

บทที่ 3

การดำเนินการทดลอง

3.1 บทนำ

การทดลองเพื่อศึกษาการขนถ่ายวัสดุด้วยอากาศในที่นี่นั้น จะทำการทดลองการขนถ่ายของ วัสดุ 3 ชนิดอันได้แก่ เมล็ดข้าวโพด เมล็ดถั่วเขียว และเม็ดพลาสติก (ดังรูปที่ 3.1) เนื่องจากวัสดุทั้ง 3 ชนิดนั้นเป็นวัสดุที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ ทั้งทางด้านเกษตรกรรมและอุตสาหกรรม นอกจากนี้ยังมีความเป็นไปได้ที่จะนำเอาระบบการขนถ่ายวัสดุด้วยอากาศมาประยุกต์ใช้กับวัสดุทั้งตามชนิด ดังที่ได้กล่าวมานี้

ในการทดลองนั้นจะทำการขนถ่ายวัสดุแต่ละชนิดผ่านระบบท่อขนถ่ายที่ค่าอัตราการไหลเชิงมวลของวัสดุและค่าอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศต่างกัน เพื่อศึกษาพฤติกรรมของการขนถ่ายของวัสดุไม่ว่าจะเป็น ค่าความดันตกตลอดแนวการขนถ่าย ค่าความเร็วและปริมาณของอากาศที่มีความจำเป็นต่อค่าอัตราการไหลเชิงมวลของวัสดุต่างกัน ตลอดจนถึงรูปร่างลักษณะของวัสดุที่มีผลต่อพฤติกรรมของการขนถ่าย

ชุดทดสอบในการทดลองนี้ได้รับความอนุเคราะห์จากภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ชุดทดสอบดังกล่าวจะทำงานโดย วัสดุจะถูกถ่ายโดย อุปกรณ์ถ่ายวัสดุแบบโรตารีผ่านเข้าไปในระบบท่อ จากนั้นวัสดุจะเคลื่อนที่โดยแรงอัดอากาศจาก พัดลมผ่านระบบท่อไหลไปสู่ส่วนจับเก็บ ที่ส่วนจับเก็บวัสดุนี้วัสดุจะถูกถ่ายกลับไปที่ส่วนถ่ายวัสดุ อีกครั้งหนึ่ง ซึ่งจะทำให้วัสดุนั้นมีการไหลวนอยู่ในระบบท่ออยู่ตลอดเวลา ทำให้ไม่มีความจำเป็นที่จะต้องใช้วัสดุในการทดลองเป็นปริมาณมาก ระบบท่อที่คิดคั้งนั้นเป็นท่อแอสแตนเลส ที่ไม่มีข้อต่อ ต่างๆมาเกี่ยวข้อง ทั้งนี้การต่อท่อในระบบจะอาศัยแคลมป์ยึดทำให้ถือเสมือนว่าระบบนั้นเป็นท่อ ตรงโดยในการทดลองนี้กำหนดให้ระบบท่อมีความยาวโดยรวมเท่ากับ 20 เมตร ค่าอัตราการไหลเชิงมวลของวัสดุจะสามารถทำการปรับได้โดยการปรับความเร็วรอบของโรตารีวาล์วที่ชุดอินเวอร์ทเตอร์ซึ่งจะต้องมีการปรับเทียบสำหรับวัสดุแต่ละชนิด ส่วนค่าอัตราการไหลของอากาศนั้นสามารถ

ทำการปรับค่าได้เช่นเดียวกันที่จุดอินเวิร์ทเคอร์สำหรับปรับค่าความเร็วรอบของชุดพัดลม ค่าตัวแปรที่อ่านได้โดยตรงจากชุดทดสอบนั้นได้แก่ ค่าความดันตกของแนวท่อขนถ่ายจากเกจวัดค่าความดันตก และค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศจากอุปกรณ์วัดค่าอัตราการไหลแบบออริฟิซ (Orifice)

ผลที่ได้จากการทดลองจะถูกนำไปวิเคราะห์ในส่วนต่างๆ ไม่ว่าจะค่าความเร็วของอากาศค่าตุคที่มีความจำเป็นสำหรับการขนถ่ายวัสดุที่ค่าความหนาแน่นเฟสของการไหลต่างๆ กราฟแสดงพฤติกรรมการณ์การขนถ่ายสำหรับวัสดุแต่ละชนิดที่ได้ทำการทดลอง ฯลฯ ซึ่งจะได้อีกต่อไปในบทที่ 4

3.2 วัสดุที่ใช้ในการทดลอง

วัสดุที่ได้นำมาใช้ในการทดลองนั้นได้แก่ เมล็ดข้าวโพด เมล็ดถั่วเขียว และเม็ดพลาสติก วัสดุทั้ง 3 ชนิดนั้นมีคุณสมบัติต่างๆดังนี้

ตาราง 3.1 แสดงคุณสมบัติของวัสดุที่นำมาทดลอง

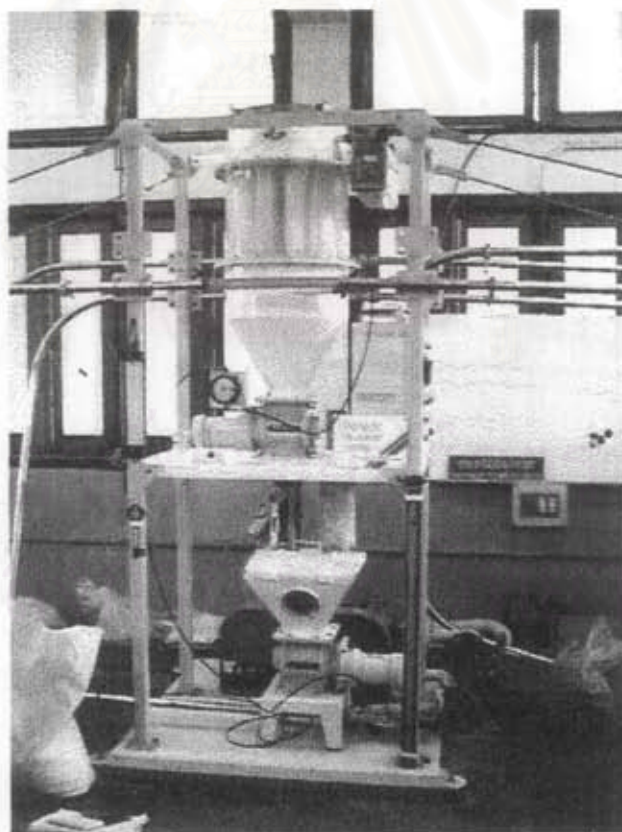
วัสดุ	ความหนาแน่น kg/m^3	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเทียบเท่า m	ค่าตัวประกอบรูปร่าง (Ψ , Shape Factor)
เมล็ดข้าวโพด	1183.84	0.00771	0.91
เมล็ดถั่วเขียว	1313.40	0.00457	0.85
เม็ดพลาสติก	1350	0.00288	0.69

วัสดุทั้ง 3 ชนิดที่นำมาทดสอบนั้นมีลักษณะรูปร่างที่แตกต่างกันค่อนข้างชัดเจน โดยที่เมล็ดข้าวโพดนั้นจะมีรูปร่างคล้ายสามเหลี่ยมที่มีความหนา เมล็ดถั่วเขียวมีรูปร่างคล้ายทรงรี ส่วนเม็ดพลาสติกมีรูปร่างเป็นทรงกลมแบน

