# บทที่ 1

# บทนำ

กำเนิดของอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ ภายในประเทศ ทำให้เศรษฐกิจและมาตรฐานการครองชีพของประชากรดีขึ้น ขณะเดียวกันมลสารที่หลุดรอดจากกระบวนการจะถูกปล่อยออกมากับก๊าซหรืออากาศออกสู่บรรยากาศภายนอก และเพิ่มปริมาณมากขึ้นเป็นสัดส่วนกับการขยายตัวของธุรกิจอุตสาหกรรม สิ่งแวดล้อมที่มีอยู่ถูกทำลายอย่างต่อเนื่อง แต่มลสารยังคงเพิ่มปริมาณมากขึ้นตลอดเวลา จึงจำเป็นต้องมีระบบบำบัดขึ้นช่วยลดภาระของสิ่งแวดล้อม เพื่อให้สามารถเจือจางมลสารให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยได้ทันต่อความต้องการ

ธุรกิจอุตสาหกรรมหลักส่วนใหญ่เป็นรูปแบบของการพัฒนา อาศัยการนำทรัพยากรธรรมชาติขึ้นมาใช้สอยและดัดแปลงโดยเทคโนโลยีที่ไม่ซับซ้อน ที่พบบ่อยๆ เช่น การโม่หิน, การผลิตแป้ง, การถลุงเหล็ก, การแยกแร่ ฯลฯ ซึ่งขั้นตอนการผลิตจะปล่อยฝุ่นออกมาเป็นจำนวนมหาศาล และกระจัดกระจายคละกันไปในบรรยากาศ ขนาดที่พบเล็กกว่า 0.1 ไมครอน กระทั่งขนาดใหญ่มองเห็นด้วยตาเปล่าได้

ปริมาณฝุ่นจำนวนมหาศาลนี้ จำเป็นจะต้องมีระบบบำบัดช่วย (ตารางที่ 1) ซึ่งการเลือกใช้ระบบบำบัดชนิดใดจะต้องพิจารณาจากองค์ประกอบหลายด้าน เพื่อให้ได้ระบบที่กระทัดรัด ต้นทุนและค่าดำเนินการต่ำ (ตารางที่ 2) สมรรถนะในการใช้งานสูง (รูปที่ 1) โดยในปัจจุบันเครื่องมือที่ใช้เก็บฝุ่นภายในระบบที่นิยมใช้ ได้แก่

1. แบบแรงโน้มถ่วงของโลก (Gravitational Force)
2. แบบแรงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal Force)
3. แบบสครับเบอร์ (Scrubber)
4. แบบตกตะกอนไฟฟ้าสถิต (Electrostatic Precipitator)
5. แบบถุงกรอง (Fabric Filter)

6. แบบเผาภายหลัง (After Burner)

เครื่องเก็บฝุ่นเหล่านี้ มีข้อดีและข้อเสียในการเลือกใช้งานแตกต่างกัน (ตารางที่ 3) โดยในแง่สมรรถนะการเก็บฝุ่น แบบถุงกรอง เป็นชนิดที่ดีที่สุด ใช้ได้ดีกับก๊าซความเร็วต่ำ ๆ ประมาณ 1 เมตร/นาที ซึ่งเมื่อเทียบกับกำลังผลิต ขนาดของเครื่องเก็บฝุ่นจะมีขนาดใหญ่โต และใช้งานได้ไม่ดีกับก๊าซที่มีอุณหภูมิและความชื้นสูง ส่วนแบบไฟฟ้าสถิตใช้งานได้ดีและสามารถเก็บฝุ่นได้ที่ความเร็วและอุณหภูมิสูง แต่มีปัญหาเมื่อฝุ่นแขวนลอยมีความเข้มข้นสูง และขณะเดียวกัน การใช้แบบสครับเบอร์และแบบเผาภายหลัง แม้สมรรถนะจะสูงแต่ยังคงประสบปัญหาคล้ายกันเฉพาะเมื่อมีปริมาณฝุ่นแขวนลอยครั้งละมากๆ ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องใช้เครื่องเก็บฝุ่นที่สามารถรับฝุ่นที่มีความเข้มข้นสูงและปริมาณมาก เพื่อแยกออกจากก๊าซก่อนส่งต่อเข้าสู่ระบบบำบัดที่ให้ผลดีกว่า ซึ่งเครื่องมือที่นิยมใช้ได้แก่ ไซโคลน หรือเครื่องเก็บฝุ่นแบบแรงหนีศูนย์กลาง และแบบแรงโน้มถ่วงของโลก แต่แบบแรงโน้มถ่วงของโลกเมื่อเทียบสมรรถนะที่เท่าๆ กัน ค่าลงทุนจะสูงและสิ้นเปลืองพื้นที่ใช้สอยมาก จึงมักใช้เมื่อต้องการหลีกเลี่ยงการเกิดความคันลดสูงเกินไปเท่านั้น

