดี และสามารถใช้กับฝุ่นละอองแห้งได้

3.9.4 มอเตอร์ที่ใช้ขับพัดลมสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (2.13)

3.9.5 เลือกประสิทธิภาพของมอเตอร์ 60 %

3.9.6 จากการคำนวณจะได้มอเตอร์ขนาด 33.29 แรงม้า