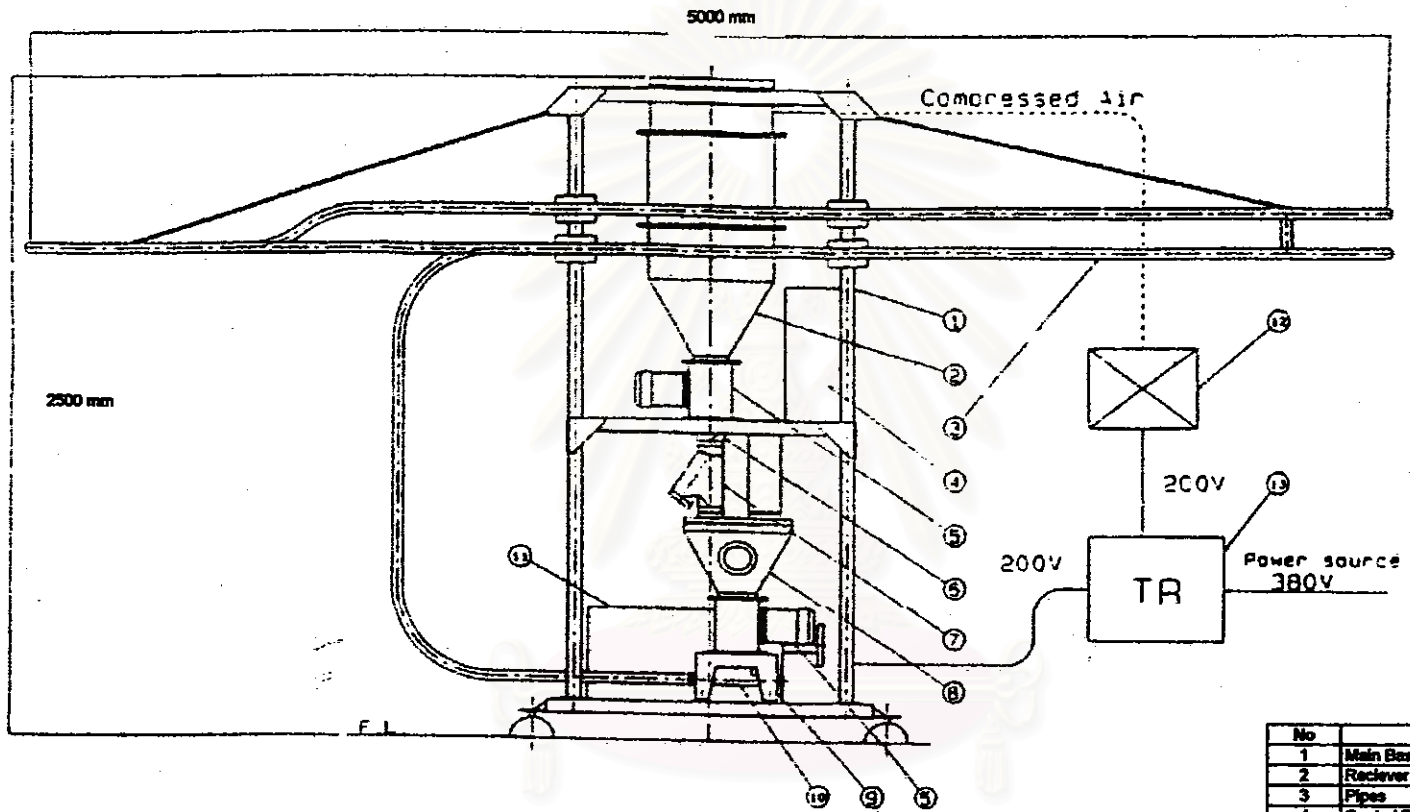
3.3 ชุดทดสอบ

ชุดทดสอบที่ได้นำมาใช้ในการทดลองนี้นั้นเป็นชุดทดสอบการขนถ่ายวัสดุด้วยอากาศ ซึ่งได้จัดรวมเอาอุปกรณ์พื้นฐานสำหรับการขนถ่ายวัสดุด้วยอากาศมาอยู่ในชุดเดียวกัน การทำการทดลองโดยชุดทดสอบดังกล่าวนี้จะสามารถจัดเก็บข้อมูลต่างๆ ที่เกิดขึ้นในการขนถ่ายสำหรับวัสดุชนิดต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นค่าอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ ค่าอัตราการไหลเชิงมวลของวัสดุ และค่าความดันตกตลอดแนวการขนถ่าย

ชุดทดสอบดังกล่าวนี้สามารถทำการทดลองการขนถ่ายได้ทั้งแบบความดันลบ (Negative Pressure) และแบบความดันเป็นบวก (Positive Pressure) โดยในการทดลองนี้นั้นจะทำการทดลองแบบความดันบวกเท่านั้นเนื่องจากเป็นระบบที่มีความแพร่หลายในการใช้งานมากกว่า ชุดทดสอบนั้นแสดงได้ดังรูป 3.1 3.2 และ 3.3 ซึ่งชุดทดสอบประกอบไปด้วย



รูปที่ 3.1 แสดงชุดทดสอบการขนถ่ายวัสดุด้วยอากาศของ TSUSAKA INDUSTRY Co., Ltd.



No	Name
1	Main Base
2	Receiver Filter
3	Pipes
4	Control Panel
5	Rotary Valve
6	Tapered Pipe
7	2-Way Valve
8	Inlet Hopper
9	Base
10	Supply Nozzle
11	Blower 2.2 kW
12	Compressor
13	Transformer

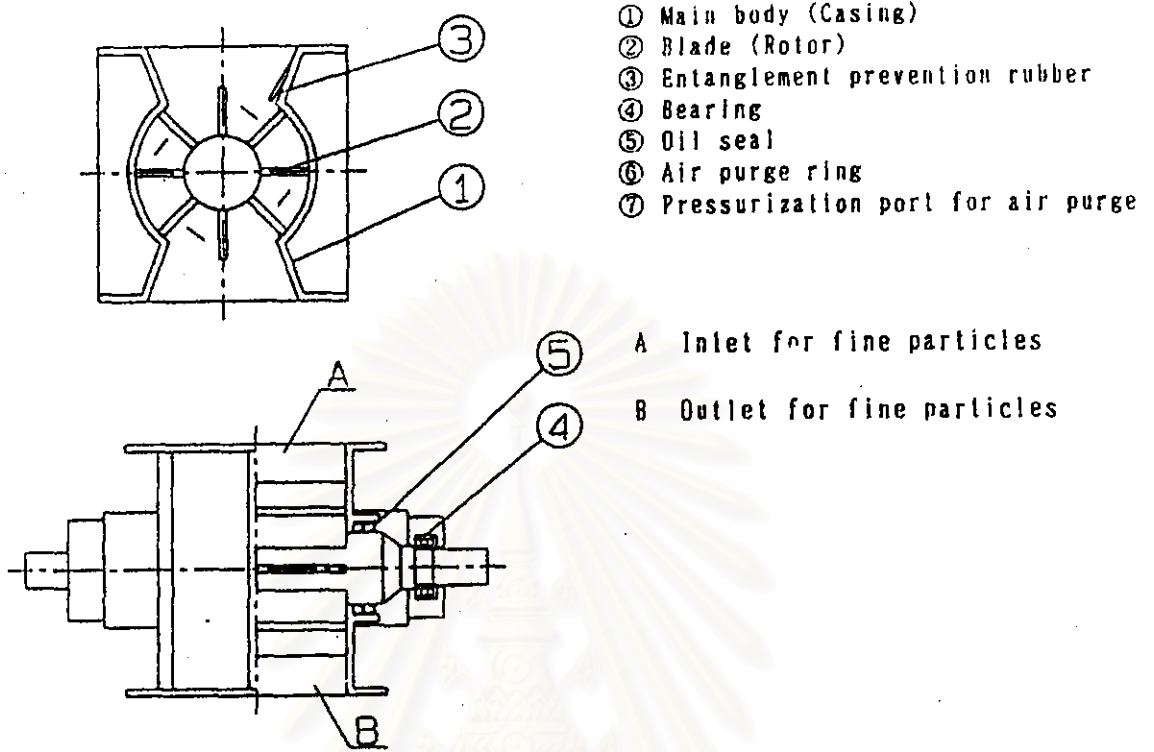
รูปที่ 3.3 แสดงชุดทดสอบและแนวท่อขนถ่ายยาว 20 เมตร

3.3.1 อุปกรณ์จ่ายวัสดุแบบโรตารี



รูปที่ 3.4 อุปกรณ์จ่ายวัสดุแบบโรตารี

อุปกรณ์จ่ายวัสดุแบบโรตารีสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.4 สำหรับการทำงานของอุปกรณ์ดังกล่าวนี้วัสดุจะถูกจ่ายโดยอาศัยการหมุนของตัวโรตารีที่อยู่ภายในดังรูป 3.5 ซึ่งปริมาณการจ่ายวัสดุนั้นสามารถปรับค่าได้โดยการปรับรอบการหมุนของตัวโรตารี ในช่วงของรอบการหมุนที่ไม่สูงมาก (ที่ 30 rpm หรือต่ำกว่า) ค่าปริมาณการไหลเชิงมวลของวัสดุจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่าความเร็วรอบของตัวโรตารี อุปกรณ์จ่ายวัสดุแบบโรตารีนี้สามารถจ่ายวัสดุที่ปริมาณคงที่ได้โดยไม่มี การรั่วซึมของอากาศ ในขณะที่มีการเปลี่ยนแปลงองศาการไหลของอากาศที่ความเร็วรอบของพัดลมอัดอากาศ (Blower) ต่างๆกัน