ไซโคลนเป็นเครื่องเก็บฝุ่นที่มีลักษณะโครงสร้างง่ายและต้นทุนต่ำ (รูปที่ 2) ทั้งสมรรถนะสูง สิ้นเปลืองพลังงานน้อย และสามารถรวบรวมฝุ่นได้เป็นจำนวนมากในแต่ละครั้ง ซึ่งมีหลักการพิจารณาเลือกใช้ดังนี้

1. เมื่อใช้เก็บฝุ่นที่มีขนาดตั้งแต่ 10 ไมครอนขึ้นไป
2. ความเข้มข้นของฝุ่นแขวนลอยไม่น้อยกว่า 3 เกรน/ฟุต$^3$ หรือ 6.87 กรัม/ลบ.เมตร$^3$
3. ทราบข้อมูลการกระจายของฝุ่นที่จะจัดเก็บแล้ว
4. ต้องการประสิทธิภาพในการรวบรวมไม่สูงนัก
5. เมื่อต้องการใช้เป็นระบบปฐมภูมิในการเก็บฝุ่นขนาดเล็ก ๆ

จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้น การวิเคราะห์และศึกษาสมรรถนะของไซโคลนจะเป็นแนวทางช่วยในการหาข้อมูล เพื่อเป็นประโยชน์ในทางวิศวกรรม และสามารถใช้เป็นเกณฑ์ในการพิจารณาการใช้ไซโคลนให้เหมาะสมและถูกต้องได้สมรรถนะตามวัตถุประสงค์ที่วางเอาไว้

## 1.1 เหตุผลสำคัญในการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้มีเหตุผลที่สำคัญ คือ การหาสมรรถนะหรือประสิทธิภาพการทำงานของ

ไซโคลนชุดทดสอบที่จะได้จัดสร้างขึ้น และเก็บข้อมูลเพื่อจัดเตรียม Grade Efficiency Curve หรือ Fractional Curve ของไซโคลนชุดที่จัดสร้างขึ้นนี้ เพื่อสามารถนำไปใช้เป็นเกณฑ์อ้างอิงเมื่อนำไซโคลนไปใช้งาน และเป็นแนวทางช่วยปรับปรุงไซโคลนลักษณะเดียวกันนี้ในที่อื่นๆ ให้ดียิ่งขึ้นต่อไป

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อสร้างไซโคลนและส่วนประกอบการทำงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง
2. เพื่อศึกษาสมรรถนะของไซโคลน ที่สร้างขึ้น
3. จัดทำ fractional Curve ของไซโคลนชุดนี้ เพื่อนำไซโคลนไปใช้ได้อย่างเหมาะสม
4. เพื่อหาแนวทางปรับปรุงสมรรถนะของไซโคลนให้ดีขึ้น

## 1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ทราบถึงวิธีที่เหมาะสม ที่จะใช้ในการปรับปรุงสมรรถนะของไซโคลนชุดทดสอบให้ดียิ่งขึ้น
2. ข้อมูลที่ได้จากการวิจัย จะเป็นแนวทางเพื่อช่วยปรับปรุงไซโคลนลักษณะเดียวกันนี้ในที่อื่นๆ ให้ดียิ่งขึ้นต่อไป

