

บทที่ 2

หลักการและทฤษฎี

2.1 ห้องยิงทราย

ห้องยิงทราย(Blast Room)เป็นเครื่องอำนวยความสะดวกในการทำความสะอาดผิวชิ้นงานที่วิธีหนึ่ง ซึ่งการทำงานของห้องยิงทรายนั้นจะดูดสารขัดพ่นในภาชนะบรรจุพร้อมกับลมอัดวิ่งผ่านภาชนะบรรจุออกไปที่หัวพ่น ทำให้สารขัดพ่นถูกดูดออกไปกับลมอัดออกไปที่หัวพ่นด้วยความเร็วสูงมาก แล้วออกไปปะทะกับชิ้นงาน เมื่อสารขัดพ่นปะทะกับชิ้นงานที่ต้องการทำความสะอาด และจะทำให้เศษนิคม (Oxide) หรือสนิมที่เกาะอยู่บนชิ้นงานหลุดออกกลายเป็นฝุ่นผงพร้อมกับเม็ดสารขัดพ่น ดังนั้นจึงต้องทำการการดูดฝุ่นเหล่านี้ออกไปจากห้องพ่น และฝุ่นเหล่านี้จะปล่อยทิ้งในอากาศไม่ได้ ดังนั้นจึงต้องมีอุปกรณ์ดักฝุ่นละออง โดยจะใช้ไซโคลน (Cyclone) เป็นอุปกรณ์ดักฝุ่น (Dust Collector) และมีพัดลมดูด (Blower) เป็นตัวดูดอากาศผ่านอุปกรณ์เหล่านี้เพื่อระบายอากาศ ออกสู่ภายนอกห้องพ่น

โดยทั่วไปแล้วในการยิงทราย จะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ต่างๆ ดังนี้

1. เครื่องกำเนิดลม หรือปั๊มลม
2. ถังเก็บทราย(Blasting Pot)
3. ท่อลม
4. หัวพ่นทราย

2.2 สารขัดพ่น

ปัจจุบันสารขัดพ่นที่ใช้กันในการยิงทรายมีอยู่ด้วยกันหลายประเภทอาทิเช่น เม็ดทราย เม็ดชิพเหล็ก(Steel Shot) ในที่นี้จะกล่าวถึงกรณีของเม็ดชิพเหล็กซึ่งมีคุณสมบัติต่างๆทางเคมีดังนี้

Carbon	0.85-1.20%
Silicon	0.40-1.50%
Manganese	0.35-1.20%
Phosphorus	<0.05%
Sulfur	<0.05%

ส่วนในด้านความหนาแน่น(Density) จะมีค่าประมาณ 7.4 g/cc. และความแข็งแรง (Hardness) ของเม็คริพเหล็กจะอยู่ที่ 90% มีขนาด (Mole) อยู่ในช่วง 0.14 – 0.16 มิลลิเมตร

2.4 หัวดูด (Hood)

หัวดูดถูกออกแบบมาเพื่อดึงสารปนเปื้อนที่แพร่กระจายจากกระบวนการทางอุตสาหกรรมให้เข้าสู่ระบบระบายอากาศก่อนที่จะปล่อยออกสู่บริเวณทำงานหรือสิ่งแวดล้อมแค่น้ำที่อันแท้จริงของหัวดูดก็คือสร้างสนามการไหลของอากาศที่เพียงพอที่จะดึงสารปนเปื้อนเข้าสู่หัวดูดได้ การเลือกใช้หัวดูดผิดประเภทรวมถึงการติดตั้งหัวดูดในตำแหน่งที่ไม่เหมาะสมอาจส่งผลให้ระบบระบายอากาศไม่สามารถทำงานได้ตามที่ต้องการ นอกจากนี้ยังทำให้ขนาดของระบบมีขนาดใหญ่ขึ้นซึ่งผลที่ตามมาก็คือต้นทุนทางด้านพลังงานของระบบก็เพิ่มขึ้นด้วย

2.4.1 ชนิดของหัวดูด

ในความเป็นจริงหัวดูดที่ใช้ในอุตสาหกรรม จะมีรูปร่างที่แตกต่างกัน รวมถึงมีความเหมาะสมกับลักษณะงานที่ต่างกันด้วย โดยหัวดูดสามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิดใหญ่ ๆ คือ หัวดูดปิดล้อม(Enclosing hood) และหัวดูดภายนอก (external hood) โดยหัวดูดทั้งสองชนิดจะทำงานด้วยหลักการที่แตกต่างกันรวมถึงมีความเหมาะสมต่อการใช้งานในลักษณะที่แตกต่างกันดังนี้

หัวดูดปิดล้อม

หัวดูดชนิดนี้จะติดตั้งครอบแหล่งกำเนิดสารปนเปื้อนบางส่วนหรือทั้งหมดเอาไว้ สารปนเปื้อนจะถูกกักเอาไว้ภายในหัวดูดเข้าสู่ระบบผ่านทางช่องเปิดของหัวดูด ข้อดีของหัวดูดปิดล้อมที่เห็นได้ชัด คือ ต้องการปริมาณอากาศค่อนข้างน้อยซึ่งก็หมายถึงการใช้พลังงานน้อยด้วยเช่นกัน แต่หัวดูดปิดล้อมไม่ได้ถูกออกแบบมาเพื่อดึงสารปนเปื้อนที่มีแหล่งกำเนิดอยู่ภายนอก

หัวดูดภายนอก

หัวดูดภายนอกจะติดตั้งอยู่ในตำแหน่งที่ใกล้กับแหล่งกำเนิดสารปนเปื้อนโดยไม่มีการปิดล้อมแหล่งกำเนิดสารปนเปื้อนดังเช่นหัวดูดปิดล้อม สารปนเปื้อนจะถูกดึงให้เข้าสู่หัวดูดโดยอาศัยความเร็วของอากาศซึ่งไหลผ่านหัวดูดในปริมาณที่เหมาะสม ด้วยเหตุที่การแพร่กระจายของสารปนเปื้อนเกิดขึ้นภายนอกหัวดูดจึงส่งผลให้ปริมาณอากาศที่ใช้ในการดึงสารปนเปื้อนให้เข้าสู่หัวดูดมีค่อนข้างมากเมื่อเทียบกับหัวดูดปิดล้อม นั่นหมายความว่าต้องใช้พลังงานมากกว่าด้วย นอกจากนี้ตำแหน่งติดตั้งของหัวดูดภายนอกก็ไม่สามารถอยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดสารปนเปื้อนเป็นระยะทางมากๆ ได้

2.4.2 แนวทางการออกแบบและเลือกใช้หัวดูด

ในทางปฏิบัติมักพบว่าการที่อากาศรอบหัวดูดมีการไหลที่ค่อนข้างแรงหรือมีความปั่นป่วนสูงจะส่งผลให้ประสิทธิภาพในการดึงสารปนเปื้อนของหัวดูดลดลงเป็นอย่างมากถึงแม้ว่าหัวดูดจะถูกออกแบบอย่างดีแล้วก็ตามแต่สำหรับสารปนเปื้อนที่มีความเป็นพิษก็ยังไม่อาจรับประกันได้ว่าระบบจะทำงานได้ดีโดยไม่มีการเสียดูดของสารปนเปื้อนออกสู่สิ่งแวดล้อม

ในการออกแบบหรือเลือกใช้หัวดูดให้ได้ผลการทำงานเป็นที่น่าพอใจตามที่มุ่งหวังนั้นผู้ออกแบบจำเป็นต้องพิจารณาองค์ประกอบหรือปัจจัยแวดล้อมที่อาจส่งผลกระทบต่อการทำงานของหัวดูดซึ่งสามารถทำได้โดยอาศัยแนวทางดังต่อไปนี้

- พยายามลดปริมาณหรือความเข้มข้นของสารปนเปื้อนที่แหล่งกำเนิดให้เหลือน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ก่อน ซึ่งอาจทำได้ด้วยการคัดแหล่งกระบวนการ เปลี่ยนชนิดของวัตถุดิบ หรือ คัดแปลงเครื่องจักร เป็นต้น
- ตำแหน่งของหัวดูดควรอยู่ใกล้กับแหล่งกำเนิดสารปนเปื้อนให้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ทั้งนี้เพื่อไม่ให้ปริมาณอากาศที่ใช้มีมากเกินไปซึ่งจะช่วยให้ขนาดของระบบไม่ใหญ่เกินความจำเป็น
- พยายามออกแบบหัวดูดให้มีพื้นที่เปิดน้อยที่สุด ซึ่งต้องพิจารณาจากลักษณะของงานเป็นสำคัญ (กรณีหัวดูดปิดล้อม)
- ควรหลีกเลี่ยงการใช้หัวดูดภายนอก (ถ้าเป็นไปได้) โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อนำไปใช้กับสารปนเปื้อนที่มีความเป็นพิษสูง เนื่องจากสารปนเปื้อนที่เป็นพิษอาจเสียดูดออกจากหัวดูดและคนงานอาจสูดดมหรือหายใจเข้าสู่ร่างกายได้
- เลือกใช้ความเร็วของอากาศที่ผ่านแหล่งกำเนิดสารปนเปื้อนและความเร็วของอากาศซึ่งพุ่งตรงเข้าสู่หัวดูดที่มีค่ามากพอที่จะไม่ทำให้สารปนเปื้อนเสียดูดออกสู่บริเวณทำงาน โดยความเร็วที่กล่าวถึงนี้จะหมายถึงความเร็วจับยึดและความเร็วด้านหน้า
- การเลือกตำแหน่งติดตั้งหัวดูดให้พิจารณาจากการเคลื่อนที่ของสารปนเปื้อน เช่น พุ้งกระจายไปทุกทิศทาง หรือพุ่งตรงไปยังทิศทางใดทิศทางหนึ่ง ทั้งนี้เพื่อจะได้กำหนดตำแหน่งติดตั้งหัวดูดได้อย่างเหมาะสม
- ตำแหน่งติดตั้งหัวดูดต้องไม่อยู่ระหว่างแหล่งกำเนิดสารปนเปื้อนและคนงาน ซึ่งอาจทำให้คนงานหายใจเอาสารปนเปื้อนเข้าสู่ร่างกายได้ ประเด็นนี้เกี่ยวข้องกับการเลือกใช้ชนิดของหัวดูดให้เหมาะสมกับงาน
- พยายามกำจัดปัจจัยที่อาจทำให้การเคลื่อนที่ของอากาศภายนอกไปรบกวนการไปไหลของอากาศและสารปนเปื้อนที่กำลังไหลเข้าสู่หัวดูด (เช่น จากการทำงานของเครื่องจักรที่มีการ

เคลื่อนไหว หรือจากการเคลื่อนไหวของคนงาน) ทั้งนี้เพื่อให้ปริมาณอากาศที่ต้องการมีค่าไม่มากเกินไป ซึ่งอาจทำได้โดยการใช้ผนังกันหรือคอกกัน แต่ในกรณีที่ไม่สามารถใช้ผนังกันหรือคอกกัน ได้ก็ต้องออกแบบให้อากาศไหลผ่านหัวดูดในปริมาณที่มากกว่าปกติ