รูปที่ 3.5 แสดงโครงสร้างของชุดอุปกรณ์จ่ายวัสดุแบบโรตารี

ในการทดลองจะต้องมีการปรับเทียบระหว่างค่าอัตราการไหลเชิงมวลของวัสดุและความเร็วรอบของอุปกรณ์จ่ายวัสดุแบบโรตารี ซึ่งสามารถปรับค่าได้โดยการปรับค่าความถี่ที่ชุดอินเวอร์เตอร์เพื่อที่จะทราบถึงค่าอัตราการไหลเชิงมวลของวัสดุที่ค่าความเร็วรอบของอุปกรณ์จ่ายวัสดุแบบโรตารีต่างๆกัน สำหรับชุดอุปกรณ์จ่ายวัสดุแบบโรตารีที่ใช้ในชุดทดสอบนี้นั้นจะมีค่าความเร็วรอบ 24 rpm ที่ค่าความถี่ที่ชุดอินเวอร์เตอร์บนแผงควบคุม 50 Hz การปรับเทียบดังกล่าวจะทำให้โดยทำการวัดปริมาณของวัสดุมาชั่งน้ำหนักและทำการจับเวลาที่ค่าความเร็วรอบของอุปกรณ์จ่ายวัสดุแบบโรตารีต่างๆกัน จากนั้นนำมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของวัสดุและค่าความเร็วรอบก็จะได้กราฟเปรียบเทียบสำหรับวัสดุนั้นๆ สำหรับวัสดุที่ใช้ในการทดลองนี้อันได้แก่ เมล็ดข้าวโพด เมล็ดถั่วเขียว และเมล็ดพลาสติกนั้นมีการเปรียบเทียบสำหรับอุปกรณ์จ่ายวัสดุแบบโรตารีดังนี้

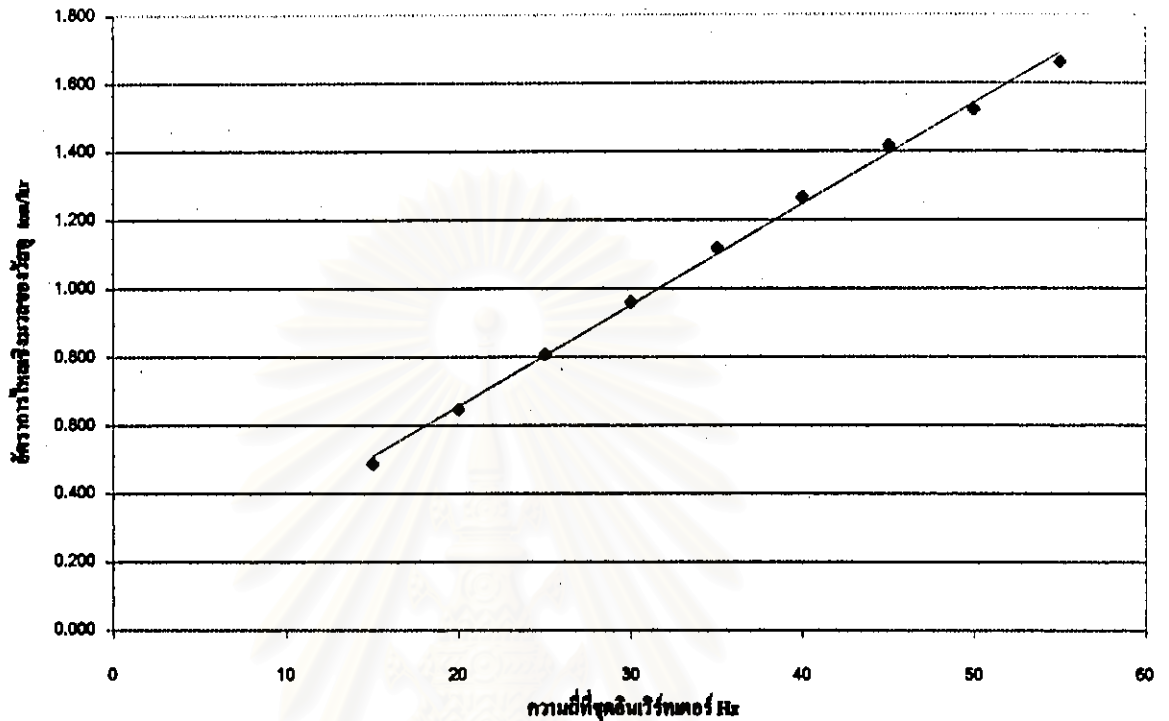
3.3.1.1 ผลการเปรียบเทียบอุปกรณ์จ่ายวัสดุแบบโรตารีสำหรับเมล็ดข้าวโพด

ตารางที่ 3.2 แสดงผลการเปรียบเทียบอุปกรณ์จ่ายวัสดุแบบ โรตารีสำหรับเมล็ดข้าวโพด

ความถี่ที่ชุด อินเวอร์ท เคอร์ (Hz)	ครั้งที่						อัตราการไหล เชิงมวลเฉลี่ย (ton/hr)
	1			2			
	น้ำหนัก วัสดุ (kg)	เวลา (sec)	อัตราการ ไหลเชิง มวล (kg/s)	น้ำหนัก วัสดุ (kg)	เวลา (sec)	อัตราการ ไหลเชิง มวล (kg/s)	
15	1.42	10.59	0.483	1.54	11.29	0.491	0.487
20	1.83	10.28	0.641	2.01	11.03	0.656	0.648
25	2.30	10.16	0.815	2.33	10.47	0.801	0.808
30	2.67	10.06	0.955	2.66	9.91	0.966	0.961
35	3.06	9.72	1.133	3.22	10.5	1.104	1.119
40	3.68	10.37	1.278	3.68	10.53	1.258	1.268
45	4.04	10.07	1.444	4.08	10.56	1.391	1.418
50	4.70	10.88	1.555	4.02	9.71	1.490	1.523
55	4.14	8.88	1.678	4.30	9.41	1.645	1.662

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กราฟเปรียบเทียบของอุปกรณ์จ่ายวัสดุแบบโรตารีสำหรับเมล็ดข้าวโพด



รูปที่ 3.6 แสดงกราฟเปรียบเทียบอุปกรณ์จ่ายวัสดุแบบโรตารีสำหรับเมล็ดข้าวโพด โดยจากกราฟจะเห็นว่าค่าอัตราการไหลเชิงมวลของวัสดุ (ton/hr) = $0.0295 \times$ ความเร็วที่จุดอินเวอร์เตอร์ (Hz) + 0.0669

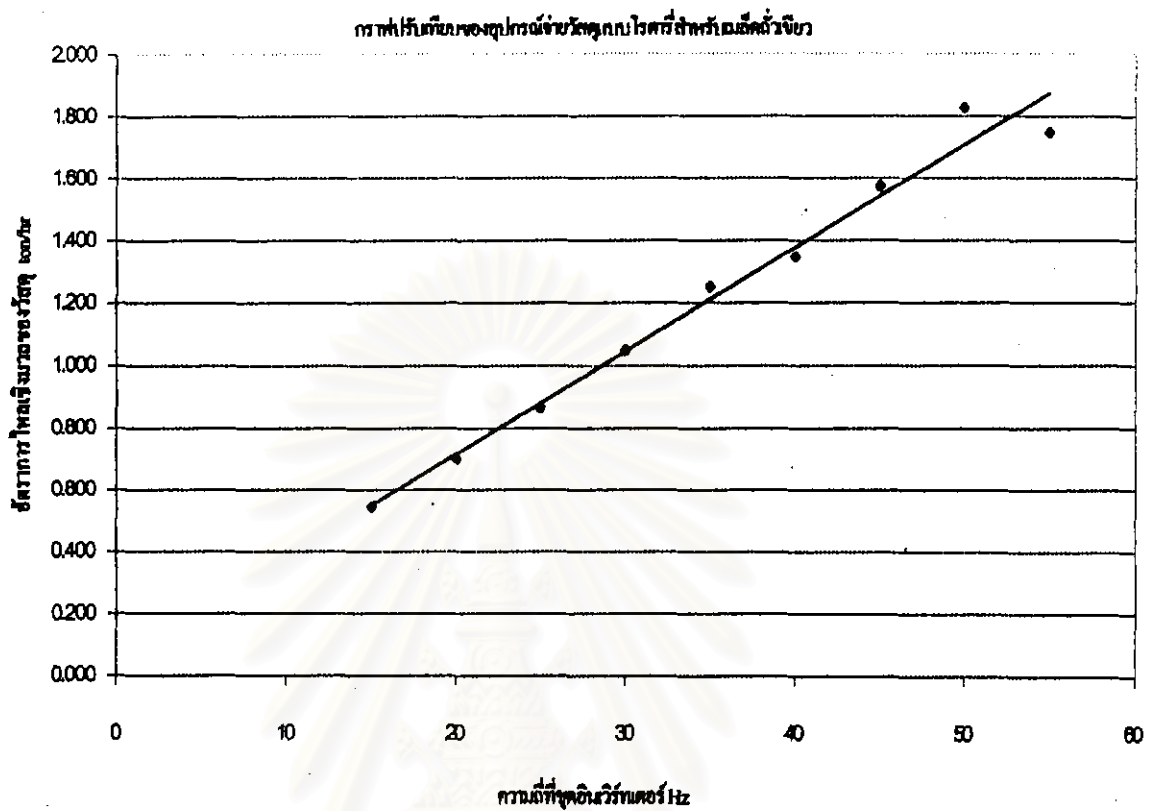
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3.1.2 ผลการเปรียบเทียบอุปกรณ์จ่ายวัสดุแบบโรตารีสำหรับเมล็ดถั่วเขียว