## 1.4 ขอบเขตในการศึกษา

1. จัดสร้างไซโคลนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 และ 6 นิ้ว พร้อมส่วนประกอบการทำงานที่เกี่ยวข้อง
2. ศึกษาสมรรถนะของไซโคลนแต่ละตัวและเมื่อต่ออนุกรมกัน
3. ศึกษาสมรรถนะของไซโคลน โดยใช้ทัลคัมและแป้งมันเป็นวัสดุทดสอบและ โดยการเก็บตัวอย่างฝุ่นในท่อเข้าและออกจากไซโคลน ด้วยวิธี Stack Sampling
4. ศึกษาสมรรถนะเมื่อเปลี่ยนขนาดกรวยไซโคลนจากขนาด 2 เท่าเป็น 2.5 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางไซโคลน
5. ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อหาสมรรถนะของไซโคลนแต่ละตัวและชุดต่ออนุกรม

ตารางที่ 1 – ประเภทของฝุ่นและเครื่องเก็บฝุ่นในอุตสาหกรรมต่าง ๆ

| อุตสาหกรรม | แหล่งกำเนิดของฝุ่น | ประเภทของฝุ่น | เครื่องเก็บฝุ่นที่ใช้ |
|---|---|---|---|
| อุตสาหกรรมเหล็กกล้า | Blast furnace, converter, sintering plant การขนส่งวัสดุ | ออกไซด์ของเหล็ก ฝุ่น ควัน | ไซโคลน บ้านอุงกรอง เครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิต เครื่องเก็บฝุ่นแบบเปียก |
| โรงหล่อโลหะ | Cupola, เครื่องตักออก เครื่องทำแกน (core making) | ออกไซด์ของเหล็ก ฝุ่น ควัน น้ำมัน จาระบี และฟูม (fume) ของโลหะ | เครื่องสครับเบอร์ เครื่องเก็บฝุ่นด้วยแรงหนีศูนย์กลางแบบแห้ง |
| อุตสาหกรรมอลูมิเนียม | เตาอบ เตาหลอม | ควัน ฟูมของโลหะ น้ำมัน จาระบี | เครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิต ผ้ากรอง |
| โรงกลั่นน้ำมัน | เครื่องฟื้นสภาพตัวเร่งปฏิกิริยา เครื่องเผาสลัดจ์ (sludge) | ฝุ่นตัวเร่งปฏิกิริยา สลัดจ์ และขี้เถ้า | ไซโคลนประสิทธิภาพสูง เครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิต สครับเบอร์ บ้านอุงกรอง |
| อุตสาหกรรมซีเมนต์ | Kiln เครื่องอบแห้ง หน่วยแปรรูปอื่น ๆ | Alkali ฝุ่นจากกระบวนการ | ผ้ากรอง เครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิต เครื่องเก็บฝุ่นเชิงกล |
| โรงกรดฟอสฟอริกและกรดกำมะถัน | Heat treatment, phosphate ore acidification การบดย่อย การขนส่ง | acid mist ฝุ่น | เครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิต, mesh-type eliminator |
| การผลิตโค้ก (coke) | การเติมวัสดุเข้า coke oven การถ่ายผลิตภัณฑ์ออก quenching การขนส่ง | ฝุ่นของถ่านหินและโค้ก | ต้องใช้ความระมัดระวังสูงสุดในการออกแบบ เดินเครื่อง และบำรุงรักษาเครื่องกรอง เครื่องเก็บฝุ่นเชิงกล |
| อุตสาหกรรมแก้ว | การขนส่งวัสดุ เตา การผลิตเส้นใยแก้ว | mist ของกรดกำมะถัน ฝุ่นของวัตถุดิบ ออกไซด์ของ alkali resin aerosol | เครื่องกรองแบบเส้นใยแก้ว เครื่องผสมภายหลัง |
| อุตสาหกรรมเยื่อคราฟท์ | เตาเก็บกลับสารเคมี, smelt tank, lime kiln | ฝุ่นของสารเคมี | เครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิต เครื่องวนทูบี สครับเบอร์ |

ที่มา – ชิคาโอะ คานาโอกะ และ วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล, มลภาวะอากาศ, หน้า 113, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย – ญี่ปุ่น), กรุงเทพมหานคร, 2528.