- หัวดูดต้องมีขนาดใหญ่พอที่จะรองรับปริมาณหรืออัตราการไหลของอากาศที่ไหลเข้า ในกรณีที่หัวดูดที่ใช้มีขนาดเล็กเกินไป อัตราการไหลที่ใช้ก็ควรจะมีค่ามากกว่าปกติ นั่นหมายความว่าความเร็วของอากาศที่ใช้ก็ต้องสูงขึ้นตามไปด้วย ซึ่งมีผลทำให้เกิดการสูญเสียความดันมากขึ้น

- หัวดูดต้องไม่ติดตั้งกีดขวางการทำงานของคนงานหรือเครื่องจักรในกระบวนการผลิต รวมถึงกีดขวางการซ่อมบำรุงอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต

2.5 ระบบท่อ (Duct System)

ระบบท่อสำหรับระบบระบายอากาศเฉพาะจุดมีหน้าที่เชื่อมต่อให้อุปกรณ์หรือส่วนประกอบ ต่างๆ ของระบบเข้าด้วยกันเพื่อให้ระบบสามารถทำงานร่วมกันได้ ด้วยเหตุนี้ ระบบท่อจึงมีความสำคัญไม่ยิ่งหย่อนไปกว่าส่วนอื่นของระบบ การเข้าใจถึงพื้นฐานไหลของอากาศผ่านระบบท่อ จึงเป็นสิ่งจำเป็นต่อการออกแบบระบบระบายอากาศเฉพาะจุด

2.5.1 ท่อที่ใช้ในระบบระบายอากาศ

โดยทั่วไป ท่อที่ใช้ในระบบระบายอากาศเฉพาะจุดมักเป็นท่อหน้าตัดวงกลม (round duct) ซึ่งทำได้โดยการนำแผ่นเหล็กเคลือบสังกะสี (galvanized sheet steel) หรือเหล็กดำ (black steel) มา ม้วนให้กลายเป็นท่อ จากนั้นจึงทำการยึดรอยต่อตามแนวยาว สำหรับท่อที่ทำจากเหล็กแผ่นเคลือบสังกะสีจะยึดรอยต่อตามแนวยาวด้วยการบัดกรีหรือการย้ำหมุด แต่สำหรับท่อที่ทำจากเหล็กดำจะยึดรอยต่อตามแนวยาวด้วยการเชื่อม นอกจากวัสดุที่กล่าวมาแล้วข้างต้นเราสามารถใช้ท่อที่ทำจากวัสดุอื่นได้อีก เช่น พีวีซี (PVC) เหล็กสแตนเลส (stainless steel) หรืออะลูมิเนียม (aluminium) เป็นต้น ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะของสารปนเปื้อน และลักษณะของกระบวนการผลิต (ในอุตสาหกรรมอาหาร มักใช้ท่อที่ทำจากสแตนเลส)

2.5.2 ความเร็วต่ำสุดของอากาศในท่อ

ในการคำนวณค่าความดันที่สูญเสียในระบบท่อรวมถึงการหาขนาดท่อที่ใช้สำหรับระบบระบายอากาศเฉพาะจุดนั้น ตัวแปรที่เข้ามามีบทบาทที่สุดก็คือ ความเร็วของอากาศที่ไหลภายในท่อ (หรือในส่วนอื่นของระบบ) ในกรณีที่สารปนเปื้อนซึ่งไหลเข้ามาปะปนกับอากาศมีลักษณะเป็นอนุภาคของแข็ง (เช่น ผุ่นหรือเศษโลหะ) ความเร็วของอากาศต้องมีค่ามากพอที่จะไม่ทำให้สาร

ปนเปื้อนเกิดการคั่งค้างหรืออุดตันในระบบท่อ ซึ่งโดยทั่วไปจะเรียกความเร็วนี้ว่า ความเร็วต่ำสุดของอากาศในท่อ (minimum duct velocity : V_d) หรือความเร็วต่ำสุดในการขนถ่าย (minimum transport velocity) ความเร็วต่ำสุดของอากาศภายในท่อจะมีความสำคัญต่อการออกแบบระบบท่อ และเครื่องแยกสารปนเปื้อนเป็นอย่างมาก การใช้ความเร็วของอากาศในท่อที่มีมากเกินไปก็จะทำให้อัตรการไหลของอากาศมีค่าเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย ซึ่งจะส่งผลให้สิ้นเปลืองพลังงานที่ต้องป้อนให้แก่พัดลม นอกจากนี้ยังทำให้เกิดการสึกหรอของระบบท่ออันเนื่องมาจากการเสียดสีของสารปนเปื้อนอีกด้วย สำหรับความเร็วต่ำสุดของอากาศในท่อสำหรับสารปนเปื้อนชนิดต่างๆสามารถดูได้จากตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ความเร็วต่ำสุดของอากาศในท่อ
(ที่มา : ระบบกำจัดฝุ่นและการระบายอากาศ, ฉัตรชัย นิยมมล)

ชนิดของสารปนเปื้อน	ความเร็วต่ำสุดของอากาศ, fpm	ตัวอย่าง
ไอ ก๊าซ และควัน	10000 – 2000 (5 – 10 m/s)	ไอ ก๊าซ และควัน ที่เกิดจากกระบวนการทางอุตสาหกรรมทุกรูปแบบ
ไอละเอียด	2000 – 2500 (10 – 13 m/s)	ไอร้อนที่เกิดจากกระบวนการเชื่อมโลหะ
ฝุ่นละเอียดมากและเบา	2500 – 3000 (13 – 15 m/s)	ผงแป้งหรือผงฝ้าย (cotton lint)
ฝุ่นแห้ง	3000 – 4000 (15 – 20 m/s)	ฝุ่นยางละเอียด ฝุ่นสบู่ ขี้เลื่อยเบา ฝุ่นฝ้าย (custom dust) หรือ ผงปอ (jute line)
ฝุ่นในงานอุตสาหกรรมทั่วไป	3500 – 4000 (18 – 20 m/s)	ฝุ่นจากการเจียรไน ฝุ่นของเมล็ดกาแฟ ฝุ่นจากการขนถ่ายวัสดุ ฝุ่นจากการตัดอิฐ ฝุ่นจากการหล่อโลหะ ฝุ่นหินปูน ฝุ่นดิก หรือผงซิลิกา
ฝุ่นขนาดใหญ่ (ฝุ่นหนัก)	4000 – 4500 (20 – 23 m/s)	ขี้เลื่อย (หนักและเปียก) ฝุ่นจากการขัดผิวโลหะ ฝุ่นจากการเป่าทราย (sand blast) ฝุ่นไม้ ฝุ่นจากการจะหรือคว้านเหล็กหล่อ หรือฝุ่นตะกั่ว
ฝุ่นหนัก และชื้น	4500 ขึ้นไป (23 m/s ขึ้นไป)	ฝุ่นตะกั่วที่มีชื้นตะกั่วติดมาด้วย ผงปูนซีเมนต์ที่ชื้น ผงยิปซัม (ชื้น)

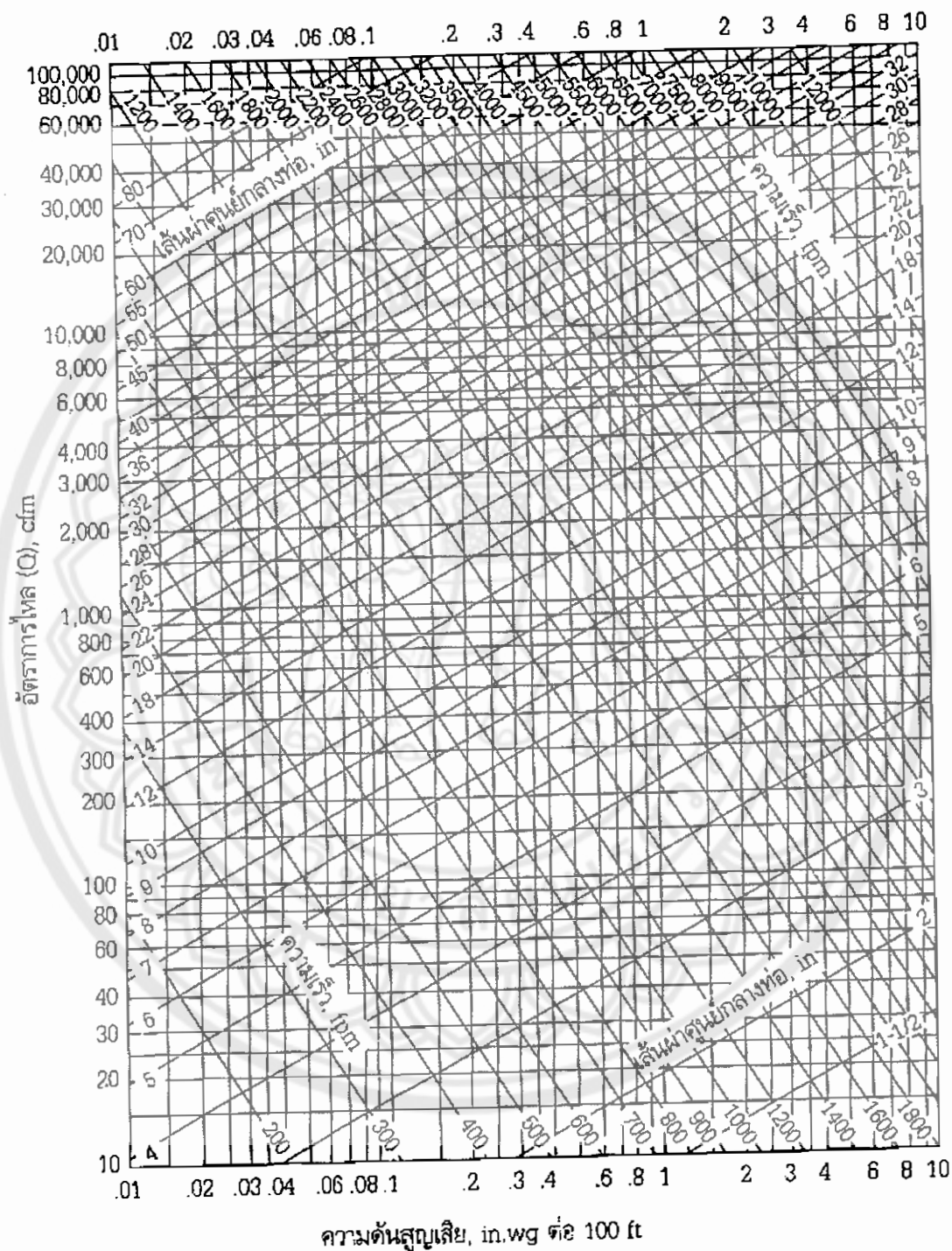
ในทางปฏิบัติความเร็วต่ำสุดของอากาศในท่อที่ใช้ในการออกแบบระบบควรมีค่ามากกว่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 2.1 เสมอ ทั้งนี้ก็เพื่อป้องกันความไม่แน่นอนต่างๆ ที่อาจทำให้ความเร็วของอากาศในท่มีค่าลดลงในขณะทำงาน ตัวอย่างเช่น การอุดตันของสารปนเปื้อนในท่อจะส่งผลให้อัตราการไหลโดยรวมของอากาศในระบบลดลงซึ่งทำให้ความเร็วของอากาศในบางส่วนของระบบท่มีค่าลดลงด้วยเช่นกัน ความเสียหายจากรอยร้าวหรือรอยขีดข่วนที่ผิวก็อาจทำให้ความต้านทานในการไหลเพิ่มขึ้นซึ่งส่งผลให้อัตราการไหลของอากาศในส่วน ที่ได้รับความเสียหายมีค่าลดลงด้วย นอกจากนี้ความผิดปกติที่เกิดขึ้นกับพัดลมก็อาจเป็นสาเหตุที่ทำให้อัตราการไหลของอากาศในระบบลดลงซึ่งก็ย่อมส่งผลให้ความเร็วของอากาศลดลงด้วยเช่นกัน