ตารางที่ 3.3 แสดงผลการเปรียบเทียบอุปกรณ์จ่ายวัสดุแบบโรตารีสำหรับเมล็ดถั่วเขียว

ความถี่ที่จุด อินเวอร์ท เตอร์ (Hz)	ครั้งที่						อัตราการไหล เชิงมวลเฉลี่ย (ton/hr)
	1			2			
	น้ำหนัก วัสดุ (kg)	เวลา (sec)	อัตราการ ไหลเชิง มวล (kg/s)	น้ำหนัก วัสดุ (kg)	เวลา (sec)	อัตราการ ไหลเชิง มวล (kg/s)	
15	0.99	6.43	0.154	1.40	9.43	0.148	0.544
20	1.86	9.66	0.193	1.82	9.23	0.197	0.702
25	1.94	8.16	0.238	1.70	6.97	0.244	0.867
30	1.54	5.25	0.293	1.46	5.03	0.290	1.050
35	1.52	4.28	0.355	1.47	4.31	0.341	1.253
40	1.14	3.19	0.357	1.26	3.22	0.391	1.348
45	1.44	3.28	0.439	1.46	3.34	0.437	1.577
50	1.66	3.19	0.520	1.72	3.47	0.496	1.829
55	1.29	2.62	0.492	1.32	2.75	0.480	1.750

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.7 แสดงกราฟเปรียบเทียบอุปกรณ์จ่ายวัสดุแบบโรตารีสำหรับเมล็ดถั่วเขียว โดยจากกราฟจะเห็นว่าค่าอัตราการผลิตเมล็ดของวัสดุ (เมล็ด/ชม) = $0.0331 \times$ ความถี่ที่จุดอินเวอร์เตอร์ (Hz) + 0.0557

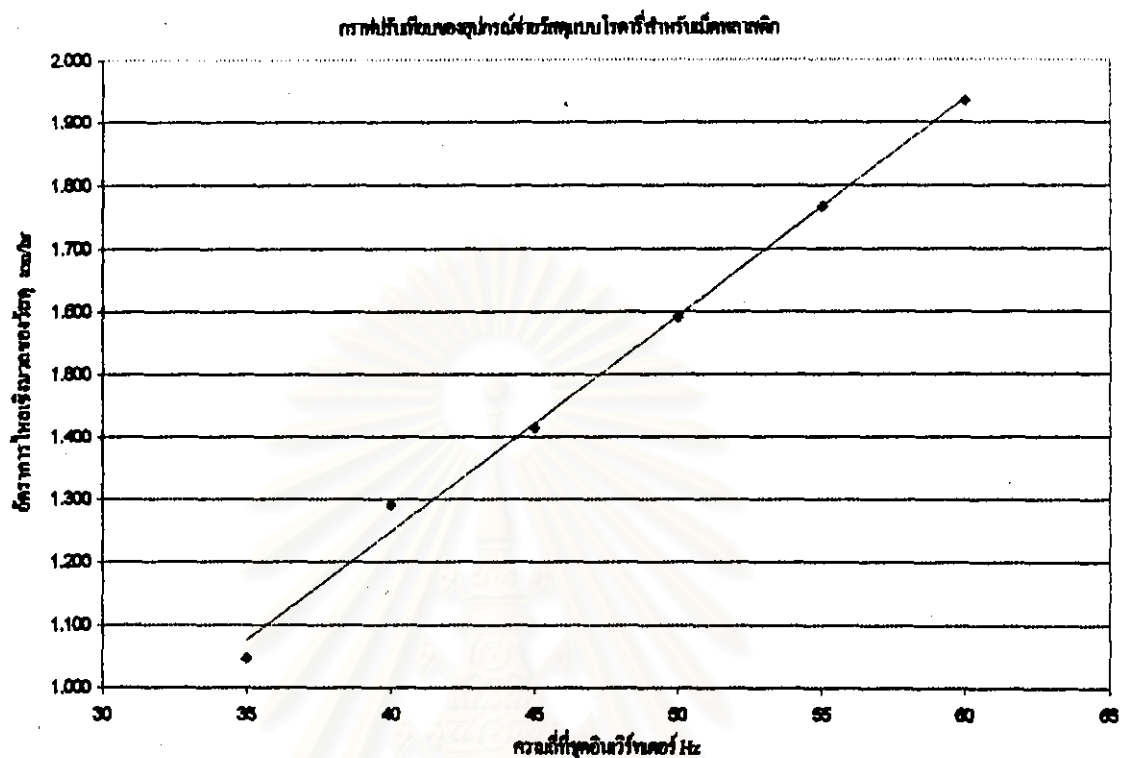
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3.1.3 ผลการเปรียบเทียบอุปกรณ์จ่ายวัสดุแบบโรตารีสำหรับเม็ดพลาสติก

ตารางที่ 3.4 แสดงผลการเปรียบเทียบอุปกรณ์จ่ายวัสดุแบบ โรตารี สำหรับเม็ดพลาสติก

ความถี่ที่ชุด อินเวอร์ท เคอร์ (Hz)	ครั้งที่						อัตราการไหล เชิงมวลเฉลี่ย (ton/hr)
	1			2			
	น้ำหนัก วัสดุ (kg)	เวลา (sec)	อัตราการ ไหลเชิง มวล (kg/s)	น้ำหนัก วัสดุ (kg)	เวลา (sec)	อัตราการ ไหลเชิง มวล (kg/s)	
35	0.96	3.28	0.293	1.20	4.15	0.289	1.047
40	1.32	3.71	0.356	1.20	3.32	0.361	1.291
45	1.30	3.22	0.404	1.30	3.40	0.382	1.415
50	1.40	3.29	0.426	1.52	3.31	0.459	1.593
55	1.50	3.03	0.495	1.60	3.29	0.486	1.766
60	1.82	3.34	0.545	1.74	3.28	0.530	1.936



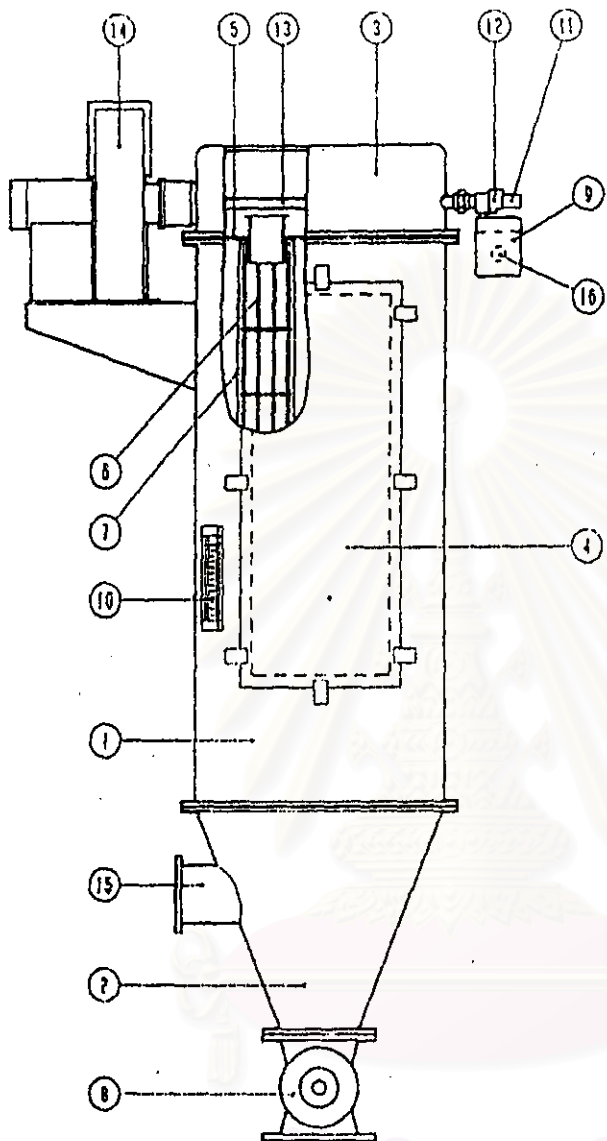


รูปที่ 3.8 แสดงกราฟเปรียบเทียบอุปกรณ์จ่ายวัสดุแบบโรตารีสำหรับเม็ดพลาสติก โดยจากกราฟจะเห็นว่าค่าอัตราการไหลเชิงมวลของวัสดุ (ton/hr) = $0.0345 \times$ ความถี่ที่ชุดอินเวอร์เตอร์ (Hz) + 0.133