ตารางที่ 2 - ค่าใช้จ่ายแรกเริ่มของเครื่องเก็บฝุ่นประเภทต่าง ๆ

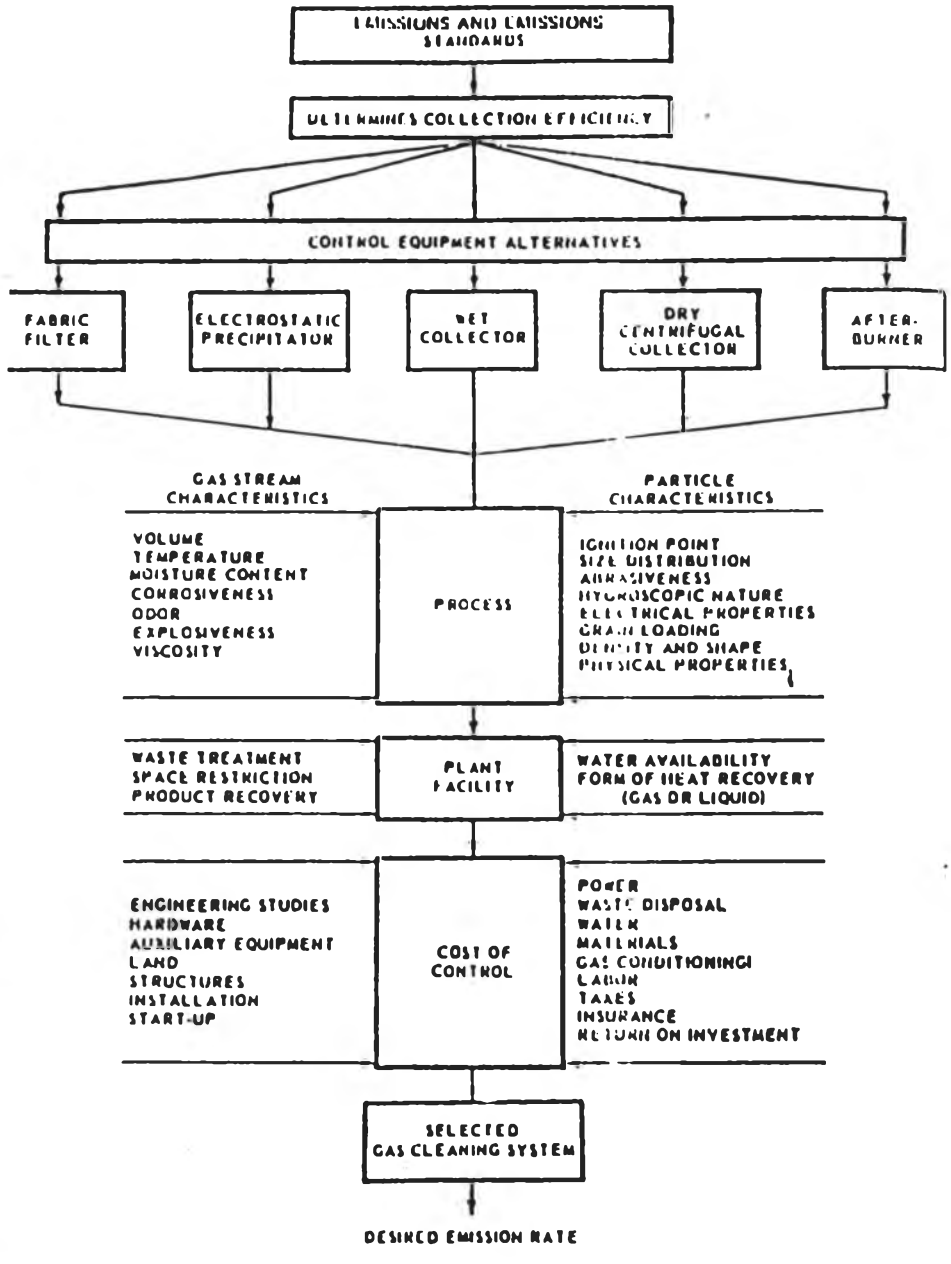
| ประเภท | ค่าใช้จ่ายแรกเริ่มโดยประมาณ (หน่วย : 1,000 ดอลล่าร์) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ปริมาตรของก๊าซที่ต้องการบำบัด (หน่วย : $ft^3$/min. ปริมาตรที่สภาวะปกติ) | | | | | | |
| | 2 | 5 | 10 | 15 | 100 | 300 | 500 |
| เครื่องเก็บฝุ่นแบบแรงโน้มถ่วง | 0.5 | 1.2 | 2.6 | 15 | 28 | – | – |
| เครื่องเก็บฝุ่นเชิงกล | – | – | 4 | 13 | 23 | 80 | – |
| เครื่องสครับเบอร์ | – | 7.5 | 10 | 30 | 55 | 150 | – |
| เครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิต แบบความดันไฟสูง | – | – | – | 85 | 120 | 265 | 415 |
| เครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิต แบบความดันไฟต่ำ | – | 13 | 24 | 105 | 200 | – | – |
| ผ้ากรอง (อุณหภูมิสูง : 260°C) | – | – | 30 | 88 | 155 | 430 | 720 |
| ผ้ากรอง (อุณหภูมิต่ำ : 120°C) | – | – | 15 | 45 | 82 | 225 | 375 |
| เครื่องเผาภายหลัง (เปลวไฟตรง) | 8.2 | 12 | 18 | – | – | – | – |
| ตัวเร่งปฏิกิริยา | 16 | 20 | 29 | – | – | – | – |