นอกจากการพิจารณาตามที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ยังต้องพิจารณาอีกว่าสารปนเปื้อนมีลักษณะเหนียวหรือไม่หรือมีการควบแน่นเกิดขึ้นกับอากาศในระบบหรือไม่(ส่งผลให้สารปนเปื้อนที่เป็นฝุ่นมีลักษณะเหนียวและชื้น) เป็นต้น โดยสิ่งเหล่านี้จะช่วยให้การเลือกใช้ความเร็วต่ำสุดของอากาศสำหรับการออกแบบระบบระบายอากาศเฉพาะจุดเป็นไปอย่างถูกต้อง สำหรับสารปนเปื้อนที่มีลักษณะเป็นไอหรือควัน ความเร็วต่ำสุดของอากาศในท่อที่เลือกใช้จะไม่ส่งผลกระทบต่อการทำงานของระบบมากนักเนื่องจากสารปนเปื้อนในลักษณะนี้จะไหลไปพร้อมกับอากาศได้ง่ายอยู่แล้ว ส่งผลให้ในบางครั้งสามารถใช้ความเร็วต่ำสุดในท่อที่มีค่าต่ำกว่าที่แนะนำในตารางที่ 2.1 ได้ ยกเว้นกรณีที่สารปนเปื้อนมีลักษณะเป็นพิษซึ่งอาจทำอันตรายต่อสุขภาพของคนงานได้หากเกิดเล็ดลอดออกสู่สิ่งแวดล้อม

2.5.3 การสูญเสียความดันเนื่องจากความเสียดทาน

ด้วยเหตุที่ว่าอากาศเป็นของไหลที่มีความหนืด ดังนั้น การไหลของอากาศผ่านระบบท่จึงต้องมีความต้านทานเกิดขึ้นเสมอ โดยความต้านทานดังกล่าวนี้จะอยู่ในรูปความฝืดหรือความเสียดทานของอากาศและผิวด้านในของท่ ความต้านทานที่เกิดขึ้นนี้จะทำให้พลังงานของอากาศที่ไหลในท่ซึ่งอยู่ในรูปของความดันสถิตมีค่าลดลง ด้วยเหตุนี้จึงต้องป้อนพลังงานให้แก่อากาศในระบบท่เพื่อเอาชนะความต้านทานดังกล่าวซึ่งทำได้โดยอาศัยพัดลม โดยทั่วไประบบระบายอากาศที่ถูกออกแบบให้มีความต้านทานในระบบท่อน้อยจะใช้พัดลมที่มีขนาดเล็กกว่าระบบที่มีความต้านทานมาก

สำหรับท่อน้ำัดวงกลม ค่าการสูญเสียความดันเนื่องจากความเสียดทานจะแปรผันโดยตรงกับกำลังสองของความเร็วของอากาศในท่ ความยาวของท่และความหยาบของผิวด้านในท่(surface roughness)แต่จะแปรผกผันกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่ โดยค่าการสูญเสียความดันดังกล่าวนี้สามารถหาได้จากแผนภาพความเสียดทานซึ่งมีลักษณะตามรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แผนภาพความเสียดทานสำหรับท่อกลมซึ่งทำจากเหล็กแผ่นเคลือบสังกะสี
(ที่มา : ระบบกำจัดฝุ่นและการระบายอากาศ, ฉัตรชัย นิยมล)

แผนภาพความเสียดทานในรูปที่ 2.1 ถูกสร้างขึ้นบนพื้นฐานสำหรับการไหลของอากาศที่สภาวะมาตรฐานผ่านท่อกลมซึ่งทำจากเหล็กแผ่นเคลือบสังกะสียาว 100 ft โดยความดันสูญเสียเนื่องจากความเสียดทานที่เกิดขึ้นสามารถหาได้จากสมการดังนี้

$$h_L = 2.74 \frac{(V/1000)^{1.9}}{D^{1.22}} \quad (2.1)$$

เมื่อ h_L = ความดันสูญเสียเนื่องจากแรงเสียดทาน, in.wg

V = ความเร็วของอากาศในท่อ, fpm

D = เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ, in

2.5.4 การสูญเสียความดันเนื่องจากความปั่นป่วนในการไหล

การสูญเสียความดันลักษณะนี้เกิดจากอากาศภายในท่อมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วและทิศทาง เช่น การไหลผ่านท่อเลี้ยว(Elbow) การไหลผ่านท่อแยก (branch) หรือการไหลของอากาศผ่านท่อที่มีการเปลี่ยนแปลงพื้นที่หน้าตัด เป็นต้น ในระบบระบายอากาศขนาดใหญ่และมีความซับซ้อนมาก การสูญเสียความดันเนื่องจากความปั่นป่วนในการไหลนี้จะมีค่ามาก เนื่องจากระบบขนาดใหญ่จะมีจุดที่อากาศจะเกิดการเปลี่ยนแปลงความเร็วและทิศทางหลายจุด แต่ในระบบระบายอากาศที่มีขนาดเล็กและไม่ซับซ้อน การสูญเสียความดันในลักษณะนี้จะมีค่าไม่มากนักเมื่อเทียบกับค่าการสูญเสียความดันเนื่องจากความเสียดทานของอากาศที่ไหลผ่านท่อ

การสูญเสียความดันเนื่องจากความปั่นป่วนในการไหล(h_r) สามารถแสดงได้ด้วยแฟกเตอร์การสูญเสีย(Loss factor:F) ซึ่งค่าการสูญเสียความดันในกรณีนี้จะหาได้โดยการคูณแฟกเตอร์การสูญเสียเข้ากับความดันจลน์ของอากาศในท่อ(VP) นั่นคือ

$$h_r = F VP \quad (2.2)$$

หวั่นค่าของแฟกเตอร์ของการสูญเสียจะมีค่าแตกต่างกันตามลักษณะการไหลของอากาศผ่านอุปกรณ์ต่างๆ

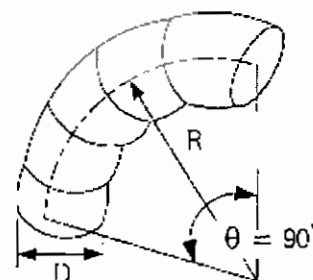
ท่อเลี้ยว

ท่อเลี้ยวหรือท่อที่มีลักษณะโค้งจะทำให้อากาศที่ไหลเกิดการเปลี่ยนแปลงทิศทางซึ่งย่อมส่งผลให้เกิดการสูญเสียความดัน โดยกระแสอากาศที่ไหลผ่านท่อเลี้ยวจะเกิดการบิดเป็นเกลียวหรือก้นหอยและถูกเหวี่ยงไปกระทบที่บริเวณขอบนอกของท่อ ส่งผลให้อากาศมีความเร็วเพิ่มขึ้นซึ่งก็ทำให้ความเสียดทานที่เกิดกับอากาศเพิ่มขึ้นตามไปด้วย

สำหรับท่อเลี้ยวที่มีหน้าตัดวงกลม(round elbow) ค่าการสูญเสียความดันของอากาศที่ไหลผ่านท่อเลี้ยวนี้จะขึ้นอยู่กับความเร็วของอากาศในท่อและรัศมีความโค้งของท่อเลี้ยวเทียบกับเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ(R/D) นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับลักษณะ โครงสร้างของท่อเลี้ยวด้วย เช่น ท่อเลี้ยวผิวเรียบ ท่อเลี้ยวที่ประกอบด้วยชิ้นส่วนหลายชิ้น(3 – 5 ชิ้น) รวมถึงมุมโค้งของท่อเลี้ยว สำหรับแฟกเตอร์การสูญเสียความดันของท่อเลี้ยว 900(900elbow) ซึ่งมีหน้าตัดวงกลมสามารถดูได้จากตารางที่ 2.2 จะเห็นว่าแฟกเตอร์การสูญเสียจะมีค่าลดลง(สูญเสียความดันน้อยลง) หากอัตราส่วน R/D เพิ่มขึ้น (โค้งที่ละน้อย) และในกรณีที่อัตราส่วน R/D มีค่าเท่ากัน ท่อเลี้ยวที่ประกอบด้วยชิ้นส่วนน้อยชิ้น (เช่น 3 ชิ้น) จะมีแฟกเตอร์การสูญเสียมากกว่า(สูญเสียความดันมากกว่า) เมื่อเทียบกับท่อเลี้ยวที่ประกอบด้วยชิ้นส่วนมากกว่า(เช่น 5 ชิ้น) หรือท่อเลี้ยวผิวเรียบ ในทางปฏิบัติแล้วควรเลือกใช้ท่อเลี้ยวที่มีอัตราส่วน R/D เท่ากับ 2 หรือ 2.5 (รัศมีความโค้งของท่อเลี้ยวมีค่าเป็น 2 หรือ 2.5 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางท่อเลี้ยว) หรือหากมีข้อจำกัดทางด้านพื้นที่ติดตั้งก็อาจใช้เป็น R/D = 1.5 ได้

ตารางที่ 2.2 แฟกเตอร์การสูญเสียของท่อเลี้ยวหน้าตัดวงกลม
(ที่มา : ฉัตรชัย นิยมกล. ระบบกำจัดฝุ่นและการระบายอากาศ)

	แฟกเตอร์การสูญเสีย (loss factor : F)					
R/D	0.50	0.75	1.00	1.50	2.00	2.50
ผิวเรียบ	0.71	0.33	0.22	0.15	0.13	0.12
5 ชิ้น	-	0.46	0.33	0.24	0.19	0.17
4 ชิ้น	-	0.5	0.37	0.27	0.24	0.23
3 ชิ้น	0.90	0.54	0.42	0.34	0.33	0.33