จากผลการเปรียบเทียบของอุปกรณ์จ่ายวัสดุแบบโรตารีสำหรับวัสดุทั้งตามชนิดดังกล่าวนี้จะพบว่าค่าอัตราการไหลเชิงมวลของวัสดุนั้นเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเร็วรอบของโรตารีว่าถ่วงซึ่งจะสามารถนำไปใช้เพื่อระบุค่าอัตราการไหลเชิงมวลของวัสดุที่ค่าความเร็วรอบต่างๆ กันในการทดลองต่อไป

3.3.2 อุปกรณ์รับวัสดุสำหรับระบบขนถ่าย

อุปกรณ์รับวัสดุดังกล่าวจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์แยกวัสดุแบบไซโคลน และชุดตัวกรอง ทำให้ชุดรับวัสดุดังกล่าวมีประสิทธิภาพการรับและแยกวัสดุออกจากอากาศที่ดี โครงสร้างของชุดอุปกรณ์ดังกล่าวสามารถแสดงได้ดังรูป 3.9 และ 3.10

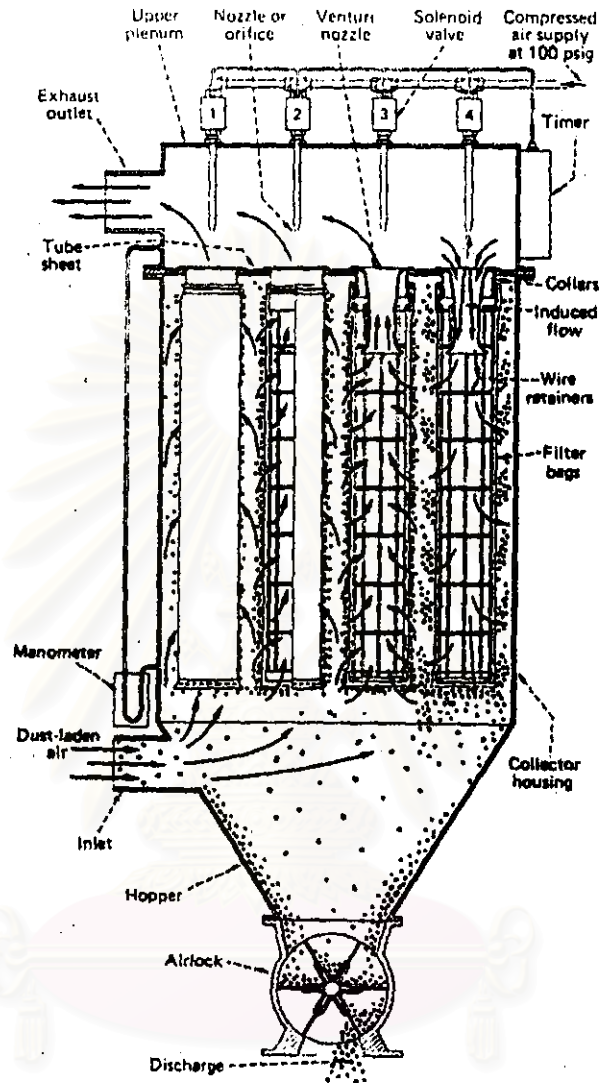


Names

- ① Filter main unit
- ② Conical hopper
 - * Not provided with bin-mount type.
- ③ Head
- ④ Maintenance hatch
- ⑤ Cell plate
- ⑥ Retainer
- ⑦ Filter tube
- ⑧ Rotary valve
 - * Not provided with bin-mount type.
- ⑨ Sequence controller
- ⑩ Differential pressure gauge
- ⑪ Solenoid valve
- ⑫ Diaphragm valve
- ⑬ Injection nozzle
- ⑭ Suction fan
- ⑮ Suction port
 - * Not provided with bin-mount type.
- ⑯ Compressed air inlet

รูปที่ 3.9 แสดงชุดอุปกรณ์รับวัสดุ

ชุดตัวกรองในอุปกรณ์รับวัสดุนั้นเป็นแบบสร้างทำความสะอาดตัวเองได้ เมื่อวัสดุและอากาศถูกถ่ายเข้าไปในชุดอุปกรณ์รับวัสดุ อากาศและวัสดุจะพุ่งขึ้น ชุดตัวกรองจะทำการแยกเอาอากาศออกจากวัสดุ โดยอาศัยชุดตัวกรอง วัสดุที่มีขนาดใหญ่จะไม่สามารถผ่านรูตัวกรองได้และจะเกาะตะกอนอยู่บนผิวของตัวกรอง ส่วนอากาศสะอาดจะถูกกรองผ่านออกไปภายนอกของชุดอุปกรณ์



รูปที่ 3.10 แสดงภาพตัดขวางของชุดอุปกรณ์รับวัสดุ

ที่ด้านบนของชุดผ้ากรองจะมีหัวฉีดแรงดันสูง เพื่อฉีดอากาศอัดแรงดัน $5-7 \text{ kg/cm}^2$ ออกมาเป็นระยะๆ นานประมาณ 0.1 วินาที ไปยังชุดผ้ากรอง อากาศอัดดังกล่าวจะทำให้เกิดคลื่นกระแทกไปยังชุดผ้ากรอง อันจะส่งผลให้เกิดการสั่นสะเทือนที่ชุดผ้ากรอง และอากาศอัดจะวิ่งผ่านชุดผ้ากรองออกไป ทำให้ฝุ่นที่จับสะสมอยู่บนผิวผ้ากรองหลุดออก ส่งผลให้ผ้ากรองนั้นไม่มีฝุ่นหนาจับอยู่ อันจะเป็นผลให้เกิดความดันตกสูงที่ชุดผ้ากรอง

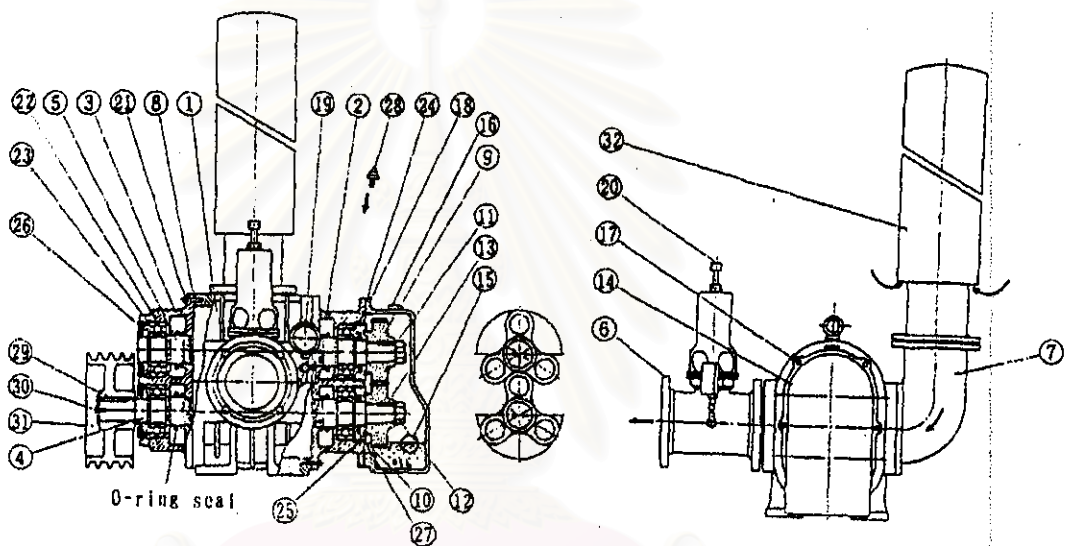
บริเวณที่ต่อจากอุปกรณ์รับวัดจะมีการติดตั้งวาล์วเปลี่ยนทิศทางเพื่อปรับทิศทางของ
การไหลของวัดให้ตกลงบนภาชนะบรรจุเหนืออุปกรณ์จ่ายวัดแบบโรตารีหรือเปลี่ยนให้ตกลง
บนถังเพื่อนำไปซึ่งหาอัตราการไหลเชิงมวลของวัด นอกจากนี้ยังมีอุปกรณ์จ่ายวัดแบบโรตารีอีก
ตัวหนึ่งทำหน้าที่จ่ายวัดกลับลงในภาชนะบรรจุ เพื่อสร้างการหมุนเวียนในการขนถ่ายวัด