ที่มา - ชิคาโอะ คานาโอกะ และ วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล, มลภาวะอากาศ, หน้า 112, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น), กรุงเทพมหานคร, 2528.

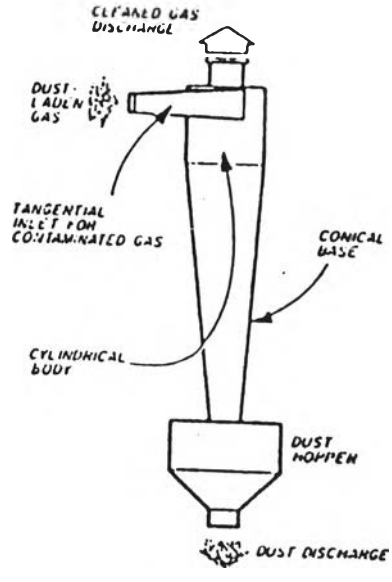
ตารางที่ 3 - ข้อดีและข้อเสียของการใช้เครื่องเก็บฝุ่นแบบต่าง ๆ

| ประเภท | ข้อดี | ข้อเสีย |
|---|---|---|
| เครื่องเก็บฝุ่นแบบแรงโน้มถ่วง | ความดันสูญเสียมีน้อย โครงสร้างง่าย ๆ และบำรุงรักษาง่าย | ใช้พื้นที่ติดตั้งมาก ประสิทธิภาพต่ำ |
| เครื่องเก็บฝุ่นแบบแรงหนีศูนย์กลาง | โครงสร้างง่าย บำรุงรักษาง่าย และใช้พื้นที่ติดตั้งน้อย ปล่อยฝุ่นที่เก็บได้ออกอย่างต่อเนื่อง ความดันสูญเสียไม่สูงนัก เหมาะกับการเก็บอนุภาคหยาบ เหมาะกับก๊าซที่มีภาระของฝุ่นสูงด้วย มีผลกระทบน้อยจากอุณหภูมิของก๊าซ | จำเป็นต้องมีห้องทางเข้าของก๊าซหลายห้อง ประสิทธิภาพต่ำในการเก็บฝุ่นละเอียด ไวต่อการแปรเปลี่ยนของภาระของฝุ่นและอัตราการไหล |
| เครื่องสครับเบอร์ | ดูดกลืนก๊าซและเก็บฝุ่นได้ในขั้นตอนเดียว สามารถลดอุณหภูมิและชะล้างก๊าซอุณหภูมิสูงความชื้นสูง เหมาะกับการกำจัดและทำให้เป็นกลาง (neutralization) ของก๊าซฤทธิ์กัดกร่อนและหมอกน้ำล้าง (mist) มีอันตรายน้อยจากการระเบิดของฝุ่น สามารถควบคุมประสิทธิภาพในการเก็บฝุ่น | มีปัญหาการผุกร่อนและสึกหรอ เสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นเกี่ยวกับการกำจัดน้ำทิ้งและการฟื้นสภาพ (regenerate) ของเหลวที่ใช้บำบัด อันตรายของการแข็งตัวในขณะหนาวจัด แรงดันตัวของก๊าซลดลง และกำลังของการลอยขึ้นและการกระจายตัวของก๊าซลดลงเมื่ออุณหภูมิต่ำ บางครั้งความชื้นของไอน้ำในสภาวะบรรยากาศบางเงื่อนไข |