สำหรับค่าแฟกเตอร์การสูญเสียของท่อเลี้ยวที่มีมุมโค้งเป็น 60° หรือ 45° ยังคงหาได้โดยอาศัยข้อมูลของท่อเลี้ยว 90° ในตารางที่ 2.2 เช่นเดิม เพียงแต่ค่าแฟกเตอร์การสูญเสียจะมีค่าลดลงตามสัดส่วนของมุมโค้ง กล่าวคือท่อเลี้ยว 60° จะมีแฟกเตอร์การสูญเสียเป็น 2 ใน 3 ของท่อเลี้ยว 90° (0.67 เท่า) หรือท่อเลี้ยว 45° จะมีแฟกเตอร์การสูญเสียเป็นครึ่งหนึ่งของท่อเลี้ยว 90° (0.5 เท่า) หรืออาจกล่าวได้ว่าอากาศที่ไหลผ่านท่อเลี้ยว 60° และ 45° จะมีการสูญเสียความดันเป็น 0.67 และ 0.5 เท่าของอากาศที่ไหลผ่านท่อเลี้ยว 90°

การสูญเสียความดันในลักษณะอื่น

การสูญเสียความดันของอากาศนอกจากจะมีสาเหตุมาจากความเสียดทานและความปั่นป่วนในการไหลดังที่กล่าวมาแล้ว การที่อากาศไหลผ่านเครื่องแยกสารปนเปื้อนก็ถือเป็นสาเหตุหลักของการสูญเสียความดันเช่นกัน ซึ่งโดยปกติจะมีค่าค่อนข้างมาก ค่าการสูญเสียความดันในลักษณะนี้จะเพิ่มสูงขึ้นตามประสิทธิภาพการแยกสารปนเปื้อนที่ต้องการ

การสูญเสียความดันของระบบยังอาจเกิดจากการทำสมดุลความดัน (pressure balancing) ที่จุดเชื่อมต่อระหว่างท่อแยกกับท่อหลักในกรณีของระบบระบายอากาศที่ประกอบด้วยหัวดูดหลายจุด นอกจากนี้ การต่อท่อที่เชื่อมต่อกับพัดลมทั้งที่ทางเข้า (fan inlet) และทางออก (fan outlet) อย่างไม่ถูกต้องก็เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการสูญเสียความดันในระบบด้วยเช่นกัน

จะเห็นได้ว่าการสูญเสียความดันของอากาศในระบบระบายอากาศสามารถเกิดขึ้นได้จากหลายสาเหตุ ดังนั้นการออกแบบระบบระบายอากาศที่ดีจึงต้องพยายามทำให้มีการสูญเสียความดันน้อยที่สุดซึ่งจะส่งผลให้ขนาดของพัดลมที่ใช้ไม่ใหญ่เกินไป

2.6 พัดลม (Fan)

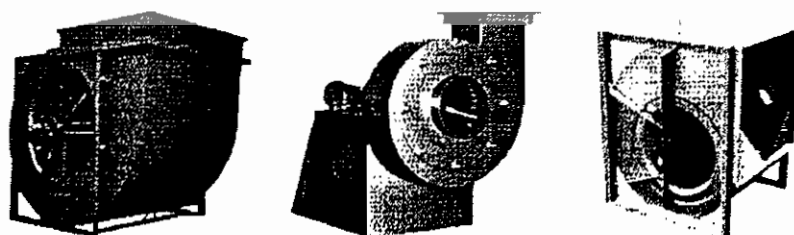
พัดลมในระบบระบายอากาศเฉพาะจุดมีหน้าที่สร้างแรงดูดในระบบซึ่งต้องมากพอที่จะดึงอากาศปนเปื้อนให้เข้าสู่หัวดูดได้ ด้วยเหตุนี้เอง พัดลมจึงถือเป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญในอันดับต้นๆ ของระบบระบายอากาศเฉพาะจุด ในทางปฏิบัติแม้ว่าจะได้ออกแบบอุปกรณ์อื่นในระบบมาเป็นอย่างดีแล้ว แต่ถ้ามองเลือกใช้พัดลมเป็นไปอย่างไม่เหมาะสม (ทั้งชนิดและขนาด) ก็อาจส่งผลที่ร้ายแรงถึงขั้นที่ระบบระบายอากาศไม่สามารถทำงานได้ตามต้องการหรือถ้าทำงานได้ก็อาจจะมีประสิทธิภาพต่ำและใช้พลังงานมากกว่าที่จำเป็น นอกจากตัวพัดลมเองแล้ว ท่อทางเข้า (fan inlet) และท่อทางออก (fan outlet) ของพัดลมซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของพัดลมก็มีความสำคัญไม่น้อย ท่อเหล่านี้จะต้องช่วยให้การไหลของอากาศเป็นไปอย่างราบเรียบทั้งไหลเข้าและไหลออกพัดลม การออกแบบหรือติดตั้งท่อดังกล่าวอย่างไม่ถูกต้องจะส่งผลให้อากาศไหลอย่างไม่เป็นระเบียบหรือ

เกิดการไหลแบบปั่นป่วนซึ่งทำให้สมรรถนะการทำงานของพัดลมลดลง ในนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดของพัดลมที่ใช้ในระบบระบายอากาศ รวมถึงหลักเกณฑ์ในการเลือกใช้พัดลมและลักษณะการติดตั้งท่อทางเข้าและทางออกของพัดลมที่ถูกต้องซึ่งจะช่วยให้ระบบระบายอากาศที่ออกแบบมีประสิทธิภาพในการทำงานสูงสุด

พัดลมที่ใช้ในระบบระบายอากาศสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆตามทิศทางการไหลของอากาศผ่านพัดลม กล่าวคือ พัดลมแรงเหวี่ยง(Centrifugal fan) และพัดลมไหลตามแนวแกน(axial fan) ซึ่งจะกล่าวในรายละเอียดดังต่อไปนี้

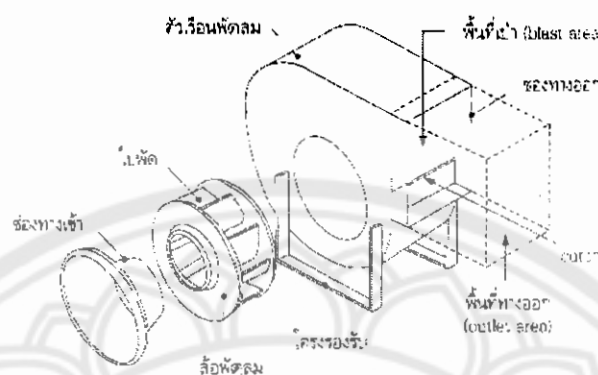
2.6.1 พัดลมแรงเหวี่ยง (Centrifugal fan)

การลำเลียงอากาศของพัดลมแรงเหวี่ยง(บางครั้งอาจเรียกว่า พัดลมหอยโข่ง) จะอาศัยกลไกของแรงเหวี่ยงซึ่งเกิดจากการหมุนของใบพัด (blades) ที่ติดตั้งอยู่บนล้อของพัดลม (fan wheel) การหมุนของล้อพัดลมจะเกิดจากต้นกำลังขับเคลื่อนจากภายนอก เช่น มอเตอร์ไฟฟ้า อากาศจากภายนอกจะถูกดึงเข้าสู่ตัวพัดลมในแนวแกนหมุน และถูกร่งให้มีความเร็วสูงขึ้น จากนั้นอากาศจะถูกเหวี่ยงออกไปปะทะกับตัวเรือนพัดลม (fan housing) ที่มีลักษณะคล้ายกันหอยและไหลออกจากพัดลมในแนวรัศมีของใบพัด(แนวตั้งฉากกับเพลาลงของล้อพัดลม) ซึ่งพลังงานจลน์ของอากาศจะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานในรูปของความดันที่ช่องทางออกของพัดลมรูปที่ 2.2 และ 2.3 แสดงส่วนประกอบหลักและรูปแบบของพัดลมแรงเหวี่ยงที่ใช้ในระบบระบายอากาศตามลำดับ หากพิจารณารูปที่ 2.3 จะพบว่าที่ทางออกจะติดตั้งแผ่นโลหะที่ถูกม้วนปลายคล้ายกันหอยขนาดเล็กเลยยื่นเข้ามาในตัวเรือนของพัดลม โดยเราจะเรียกแผ่นโลหะดังกล่าวนี้ว่า cutoff จุดประสงค์ของการติดตั้ง cutoff ก็เพื่อป้องกันการไหลกลับของอากาศบริเวณช่องทางออกเข้าสู่ล้อพัดลม โดยหากอากาศสามารถไหลกลับออกมาได้ก็จะส่งผลให้พัดลมลำเลียงอากาศได้น้อยลง โดยปกติ cutoff จะยื่นเลยเข้ามาในตัวเรือนพัดลม (บริเวณช่องทางออก) เป็นระยะประมาณ 20% – 30% ของความสูงช่องทางออก



รูปที่ 2.2 พัดลมแรงเหวี่ยงรูปแบบต่างๆ

(ที่มา : ระบบกำจัดฝุ่นและการระบายอากาศ, ฉัตรชัย นิยมผล)



รูปที่ 2.3 ส่วนประกอบหลักของพัดลมแรงเหวี่ยง
(ที่มา : ระบบกำจัดฝุ่นและการระบายอากาศ, ฉัตรชัย นิยมล)

เมื่อเทียบกับพัดลมไหลตามแนวแกน พัดลมแรงเหวี่ยงจะลำเลียงอากาศได้ในปริมาณที่น้อยกว่าแต่สามารถสร้างความดันสถิตได้สูงกว่า ด้วยเหตุนี้พัดลมแรงเหวี่ยงจึงถูกนำมาใช้ในระบบระบายอากาศเฉพาะจุดมากกว่าพัดลมไหลตามแนวแกน นอกจากนี้ยังเกิดเสียงดังน้อยกว่าขณะทำงาน และมีต้นทุนในการติดตั้งต่ำกว่า รวมถึงค่าใช้จ่ายในระหว่างใช้งานก็ต่ำกว่าด้วย ถึงแม้ว่าพัดลมแรงเหวี่ยงจะจัดการกับปัญหาในเรื่องความไม่แน่นอน หรือการแกว่งตัวของอัตราการไหลของอากาศได้ดีกว่าพัดลมไหลตามแนวแกน แต่โดยปกติก็จะมีประสิทธิภาพในการทำงานต่ำกว่า

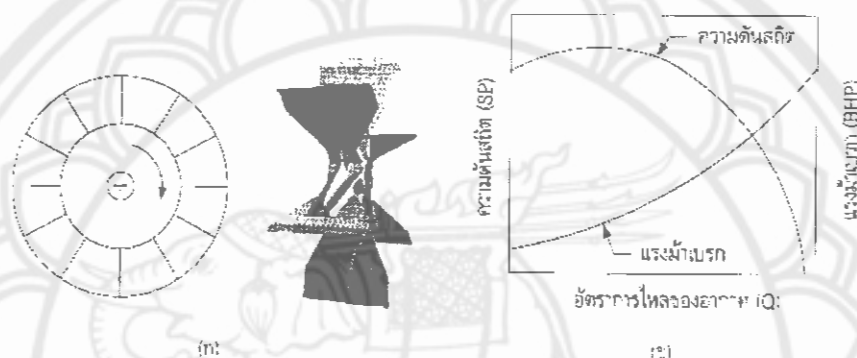
โดยทั่วไปพัดลมแรงเหวี่ยงยังสามารถแบ่งได้เป็น 3 แบบใหญ่ๆ ตามรูปร่างและลักษณะการจัดวางใบพัด คือ