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3 อุปกรณ์จ่ายอากาศ

ชุดพัดลมอัดอากาศที่ใช้ในการจ่ายอากาศสำหรับชุดทดสอบนี้เป็นเครื่องอัดอากาศชนิด Roots Type Blower แบบชุดเฟือง 3 ฟัน 2 ชุดขบกัน ทำให้มีประสิทธิภาพสูง โดยมีเสียงรบกวนน้อยและมีการั่นสะเทือนต่ำ สำหรับโครงสร้างของชุดพัดลมอัดอากาศนั้น จะสามารถแสดงได้ดังรูป 3.11



Number	Item number	Item name	Material	number of	News	Number	Item number	Item name	Material	number of	News
1	01001	main unit	FC 20	1		17	04008	gear cover bolt	SS 41		
2	02001	housing R	FC 20	1		18	04007	gear cover seal	joint seat	1	
3	02002	housing L	FC 20	1		19	05011	manometer		1	
4	03001	rotor shaft A	FCD 50	1		20	05006	safety valve		1	
5	03002	rotor shaft B	FCD 50	1		21	02010	housing bolt	SS 41		
6	03003	exhaust flange	FC 20	1		22	03002	bearing	SUJ 2	4	
7	05001	suction flange	FC 20	1		23	03004	snap ring R	N63CA	4	
8	02003	housing seal	taiber	2		24	03005	snap ring S	N63CA	4(2)	
9	04001	timing gear	SCM415	2		25	03006	oil stop O-ring	nitrile - rubber	2	
10	03004	oil stop R	FC 20	2		26	04009	V-seal		2	
11	04003	gear stop SW	SPS 10	2		27	03015	oilseal		2	
12	04004	gear stop nut	SS 41	2		28	02007	grease nipple	B e BM	4	
13	04002	gear stop key	S 45C	2		29	08002	pully stop key	S 45C	1	
14	04006	gear cover	FC 20	1		30	08004	pully stop bolt	SS 41	1	
15	04008	oil level gauge		1		31	08001	V-pully	FC 20	1	
16	04012	oil cup	polyethylene	1		32	05004	silencer		1	

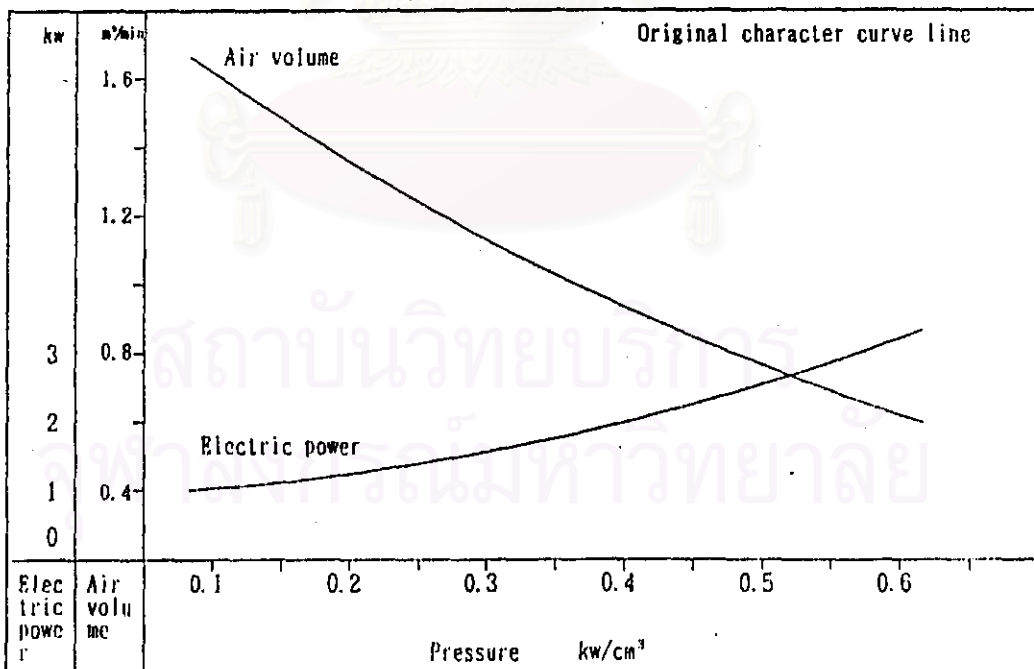
รูปที่ 3.11 แสดงชุดเครื่องอัดอากาศชนิด Roots Type Blower

เมื่อชุดพัดลมอัดอากาศดังกล่าวทำงานที่ 1150 rpm หรือที่ความถี่ของชุดอินเวอร์เตอร์ 50 Hz กราฟแสดงการทำงานของชุดพัดลมอัดอากาศจะแสดงได้ดังรูป 3.12

Standard items	Air volume	Suction pressure	Exhaust pressure	Rotation	Electric power
	m ³ /min	mmHg	kg/cm ²	r p m	kw
		1 atm		1150	

Procedural	Rotation r p m	Pressure		Air volume m ³ /min	Motor Generating power kw	Ampere A
		Suction mmHg	Exhaust kg/cm ²			
1	1150	1 atm	0.1	1.67	1.2	5.3
2			0.2	1.42	1.4	5.9
3			0.3	1.18	1.6	6.5
4			0.4	0.98	2.0	7.8
5			0.5	0.79	2.4	
6			0.6	0.65	2.8	
7						
8						

Pressure is static pressure Air volume is suction side(20 °)



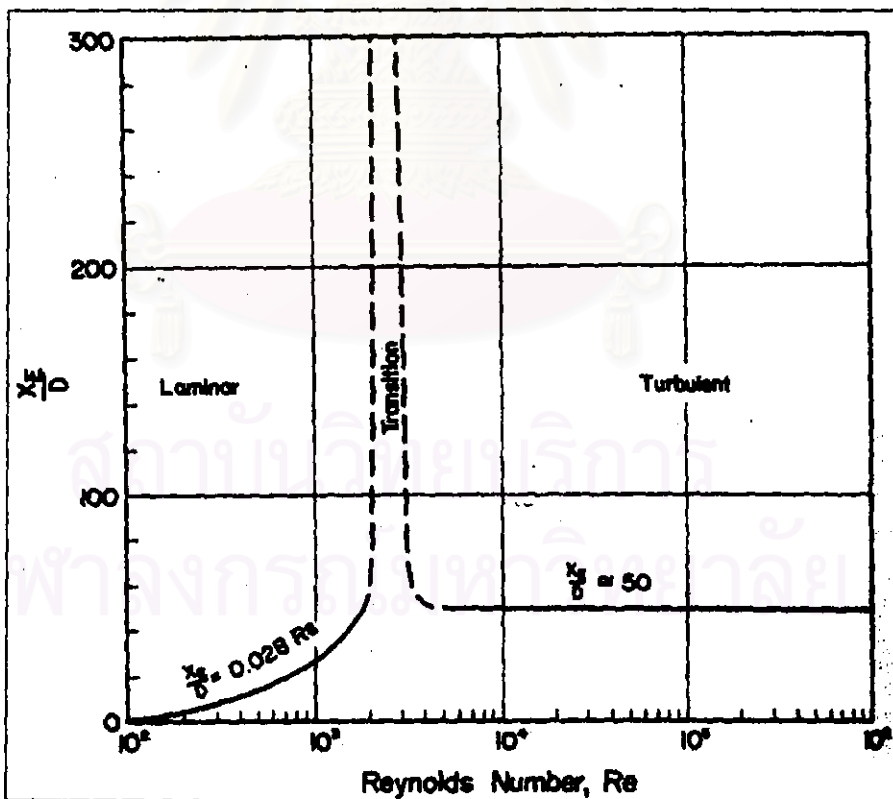
รูปที่ 3.12 แสดงกราฟการทำงานของชุดพัดลมอัดอากาศ (ชนิด BS50) ที่ความเร็วรอบ 1150 rpm โดยที่ค่าความถี่ที่แรงควบคุมมีค่า 50 Hz