| เครื่องตกตะกอนเชิงไฟฟ้าสถิต | สามารถบรรลุประสิทธิภาพ ๙๙% หรือสูงกว่า เก็บอนุภาคละเอียดได้ ประยุกต์ใช้ได้กับทั้งกระบวนการแห้งและเปียก ความดันสูญเสียน้อยกว่าและใช้ไฟฟ้าน้อยกว่าเครื่องเก็บฝุ่นประสิทธิภาพสูงประเภทอื่น ต้องการการบำรุงรักษาปานกลาง ยกเว้นเวลาบำบัดฝุ่นฤทธิ์กัดกร่อนหรือเหนียวเหนอะ มีชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหวน้อยกว่า สามารถบำบัดก๊าซอุณหภูมิสูงได้ | ค่าใช้จ่ายแรกเริ่มสูง ไวต่อการแปรเปลี่ยนของภาระของฝุ่นและอัตราการไหล มีความยุ่งยากเสรียรูปลาสต์น้อยกว่า ในกรณีของฝุ่นบางประเภทที่มีความต้านทานไฟฟ้าสูง ต้องมีวิธีป้องกันสำหรับไฟฟ้าความดันสูง ประสิทธิภาพในการกำจัดฝุ่นมีแนวโน้มลดลงที่ละนิด |
| ถุงกรอง | เป็นกระบวนการแห้ง ตรวจสอบการทำงานผิดปกติได้ง่าย เก็บอนุภาคละเอียดได้ มีประสิทธิภาพในการเก็บฝุ่นสูง | รับผลกระทบมากจากความเร็วในการกรอง ต้องลดอุณหภูมิของก๊าซร้อนให้เหลือ ๑๐ ถึง ๒๐๐ C ก่อนที่จะบำบัด รับผลกระทบจากความชื้น (เกิดการรวมก้อนของฝุ่นในก๊าซชื้น) |
| เครื่องเผาภายหลัง (after burner) | กำจัดก๊าซกลิ่นเหม็นได้ กำจัดก๊าซติดไฟ และฝุ่นได้พร้อมกัน ใช้พื้นที่ติดตั้งน้อย โครงสร้างง่าย ๆ บำรุงรักษาง่าย ลดภัยอันตรายจากอัคคีภัย | ค่าใช้จ่ายเริ่มเครื่องสูง อันตรายจากอัคคีภัย มีประสิทธิผลเฉพาะก๊าซติดไฟและฝุ่น ค่าใช้จ่ายแรกเริ่มสูง (กระบวนการตัวเร่งปฏิกิริยา) ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใช้อาจให้ภัยของมลภาวะ จำเป็นต้องฟื้นสภาพตัวเร่งปฏิกิริยา |

ที่มา - ชิคาโอะ คานาโอกะ และ วิวัฒน์ ตันทะพานิชกุล, มลภาวะอากาศ, หน้า 110, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น) , กรุงเทพมหานคร, 2528.




รูปที่ 1 – แผนภูมิการเลือกใช้เครื่องเก็บฝุ่นประเภทต่าง ๆ




รูปที่ 2 - ส่วนประกอบของไซโคลนทั่ว ๆ ไป