- แบบซี่ใบพัดหน้าตรง (radial blade)
- แบบซี่ใบพัดโค้งหน้า (forward curve blade)
- แบบซี่ใบพัดเอียงหลัง (backward inclined blade)

แบบซี่ใบพัดหน้าตรง

พัดลมแรงเหวี่ยงแบบซี่ใบพัดหน้าตรงจะมีลักษณะของล้อพัดลมดังรูปที่ 2.4 (ก) พัดลมแบบนี้มักนำไปใช้กับระบบที่ต้องการอากาศในปริมาณน้อยถึงปานกลางที่ความดันสถิตสูงๆ จะเห็นได้ว่าใบพัดของพัดลมแบบนี้จะมีลักษณะแบนเอียงตามแนวรัศมีซึ่งช่วยไม่ให้เกิดการสะสมของฝุ่นที่ผิวใบพัด ด้วยเหตุนี้พัดลมแรงเหวี่ยงแบบซี่ใบพัดหน้าตรงจึงถูกนำไปใช้กับงานที่มีฝุ่นจำนวนมากไหลมาปะปนกับอากาศ นอกจากนี้ การที่ช่องว่างระหว่างใบพัดมีมาก ก็ช่วยให้พัดลม

สามารถทำงานที่อัตราการใช้ของอากาศน้อยๆ ได้โดยปราศจากการสั่น โดยทั่วไปเราสามารถสร้างให้ใบพัดมีความหนาเป็นพิเศษได้เพื่อให้ทนต่อการขัดสีและความเสียหายที่เกิดจากการกระทบของฝุ่นซึ่งปะปนมากับอากาศ จุดอ่อนของพัดลมแบบนี้ ได้แก่ ประสิทธิภาพการทำงานที่มีค่าต่ำที่สุดในบรรดาที่ใช้ในระบบระบายอากาศเฉพาะจุด อย่างไรก็ตาม พัดลมแบบนี้มักถูกนำมาใช้เสมอในกรณีที่อากาศมีฝุ่นไหลปะปนมาด้วยซึ่งพัดลมแบบอื่นไม่สามารถนำไปใช้งานได้



รูปที่ 2.4 ล้อพัดลมและเส้นโค้งสมรรถนะของพัดลมแรงเหวี่ยงแบบซี่ใบพัดหน้าตรง
(ที่มา : ระบบกำจัดฝุ่นและการระบายอากาศ, ฉัตรชัย นิยมล)

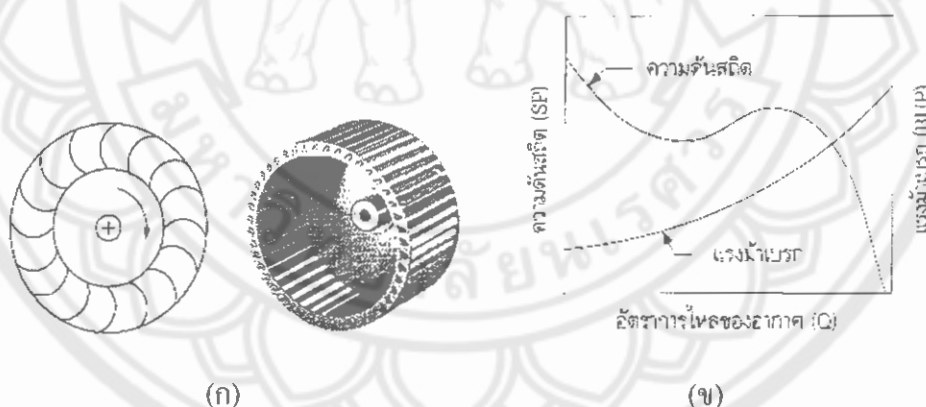
หากพิจารณาเส้นโค้งความดันสถิตของพัดลมแบบนี้จากรูปที่ 2.4 (ข) จะพบว่า ควรเลือกจุดใช้งานของพัดลมให้อยู่บริเวณด้านขวาของค่าความดันสูงสุดซึ่งจะช่วยไม่ให้อัตราการใช้ของอากาศแกว่งตัว เนื่องจากเส้นโค้งความดันสถิตที่ด้านซ้ายของค่าความดันสูงสุดจะมีค่าชันค่อนข้างน้อย ดังนั้น อัตราการใช้ของอากาศจึงเปลี่ยนแปลงอย่างมากเมื่อความดันสถิตของพัดลมเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย ส่วนเส้นโค้งแรงม้าเบรกจะมีลักษณะเกือบเป็นเส้นตรงตลอดช่วงการทำงานของพัดลมซึ่งหมายความว่าพลังงานที่ต้องป้อนให้แก่พัดลมจะแปรผันตามอัตราการใช้ของอากาศที่พัดลมต้องลำเลียง

แบบซี่ใบพัดโค้งหน้า

พัดลมแรงเหวี่ยงแบบใบพัดซี่โค้งหน้าจะมีลักษณะของล้อพัดลมดังรูปที่ 2.5 ก จะเห็นว่าล้อพัดลมของพัดลมแบบนี้จะมีลักษณะคล้ายกรงกระรอก (squirrel cages) โดยใบพัดจะมีรูปร่างคล้ายถ้วยซึ่งจะช่วยเร่งอากาศให้มีความเร็วสูงและปล่อยออกจากตัวเรือนพัดลมด้วยความเร็วที่สูงกว่าความเร็วของอากาศที่ปลายใบพัด (tip speed) ลักษณะเช่นนี้จึงทำให้ความเร็วรอบของการหมุนในล้อพัดลมแบบนี้ไม่สูงมากนัก ด้วยเหตุที่ระดับเสียงซึ่งเกิดขึ้นจากการทำงานของพัดลมจะ

สัมพันธ์กับความเร็วในการหมุนของล้อพัดลม ดังนั้นพัดลมชนิดนี้จึงมีระดับเสียงที่เกิดจากการทำงานต่ำกว่าพัดลมแบบอื่น อย่างไรก็ตาม การที่ใบพัดมีลักษณะ โค้งเอียงไปด้านหลังจึงมีโอกาสดึงฝุ่นซึ่งปะปนมากับอากาศสามารถสะสมตัวอยู่ที่ผิวหน้าใบพัดได้ ดังนั้นจึงไม่ควรนำพัดลมแบบนี้ไปใช้กับระบบที่อากาศมีการปนเปื้อนของฝุ่น นอกจากนี้ยังไม่ควรนำไปใช้กับระบบระบายอากาศเฉพาะจุดซึ่งต้องการควบคุมความดันสถิตสูง (แรงดูดมาก) โดยมากแล้ว เรานิยมนำพัดลมแบบนี้ไปใช้ในระบบจ่ายอากาศหรืออากาศเติมในระบบระบายอากาศแบบเจือจางเท่านั้น

โดยปกติพัดลมแบบนี้จะเหมาะสำหรับระบบซึ่งต้องการอากาศในปริมาณน้อยถึงปานกลาง ที่ความดันสถิตต่ำๆ ซึ่งรูปที่ 2.5 จะแสดงลักษณะของเส้นโค้งสมรรถนะสำหรับพัดลมแบบนี้ เมื่อพิจารณาเส้น โค้งความดันสถิตของพัดลมแบบนี้จะพบว่า ความดันสถิตมีค่าลดลงอยู่ช่วงหนึ่งในย่านอัตราการไหลต่ำซึ่งเป็นผลมาจากลักษณะของการออกแบบใบพัดเองดังแสดงด้วยการเว้าลงของเส้น โค้งความดันสถิตซึ่งถือเป็นช่วงที่การทำงานของพัดลมไม่มีเสถียรภาพ(unstable) ซึ่งมีโอกาสที่ความดันสถิตจะเกิดการแกว่งตัว ดังนั้น จึงไม่ควรนำพัดลมไปใช้งานในช่วงนี้เพราะจะมีประสิทธิภาพต่ำ



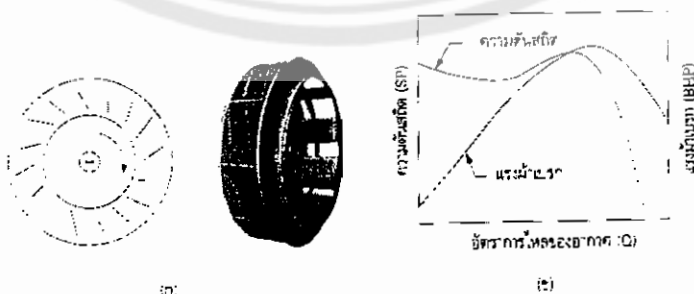
รูปที่ 2.5 ล้อพัดลมและเส้น โค้งสมรรถนะของพัดลมแรงเหวี่ยงแบบซี่ใบพัดโค้งหน้า
(ที่มา : ระบบกำจัดฝุ่นและการระบายอากาศ, ฉัตรชัย นิยมล)

เมื่อพิจารณาเส้น โค้งแรงม้าเบรกจะพบว่า เมื่ออัตราการไหลของอากาศเพิ่มขึ้น พลังงานที่พัดลมต้องการก็จะเพิ่มขึ้นเช่นกัน ถ้าระบบมีความต้านทานต่อการไหลจริงต่ำกว่าที่คำนวณได้ (ความดันสถิตต่ำกว่า) พัดลมจะทำงานที่อัตราการไหลสูงกว่าความต้องการจริงของระบบ (ถ้าเสียงอากาศมากกว่า) ซึ่งส่งผลให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงานซึ่งเป็นผลเสียของพัดลมระบบนี้

แบบชีใบพัดเอียงหลัง

พัดลมแรงเหวี่ยงแบบชีใบพัดเอียงหลังจะมีการจัดวางใบพัดในลักษณะแบนตรงในทิศทางตรงข้ามกับทิศทางการหมุนของล้อพัดลมดังแสดงในรูปที่ 2.6 (ก) พัดลมแบบนี้จะมีประสิทธิภาพการทำงานมากกว่าพัดลมแบบชีใบพัดโค้งหน้า ดังนั้น จึงถูกนำไปใช้กับระบบที่ต้องการอากาศในปริมาณมาก การที่พัดลมชนิดนี้มีประสิทธิภาพสูงก็เนื่องจากการออกแบบใบพัดที่ทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของความดันเมื่อล้อพัดลมหมุน อย่างไรก็ตามความเร็วของอากาศที่ออกจากล้อพัดลมจะค่อนข้างต่ำ ในบางกรณี ความเร็วของอากาศที่ต่ำนี้อาจถือเป็นข้อด้อยสำหรับพัดลมขนาดใหญ่ซึ่งต้องการความเร็วรอบในการหมุนสูง เพื่อให้อากาศไหลออกด้วยความเร็วสูง โดยที่เมื่อพัดลมหมุนด้วยความเร็วสูงแล้ว จะเกิดความเค้นมากที่ล้อพัดลม ด้วยเหตุนี้จึงมีความจำเป็นต้องออกแบบให้โครงสร้างของล้อพัดลมมีขนาดใหญ่ มีเพลาดำยทอดกำลังจากภายนอกที่แข็งแรง รวมถึง แบริง(bearing) ที่ใช้ก็ต้องมีความทนทานเป็นพิเศษ ส่งผลให้ต้นทุนหรือราคาของพัดลมสูงขึ้นตามไปด้วย