3.3.4 ระบบท่อขนถ่าย

ระบบท่อขนถ่ายวัสดุสำหรับชุดทดสอบดังกล่าวสามารถปรับเปลี่ยนได้หลายความยาว แต่ในที่นี้จะทำการทดลองที่ความยาวของท่อขนถ่าย 20 เมตร เนื่องจากต้องการลดผลกระทบจากปากทางเข้าสู่ระบบท่อ (Entrance Effect) และผลของระยะทางที่ขึ้นของแข็งจะต้องใช้เพื่อเร่งความเร็วจากหยุดนิ่งไปยังรูปแบบความเร็วที่คงที่อันหนึ่งที่จะทำให้การไหลแบบปั่นป่วนมีการพัฒนาอย่างเต็มรูปแบบ ซึ่งจากการทดลองของ Knudsen และ Katz (1958) [4] (รูปที่ 3.13) พบว่าค่าระยะทางดังกล่าว (X_E) มีค่า

$$\frac{X_E}{D} \geq 50 \quad [3.1]$$

โดย D = เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ



รูปที่ 3.13 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความยาวท่อขาเข้า (Entrance length) ที่ค่าตัวเลขเรย์โนลด์ (Reynold number) ต่าง ๆ กัน [4]

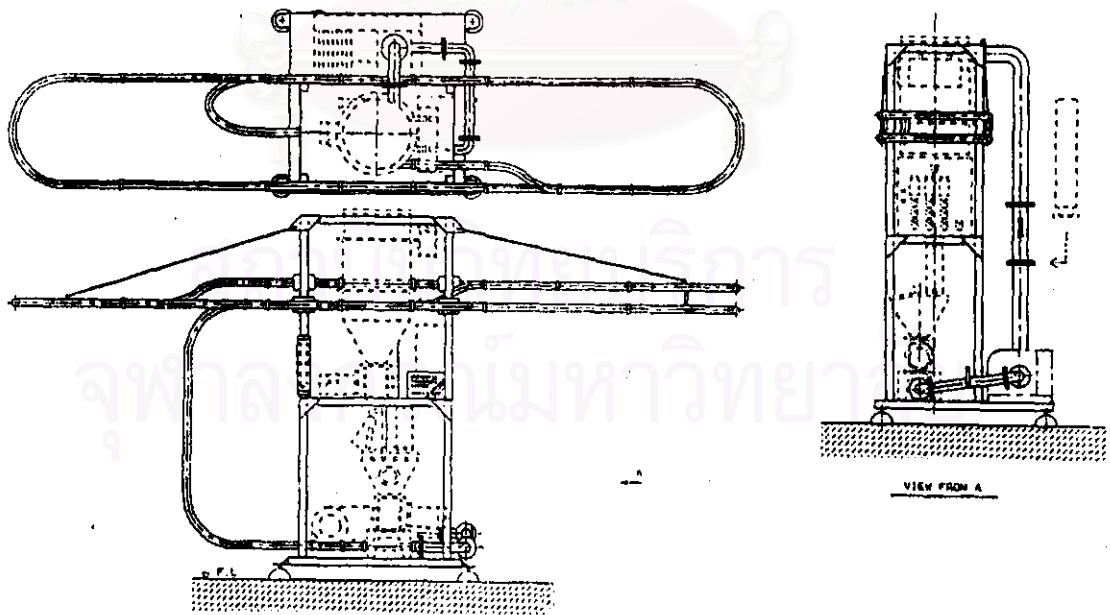
ดังนั้นถ้าจะทำการทดลองที่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อเท่ากับ 35 มิลลิเมตร จะต้องมีช่วงทดสอบที่ยาวอย่างน้อย $35 \times 50 = 1750$ มิลลิเมตร หรือ 1.75 เมตร นอกจากนี้ จากการทดลองของ Bird et al. [1] (1960) พบว่าค่าระยะทาง (L_e) ที่จะทำให้สามารถละเลยผลกระทบจากปากทางเข้าสู่ระบบท่อ (Entrance Effect) มีค่า

$$L_e = 0.035D Re \quad [3.2]$$

โดย D = เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ

Re = ตัวเลขเรย์โนลด์ของการไหล

ในที่นี้ค่าตัวเลขเรย์โนลด์ของการไหลในการทดลองจะมีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 2700-6200 ดังนั้นค่าความยาวของท่อควรจะอยู่ในช่วงความยาว 3.3 เมตร ถึง 7.6 เมตร ดังนั้นความยาวของท่อขนถ่ายยาว 20 เมตร จึงเพียงพอที่จะทำให้การไหลนั้นมีการพัฒนาเป็นการไหลปั่นป่วนอย่างสมบูรณ์อีกทั้งยังสามารถละเลยผลกระทบจากปากทางเข้าสู่ระบบท่อ (Entrance Effect) ไปได้ รูปแบบการวางตัวของแนวท่อขนถ่ายสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 แสดงชุดทดสอบและแนวท่อขนถ่าย

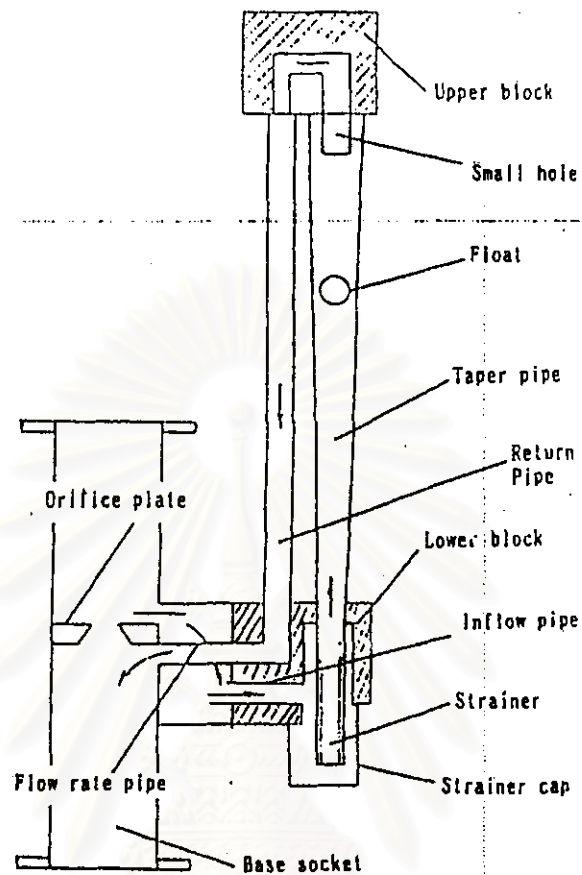
3.3.5 อุปกรณ์วัดค่าปริมาตรการไหลแบบออริฟิซ (Orifice)

อุปกรณ์วัดค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตรแบบออริฟิซ (Orifice) นั้นสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.15 และ 3.16 เมื่อเกิดการไหลผ่านแผ่นออริฟิซ (Orifice) จะเกิดความดันแตกต่างคร่อมแผ่นออริฟิซ(Orifice) ที่วางขวางแนวการไหลอยู่ ซึ่งค่าความดันแตกต่างที่เกิดขึ้นนั้นจะเป็นสัดส่วนกับความเร็วของการไหล ดังนั้นเมื่อสามารถวัดค่าอัตราการไหลบางส่วนที่ถูกเปลี่ยนทิศทางออกมาได้ ก็จะสามารถทราบค่าอัตราการไหลทั้งหมดได้

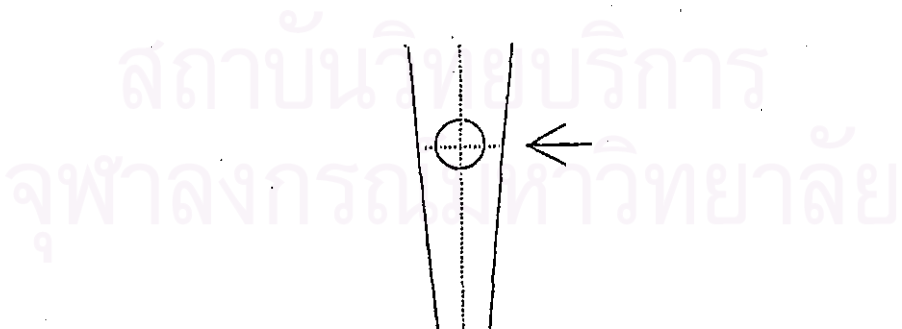
เมื่อเกิดความดันแตกต่างที่ชุดแผ่นออริฟิซ (Orifice) จะเกิดการไหลผ่านเข้าไปยังชุดอ่านค่าอัตราการไหล ทำให้ลูกลอย (float) เกิดการลอยตัวขึ้น ทำให้สามารถอ่านค่าอัตราการไหลของอากาศได้ ตามสเกลที่ระบุอยู่บนมิเตอร์ดังกล่าว