หากสังเกตจากรูปร่างและเส้นโค้งแรงม้าเบรกของพัดลมแบบนี้ในรูปที่ 2.6 (ข) จะพบว่าเส้นโค้งแรงม้าเบรกจะไม่ชันมากที่อัตราการไหลสูงเหมือนพัดลมสองแบบแรก กล่าวคือ แรงม้าเบรกจะค่อยๆเพิ่มขึ้นจนกระทั่งมีค่าสูงสุดจากนั้นแรงม้าเบรกจะลดลงเมื่ออัตราการไหลของอากาศเพิ่มขึ้น ลักษณะเช่นนี้จึงช่วยให้พัดลมแบบนี้ไม่มีโอกาสที่จะทำงานเกินภาระ(overload) ที่กล่าวมานี้ถือเป็นข้อดีที่ทำให้พัดลมแบบนี้มักถูกเลือกให้ใช้กับระบบระบายอากาศในกรณีที่ไม่มั่นใจในความถูกต้องของความดันตกในระบบ (หรือความต้านทานการไหล) ที่คำนวณได้ หรือในกรณีที่ระบบมีการแกว่งตัวของความดัน ข้อดีอีกอย่างของพัดลมแบบนี้ก็คือ เมื่ออัตราการไหลของอากาศเปลี่ยนแปลงความดันของอากาศจะไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก อย่างไรก็ตาม พัดลมแบบนี้ไม่เหมาะสมในระบบที่ต้องการอัตราการไหลต่ำ เนื่องจากจุดที่พัดลมทำงานอาจตกอยู่ในช่วงที่ไม่เสถียรภาพได้

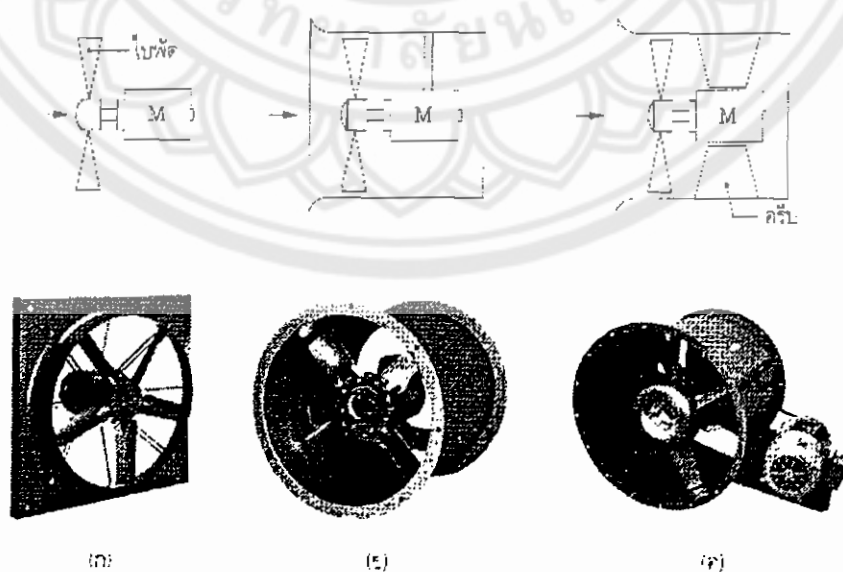


รูปที่ 2.6 ล้อพัดลมและเส้นโค้งสมรรถนะของพัดลมแรงเหวี่ยงแบบชีใบพัดเอียงหลัง
(ที่มา : ระบบกำจัดฝุ่นและการระบายอากาศ, ฉัตรชัย นิยมมล)

2.6.2 พัดลมไหลตามแนวแกน

สำหรับพัดลมไหลตามแนวแกน แนวการไหลเข้าและออกจากพัดลมจะขนานกับแกนเพลลาของใบพัด จุดเด่นของพัดลมแบบนี้คือ สามารถลำเลียงอากาศได้ในปริมาณมาก ราคาถูก ขนาดกะทัดรัด และมีประสิทธิภาพในการทำงานสูง ส่วนจุดด้อยที่สำคัญของพัดลมแบบนี้คือ ต้องทำงานด้วยความเร็วรอบในการหมุนสูงมากขณะทำงาน สร้างความดันสถิตได้ค่อนข้างต่ำ นอกจากนี้ยังไม่เหมาะที่จะนำไปใช้กับระบบที่อากาศมีการปนเปื้อนของฝุ่น โดยปกติ พัดลมแบบนี้มีลักษณะโครงสร้างหลายรูปแบบซึ่งมีความเหมาะสมกับงานในลักษณะที่แตกต่างกัน

รูปแบบแรกก็คือ พัดลมแบบใบแฉก (propeller fan) ซึ่งมีลักษณะดังรูปที่ 2.7(ก) โดยที่ใบพัดซึ่งมีลักษณะเป็นแฉกจะหมุนเป็นอิสระบนแกนเพลลา พัดลมแบบนี้จะสร้างความดันสถิตได้ต่ำกว่า 1 in.wg โดยจำนวนของใบพัดจะมีตั้งแต่ 2 ใบขึ้นไป พัดลมแบบนี้มักถูกนำไปเพื่อการดึงอากาศเข้าสู่อาคารและระบายอากาศออกจากตัวอาคาร (สำหรับระบบระบายอากาศแบบเจือจาง) ซึ่งจะทำให้โดยการติดตั้งไว้ที่ผนังหรือหลังคาของอาคารในบางกรณีสามารถนำพัดลมแบบนี้ไปใช้กับระบบระบายอากาศเฉพาะจุดของกระบวนการที่มีความร้อนซึ่งไม่ต้องการความเร็วในการดึงสารปนเปื้อนที่สูงมากนัก เช่นกระบวนการเชื่อมโลหะ (ควันที่เกิดจากการเชื่อม) หรือกระบวนการชุบโลหะ (ไอโลหะ) แต่ต้องมีข้อจำกัดที่ระบบท่อต้องไม่ยาวมากนักเนื่องจากพัดลมแบบนี้มีความสามารถในการสร้างความดันสถิต(แรงดูด) ได้ไม่มาก



รูปที่ 2.7 ลักษณะของพัดลมไหลตามแนวแกน

(ที่มา : ระบบกำจัดฝุ่นและการระบายอากาศ, ฉัตรชัย นิยมล)

รูปแบบที่ 2 จะเป็นลมแบบใบแฉกที่ติดตั้งอยู่ในท่อ(tube axial fan or duct fan)ดังแสดงในรูปที่ 2.7 (ข) จะเห็นว่าใบพัดจะติดตั้งอยู่ในตัวเรือนทรงกระบอก(คล้ายท่อสั้น) พัดลมแบบนี้สามารถสร้างความดันสถิตได้ปานกลาง(ต่ำกว่า 2 in.wg) ส่วนรูปแบบสุดท้ายจะเป็นพัดลมแบบใบแฉกชนิดมีครีบริบหรือแผ่นปรับทิศทางของอากาศ(vane axial fan) ซึ่งแสดงดังรูปที่ 2.7 (ค) โดยแผ่นปรับทิศทางลมนี้จะติดตั้งอยู่ที่ทางออกของพัดลมซึ่งช่วยให้อากาศที่ไหลผ่านใบพัดมีลักษณะตรงไม่หมุนวนเหมือนพัดลมสองแบบแรก เมื่อเปรียบเทียบกับพัดลมไหลตามแนวแกนสองแบบแรกแล้วพัดลมแบบนี้จะมีประสิทธิภาพในการทำงานที่สูงที่สุดและสามารถสร้างความดันสถิตได้สูงกว่า

2.7 ระบบการแยกอนุภาคของแข็งและฝุ่นละออง

อนุภาคของแข็งและฝุ่นละอองขนาดเล็ก จะมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและระบบนิเวศวิทยา ทำให้เกิดมลภาวะขึ้น โดยมีสาเหตุมาจากแหล่งต่าง ๆ ดังนี้

1. ฝุ่นละอองจากโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ จะก่อให้เกิดความรำคาญและเป็นอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจของมนุษย์ และก่อให้เกิดความสกปรกต่ออาคารสถานที่ภายในโรงงานและบริเวณใกล้เคียง

2. จี้เถ้าจากการเผาไหม้ในโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ

3. อนุภาคของแข็งที่ปะปนออกมากับแก๊สเผาไหม้จากปล่องควัน (Flue Gas) ในโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ ซึ่งมีขนาดแตกต่างกันดังนี้

- Smoke คือ คาร์บอนที่เผาไหม้ไม่สมบูรณ์ จัดเป็นอนุภาคขนาดเล็กมากมีขนาด 0.001-0.25 ไมครอน
- Fume คือ ละอองของแข็งที่มีขนาด 0.1-1.0 ไมครอน
- Dust คือ ละอองของแข็งที่มีขนาดเกิน 1 ไมครอน ประกอบด้วยผงจี้เถ้า (Fly Ash) และผงคาร์บอนที่ยังเผาไหม้ไม่หมด

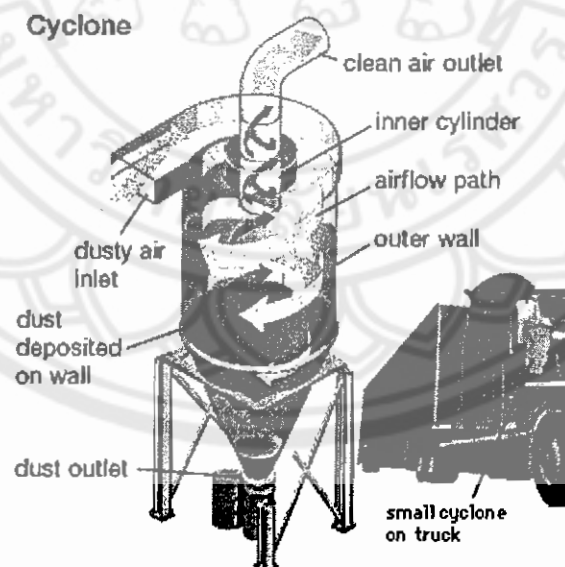
วิธีการกำจัดอนุภาคของแข็งและฝุ่นละออง ที่เกิดขึ้นจากโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ ทำได้หลายวิธีดังต่อไปนี้ ได้แก่

1. การแยกด้วยอุปกรณ์ดักฝุ่น (Cyclone Separation)
2. การแยกด้วยหลักการไฟฟ้าสถิต (Electrostatic Precipitator)
3. การแยกด้วยถุงกรอง (Bag Filter)
4. การแยกด้วยการรวมตัวกับความชื้น (Wet Scrubbing)

2.7.1. การแยกด้วยไซโคลนดักฝุ่น (Cyclone Separation)

ไซโคลนดักฝุ่นได้ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมหลายประเภทโดยอุตสาหกรรมที่พบว่ามี การนำไซโคลนไปใช้ได้แก่ อุตสาหกรรมเหมืองแร่ อุตสาหกรรมโลหะ อุตสาหกรรมผลิตซีเมนต์ อุตสาหกรรมผลิตเยื่อกระดาษ อุตสาหกรรมเคมี รวมถึงกระบวนการเผาไหม้ (แยกเขม่าและเถ้าลอย) สามารถใช้งานได้ที่อุณหภูมิสูงถึง $1,000^{\circ}\text{C}$ และที่ความดันสูงถึง 500 บรรยากาศ เป็นวิธีที่ง่าย และมีราคาถูกทั้งในแง่การลงทุนเบื้องต้น และการใช้งานในระยะยาว

การแยกฝุ่นออกจากอากาศของไซโคลนจะอาศัยหลักการของแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (centrifugal force) โดยอากาศและฝุ่นที่ไหลเข้าสู่ไซโคลนจะทำให้เกิดการหมุนวนโดยอาศัยการทำงานของพัดลม รวมถึงการออกแบบทางเข้าของไซโคลน การหมุนวนของอากาศภายในมีสองส่วน ส่วนแรกเป็นการหมุนของอากาศที่มีทิศทางม้วนลงด้านล่าง ซึ่งเป็นผลทำให้ฝุ่นหยาบถูกแยกออกจากฝุ่นละเอียด ส่วนการหมุนวนในส่วนที่สองจะเกิดขึ้นที่ด้านล่างของไซโคลนโดยมีทิศทางหมุนสวนกันด้านบนสวนกับการหมุนวนในส่วนแรก การหมุนวนนี้สามารถพาฝุ่นที่ละเอียดมากขึ้นไปและไหลออกจากไซโคลนพร้อมอากาศได้



รูปที่ 2.8 แสดงลักษณะทั่วไปของไซโคลนดักฝุ่น

(ที่มา : ระบบกำจัดฝุ่นและการระบายอากาศ, ฉัตรชัย นิยมมล)

การออกแบบไซโคลน

การออกแบบไซโคลน คือการหาขนาดและสัดส่วนของไซโคลนที่เหมาะสม การประเมินค่าความดันตกของไซโคลนที่ได้ออกแบบไว้ และประเมินประสิทธิภาพการแยกฝุ่นของไซโคลน ซึ่งทั้งสามล้วนแล้วแต่มีความสัมพันธ์กัน

ขนาดหรือสัดส่วนของไซโคลนที่ใช้จะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายตัว เช่น ขนาดของพื้นที่ติดตั้ง หรืออัตราการไหลของอากาศที่เข้าสู่ตัวไซโคลน (Q) ซึ่งโดยปกติจะหาได้ในขั้นตอนของการออกแบบระบบระบายอากาศเฉพาะจุด ส่วนความดันตกก็ถือเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องทราบ เนื่องจากความดันตกของอากาศที่ไหลผ่านไซโคลนจะส่งผลต่อขนาดของพัดลมที่ใช้ในระบบ โดยค่าความดันตกที่หาได้นี้จะถูกนำไปรวมกับความดันตกหรือความต้านทานการไหลในระบบท่อซึ่งหาได้ในขั้นตอนการออกแบบระบบท่อ ส่วนประสิทธิภาพการแยกฝุ่นของไซโคลนจะเป็นตัวบอกให้ทราบว่าไซโคลนที่ออกแบบมานั้นสามารถดักฝุ่นได้ดีตามต้องการหรือไม่

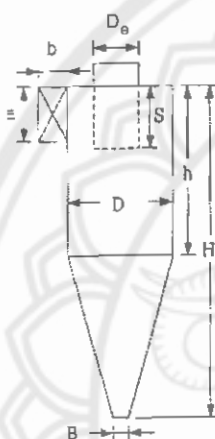
โดยปกติ การออกแบบไซโคลนสามารถกระทำได้หลายลักษณะซึ่งขึ้นอยู่กับความต้องการของระบบ เงื่อนไขหรือข้อจำกัดต่างๆ เช่น เงื่อนไขด้านมลภาวะทางอากาศ หรือเงื่อนไขด้านพื้นที่การติดตั้ง ในที่นี้สามารถแบ่งการออกแบบไซโคลนได้เป็น 3 ลักษณะคือ

- ออกแบบโดยกำหนดขนาดของไซโคลนที่ต้องการ การออกแบบลักษณะนี้ เหมาะกับกรณีที่มีข้อจำกัดด้านพื้นที่ติดตั้ง
- การออกแบบโดยความดันตกที่ต้องการ การออกแบบลักษณะนี้จะกระทำเมื่อต้องการให้ความดันตกที่เกิดขึ้นมีค่าไม่เกินจากที่กำหนด
- ออกแบบโดยกำหนดประสิทธิภาพการแยกฝุ่น การออกแบบลักษณะนี้จะกระทำเมื่อมีข้อจำกัดด้านมลภาวะทางอากาศซึ่งปริมาณของฝุ่นที่สามารถปล่อยออกจากไซโคลนไปพร้อมกับอากาศต้องมีความเข้มข้นไม่เกินค่าที่กฎหมายในแต่ละท้องถิ่นกำหนด

ขนาดหรือสัดส่วนของไซโคลน

ในอดีตมีนักวิจัยจำนวนไม่น้อยที่พยายามค้นคว้าหาขนาดและรูปร่างของไซโคลนที่สามารถทำงานได้ดีหรือเหมาะสมต่อภาวะการทำงานที่กำหนด โดยผลการวิจัยส่วนหนึ่งจากจำนวนหลายงานได้รับการยอมรับและถูกนำมาใช้ในการออกแบบซึ่งพบว่าไซโคลนที่ออกแบบตามผลการวิจัยที่น่าเสนอนั้นสามารถทำงานได้ดีเป็นที่น่าพอใจด้วยเหตุนี้จึงถือว่าขนาดของ

ไซโคลนที่งานวิจัยเหล่านั้นได้นำเสนอเป็นขนาดมาตรฐาน ซึ่งโดยทั่วไปอาจเรียกว่า ไซโคลนมาตรฐาน (Standard cyclone) โดยมีหลายลักษณะตามผู้วิจัยดังที่ได้แสดงในตารางที่ 2.3 ตารางที่ 2.3 สัดส่วนของไซโคลนมาตรฐานรูปแบบต่างๆ (ที่มา : ระบบกำจัดฝุ่นและการระบายอากาศ, ฉัตรชัย นิยมล)



ขนาด	ไซโคลนประสิทธิภาพสูง		ไซโคลนสำหรับงานทั่วไป		
	Stairmand	Swift	Lapple	Swift	Peterson & Whitby
D	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
a	0.5	0.44	0.5	0.5	0.583
b	0.2	0.21	0.25	0.25	0.208
S	0.5	0.5	0.625	0.5	0.583
D _e	0.5	0.4	0.5	0.5	0.5
h	1.5	1.4	2.0	1.75	1.333
H	4.0	3.9	4.0	3.75	3.17
B	0.375	0.4	0.25	0.4	0.5
N _H	6.4	9.24	8	8	7.76
N _e	5.5	8.02	6	5.5	3.85

ความดันตก

ความดันตกของอากาศที่ไหลผ่านไซโคลนถือเป็นตัวแปรสำคัญที่ต้องทราบในการออกแบบระบบระบายอากาศเฉพาะจุด ความผิดพลาดบางประการจากการประเมินค่าความดันตกดังกล่าวนี้อาจส่งผลให้ระบบการระบายอากาศไม่สามารถทำงานได้อย่างที่มุ่งหวัง โดยสาเหตุที่ทำให้เกิดความดันตกหรือความต้านการไหลภายในไซโคลนมีหลายประการ เช่น การขยายตัวของกระแสน้ำอากาศเมื่อไหลผ่านช่องทางเข้าสู่ตัวเรือนไซโคลน และการสูญเสียความดันจลน์ของอากาศในขณะหมุนเวียนในไซโคลน ข้อให้สังเกตว่าความดันตกที่เกิดขึ้นนี้ไม่ได้มีสาเหตุมาจากความเสียดทานที่ผนังด้านในของไซโคลนแต่อย่างใด โดยหากผนังด้านในของไซโคลนมีลักษณะขรุขระความดันตกที่เกิดขึ้นก็จะมีค่าไม่มากเนื่องจากอากาศหมุนวนได้ไม่ดี อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพของการแยกฝุ่นก็จะมีค่าลดลงอย่างมาก เนื่องจากอากาศเกิดการไหลอย่างปั่นป่วนในไซโคลน

การประเมินค่าความดันตกก็จะนำเสนอนี้เป็นวิธีของ Lapple (1951) ซึ่งเป็นสมการที่มีรูปแบบไม่ซับซ้อนแต่ให้ผลถูกต้องในระดับที่ยอมรับได้ สมการดังกล่าวนี้จะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันตกและรูปทรงของไซโคลนที่คล้ายคลึงกับแบบจำลอง โดยความดันตกจะแสดงในเทอมของจำนวนเฮดความเร็วที่ทางเข้า (number of inlet velocity head) ซึ่งถือเป็นตัวแปรไม่มีหน่วยโดยเขียนแทนด้วย N_H คือ

$$N_H = K \frac{ab}{(D_c)^p} \quad (2.3)$$

เมื่อ a และ b = ความสูงและความกว้างของช่องทางเข้าตามลำดับ

D_c = เส้นผ่านศูนย์กลางกึ่งกลางของท่อทางออก

K = ค่าคงที่ซึ่งมีค่าเป็น 16 สำหรับไซโคลนที่มีทางเข้าปกติ และมีค่าเป็น 7.5 สำหรับช่องทางเข้าที่ติดตั้งแผ่นบังกับการไหล (inlet vane)

โดยปกติ N_H จะมีค่าอยู่ในช่วง 1 – 20 และขึ้นอยู่กับเฉพาะสัดส่วนขนาดของไซโคลนเท่านั้น โดยไม่ขึ้นกับเงื่อนไขการทำงานของไซโคลนสำหรับค่า N_H ของไซโคลนรูปแบบมาตรฐานต่างๆ ก็แสดงอยู่ในตารางที่ 2.3