รูปที่ 3.15 แสดงอุปกรณ์การวัดค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศ



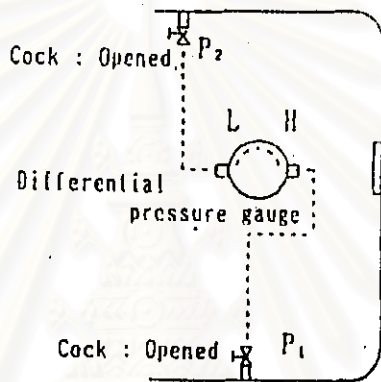
รูปที่ 3.16 แสดงภาพ โครงสร้างของชุดวัดค่าอัตราการไหลแบบออริฟิซ (Orifice)



รูปที่ 3.17 แสดงตำแหน่งสำหรับการอ่านค่าอัตราการไหลบนสเกลของชุดวัดค่าอัตราการไหลแบบออริฟิซ (Orifice)

3.3.6 อุปกรณ์วัดค่าปริมาณความดันแตกต่าง

เกจวัดค่าความดันแตกต่างจะมีขั้วปลายสองด้านสำหรับต่อทางด้านความดันต่ำ และค่าความดันสูง ค่าความดันแตกต่างจะถูกแสดงบนสเกล ซึ่งจะสามารถอ่านค่าได้ ตำแหน่งที่ต่อจุดเกจวัดค่าความดันแตกต่างสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.1 และ 3.2 ส่วนการเปิดวาล์วเมื่อทำการวัดค่าความดันแตกต่างสามารถแสดงได้ดังรูป 3.18



รูปที่ 3.18 แสดงการเปิดวาล์วเมื่อทำการวัดค่าความดันแตกต่าง

3.4 การทดลอง

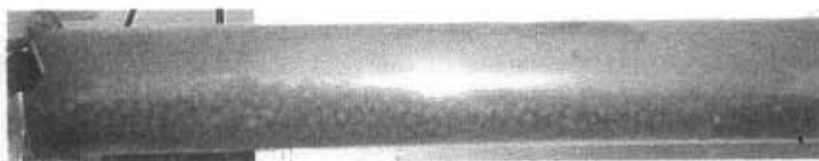
การทดลองจะแบ่งเป็น 2 ส่วน คือในส่วนแรกจะทำการศึกษาค่าความเร็วของอากาศต่ำสุด สำหรับวัตถุทั้ง 3 ชนิด และอีกส่วนคือทำการทดลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมการชนถ่ายที่แตกต่างกันของวัตถุแต่ละชนิดซึ่งระบุโดยคุณสมบัติของวัตถุ ไม่ว่าจะเป็นค่าความหนาแน่นของวัตถุ ค่าตัวประกอบรูปร่าง และขนาดของวัตถุ โดยจะทำการวัดค่าความดันตกของแนวท่อชนถ่ายและค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศที่ห้องการที่ค่าอัตราการไหลเชิงมวลของวัตถุต่างๆ กัน

3.4.1 การเตรียมการทดลอง

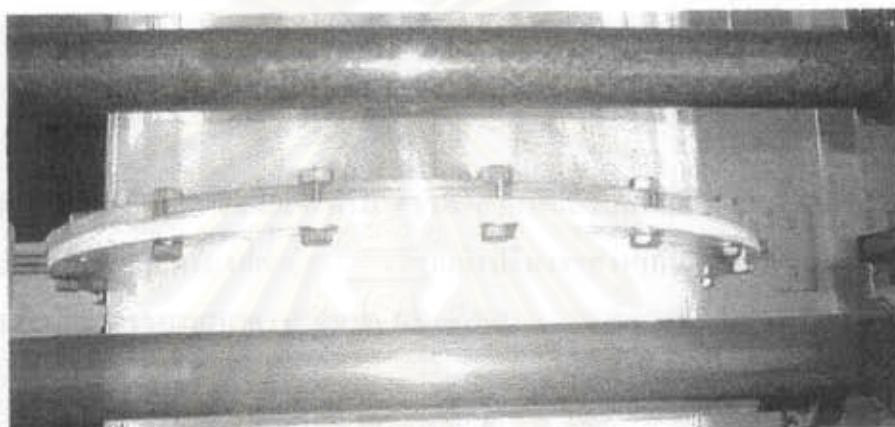
- ทำการตรวจสอบอุปกรณ์ต่างๆว่าอยู่ในสภาพเรียบร้อย ไม่จะเป็นทิศทางการหมุนของชุดโรตารี วาล์วและพัดลมอัดอากาศ
- ตรวจสอบค่าความดันจ่ายของชุดคอมเพรสเซอร์สำหรับชุดกรองที่จะต้องมิต่ำ 5-7 kg/cm²
- ตรวจสอบทิศทางของวาล์วเปลี่ยนทิศทาง ซึ่งจะตั้งอยู่ในตำแหน่งที่จะจ่ายวัสดุลงในภาชนะบรรจุ (Hopper) ตลอดเวลา

3.4.2 การทดลองเพื่อศึกษาค่าอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศที่น้อยที่สุดสำหรับวัสดุแต่ละชนิด

- ทำการเปิดตัวตัดกระแสไฟฟ้าที่กล่องควบคุม สำหรับอุปกรณ์การทดลองอันได้แก่ พัดลมอัดอากาศ วาล์วจ่ายวัสดุแบบโรตารีทั้งสองชุด และทำการเปิดสวิทช์ชุดคอมเพรสเซอร์ จากนั้นใส่วัสดุให้เต็มภาชนะบรรจุ (Hopper)
- ตั้งค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศของชุดพัดลมที่ค่าประมาณ 60 m³/hr และทำการตั้งค่าอัตราการไหลเชิงมวลของวัสดุโดยตั้งค่าความเร็วรอบที่ชุดอินเวอร์เตอร์บนแผงควบคุม
- ค่อยๆลดค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศลงโดยการปรับรอบของชุดพัดลมจากชุดอินเวอร์เตอร์ แล้วสังเกตว่าเกิดการอุดตันของสารในระบบท่อหรือไม่ โดยสังเกตผ่านท่อพลาสติกใสหรือสังเกตค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศ ว่าเกิดการลดลงอย่างรวดเร็วหรือไม่ และต้องรอสักอย่างน้อย 1 นาทีก่อนจะปรับค่าต่อไปเพื่อให้ระบบเข้าสู่สภาวะคงตัว



รูปที่ 3.19 แสดงการกัดกร่อนที่เกิดขึ้นในชุดทดสอบ



รูปที่ 3.20 แสดงการกัดกร่อนที่เกิดขึ้นในชุดทดสอบ

- บันทึกค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศ ณ. สภาวะที่ที่เกิดการกัดกร่อนของวัสดุในระบบท่อ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.4.3 การทดลองเพื่อศึกษาพฤติกรรมการขนถ่ายที่แตกต่างกันของวัสดุแต่ละชนิด

3.4.3.1 การไหลของอากาศเปล่าที่ปราศจากชิ้นวัสดุ

การทำกรทดลองนี้จะเป็นการหาค่าความดันตกที่ค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตรต่างๆกันของอากาศโดยปราศจากชิ้นวัสดุ

- ตั้งค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศไว้ที่ $0 \text{ m}^3/\text{hr}$ จากนั้นจึงเริ่มเดินเครื่อง
- ค่อยๆ เพิ่มค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศแล้วบันทึกค่าความดันตกที่เกิดในแนวท่อขนถ่ายในการเดินเครื่องที่ค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตรต่างๆกัน จนสุดสเกลของค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศ (ประมาณ $100 \text{ m}^3/\text{hr}$)

3.4.3.2 การไหลของอากาศพร้อมวัสดุที่ปริมาณการไหลต่างๆกัน

- ตั้งค่าอัตราการไหลเชิงมวลของวัสดุ และทำการเดินตัวพัดลมที่อัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศสูงกว่าค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศต่ำสุดที่ต้องการเล็กน้อย (จากหัวข้อ 3.4.2) เพื่อป้องกันการอุดตันของวัสดุในระบบท่อ
- ทำการเพิ่มค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศแล้วบันทึกค่าความดันตกในการเดินเครื่อง และค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศที่จุดต่างๆ จนกระทั่งสุดสเกลของค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศ โดยเมื่อเปลี่ยนค่าอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศแต่ละครั้งจะต้องให้ระบบเข้าสู่สภาวะคงตัวก่อนจึงจะสามารถทำการบันทึกค่า
- เปลี่ยนค่าอัตราการไหลเชิงมวลของวัสดุ และเริ่มทำการทดลองซ้ำ