สำหรับความดันตกของไซโคลน ซึ่งมีหน่วยเป็น in.wg จะมีความสัมพันธ์กับค่า N_H ตามสมการดังต่อไปนี้

$$\Delta P = \left(\rho_g \frac{V_i^2}{2g} \frac{N_H}{\rho_w} = 0.003 \rho_g V_i^2 N_H \right) \quad (2.4)$$

เมื่อ ρ_g = ความหนาแน่นของอากาศ (หรือก๊าซ) ที่เข้าสู่ไซโคลน, lbm/ft³

ρ_w = ความหนาแน่นของน้ำ = 62.4 lbm/ft³ (ใช้เพื่อเปลี่ยนหน่วยของความดัน ให้เป็น in.wg)

V_i = ความเร็วของอากาศที่ช่องทางเข้าของไซโคลน , fps (ฟุต/วินาที)

g = ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก, 32.2 ft / s²

เมื่อพิจารณาจากสมการแล้วจะเห็นว่านอกจากจะขึ้นอยู่กับค่า N_H แล้วความดันตกของไซโคลนยังขึ้นกับความเร็วของอากาศที่ช่องทางเข้าของไซโคลนด้วย โดยค่าความดันตกจะแปรเปลี่ยนตามกำลังสองของอากาศที่ทางเข้าของไซโคลน หากอากาศไหลเข้าสู่ไซโคลนด้วยความเร็วสูงความดันตกที่เกิดขึ้นก็จะมีค่ามาก ซึ่งส่งผลต่อความดันตกหรือความต้านทานในการไหลรวมของระบบระบายอากาศ อย่างไรก็ตามการไหลของอากาศเข้าสู่ไซโคลนด้วยความเร็วที่มากจะช่วยให้อากาศหมุนวนในไซโคลนได้ดีขึ้นส่งผลให้ประสิทธิภาพการแยกฝุ่นของไซโคลนมีค่ามากขึ้น

โดยทั่วไป การออกแบบไซโคลนที่ดีไม่ควรให้ไซโคลนทำงานที่ความดันตกมากกว่า 10 in.wg โดยอาจใช้เกณฑ์ดังต่อไปนี้เป็นแนวทางพิจารณาค่าความดันตกของไซโคลนก็ได้ กล่าวคือ

สำหรับไซโคลนประสิทธิภาพสูงความดันตกจะมีค่าอยู่ในช่วง 8 – 10 in.wg และสำหรับไซโคลนที่ใช้งานกันทั่วไป ความดันตกจะมีค่าอยู่ในช่วง 2 - 8 in.wg ในการออกแบบ หากพบว่าความดันตกของไซโคลนมีค่ามากกว่า 10 in.wg หรือมากกว่าต้องการให้ทำการปรับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของตัวเรือนไซโคลนให้มีขนาดใหญ่ขึ้นซึ่งจะส่งผลให้ขนาดต่างๆของไซโคลนมีขนาดใหญ่ขึ้นตามไปด้วย หรือให้ทำการลดความเร็วที่ทางเข้าของไซโคลนซึ่งทำได้โดยการปรับขนาดของทางเข้าให้ใหญ่ขึ้นก็สามารถลดความดันตกได้เช่นกัน

เนื่องจากความเร็วของอากาศที่ช่องทางเข้าไซโคลนมีผลต่อประสิทธิภาพการแยกฝุ่นและความดันตกที่เกิดขึ้น ดังนั้น หากความเร็วที่เข้าสู่ไซโคลนมีค่ามากเกินไป ฝุ่นที่ถูกแยกออกจากอากาศที่ด้านล่างของไซโคลนอาจถูกหอบกลับเข้าสู่กระแสการหมุนวนของอากาศอีกแล้วไหลออกทางด้านบนซึ่งปรากฏการณ์เช่นนี้ทำให้ประสิทธิภาพในการแยกฝุ่นของไซโคลนลดลง หรือในกรณีที่ความเร็วที่ทางเข้ามีค่าต่ำเกินไปการหมุนวนของอากาศภายในไซโคลนอาจไม่ดีเพียงพอที่จะทำการแยกฝุ่นซึ่งก็ส่งผลให้ประสิทธิภาพการแยกฝุ่นของไซโคลนลดลงเช่นกัน ด้วยเหตุนี้ผู้ออกแบบควรเลือกใช้ความเร็วของอากาศให้มีค่าเหมาะสมซึ่งโดยทั่วไปจะมีค่าอยู่ในช่วง 50 – 70 fps (3000 – 4200 fpm)

ประสิทธิภาพการแยกฝุ่น

ด้วยเหตุที่รูปแบบการหมุนวนของอากาศภายในไซโคลนค่อนข้างซับซ้อน ดังนั้น การหาความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการแยกฝุ่นกับตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของไซโคลนจึงไม่ใช่เรื่องที่จะกระทำได้ง่ายนัก ในอดีตที่ผ่านมาได้มีนักวิจัยจำนวนมากที่พยายามหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้นโดยอาศัยทฤษฎีและการตั้งสมมุติฐานที่ต่างกันออกไป อย่างไรก็ตามมีเพียงบางทฤษฎีเท่านั้นที่ได้รับการยอมรับว่ามีความถูกต้องพอที่จะนำมาใช้ในการประเมินประสิทธิภาพการแยกฝุ่นของไซโคลนในเชิงปฏิบัติได้ ซึ่งทฤษฎีที่นำเสนอโดย Lapple ก็เป็นหนึ่งในนั้น

ก่อนที่ Lapple จะนำเสนอทฤษฎีที่ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพการแยกฝุ่นของไซโคลนได้มีงานวิจัยที่เสนอความสัมพันธ์ระหว่างขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กสุดของฝุ่นที่ไซโคลนสามารถแยกออกจากอากาศได้กับตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการทำงานหลายตัว งานวิจัยดังกล่าวนี้ (รวมถึงงานวิจัยของ Lapple ด้วยซึ่งจะกล่าวรายละเอียดในภายหลัง) ได้ตั้งอยู่บนสมมุติฐานที่ว่า การหมุนวนของอากาศชั้นนอกต้องมีจำนวนรอบของการหมุนเพียงพอที่ทำให้ฝุ่นที่จะทำการแยกได้รับผลของแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง โดยจะเรียกจำนวนรอบของการหมุนของอากาศ



๑, 385 8๙๙๖

ที่ว่ำนี่ว่า จำนวนการหมุนประสิทธิภาพ (number of effective turn) หรือ N_e ซึ่งเป็นตัวแปรที่ไม่มีหน่วย

สำหรับค่า N_e ของไซโคลนมาตรฐานรูปแบบต่างๆ สามารถคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้ 17 ตี.ค. 2551

$$N_e = \frac{1}{a} \left(h + \frac{H-h}{2} \right) \quad (2.5)$$

เมื่อ a = ความสูงของช่องทางเข้า , ft

H = ความสูงทั้งหมดของไซโคลน , ft

h = ความสูงของไซโคลนช่วงที่เป็นทรงกระบอก , ft

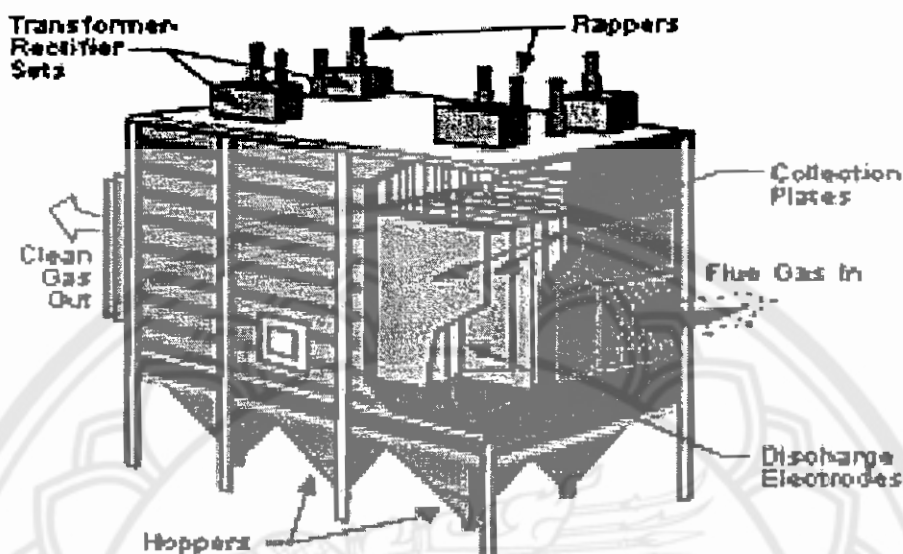
อุณหภูมิของอากาศก็เป็นหนึ่งตัวแปรที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการแยกฝุ่นของไซโคลน หากอุณหภูมิของอากาศมีค่าเพิ่มขึ้น ความหนืดของอากาศ(หรือก๊าซ)ก็จะเพิ่มขึ้น(ต่างจากกรณีของของเหลวที่ความหนืดจะลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น)ส่งผลให้แรงด้านการเคลื่อนที่ของฝุ่นจะมุ่งเข้าสู่ผนังของไซโคลน(จากแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง)ลักษณะเช่นนี้จะทำให้ประสิทธิภาพการแยกฝุ่นลดลง โดยปรากฏการณ์ดังกล่าวนี้จะเกิดเมื่ออุณหภูมิของอากาศมีค่าสูงกว่า 1000 °F อย่างไรก็ตาม หากอุณหภูมิของอากาศอยู่ในช่วง 40°F – 70°F ผลกระทบของความหนืดที่มีต่อประสิทธิภาพการแยกฝุ่นจะมีไม่มากซึ่งไม่ต้องนำมาพิจารณา นอกจากการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิจะส่งผลให้ความหนืดของอากาศมีค่าเพิ่มขึ้นแล้วยังส่งผลให้ความหนาแน่นของอากาศลดลงด้วย แต่โดยปกติจะไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการแยกฝุ่นมากนักเนื่องจากความหนาแน่นของอากาศมีค่าน้อยเมื่อเทียบกับความหนาแน่นของฝุ่น

2.7.2 การแยกด้วยหลักการไฟฟ้าสถิต (Electrostatic Precipitator)

การแยกด้วยหลักการไฟฟ้าสถิตเป็นระบบการแยกฝุ่นละอองด้วยการรวบรวมฝุ่นละอองที่ปะปนมากับแก๊สที่ปล่อยออกไปตามปล่องควันสู่บรรยากาศ มีหลักการทำงานคือ จะทำให้เกิดสนามไฟฟ้าสถิตขึ้น เมื่ออนุภาคของฝุ่นละอองผ่านสนามไฟฟ้าดังกล่าว จะทำให้เกิดประจุไฟฟ้าที่มีแรงเคลื่อนสูงถึง 6,000 โวลต์ และมีกระแสต่ำขึ้น เมื่อฝุ่นละอองที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ผ่านชุดรวบรวมฝุ่น (Collecting Unit) ก็จะถูกดูดซับให้ติดกับแผ่นรวบรวมฝุ่น (Collector Plates)

คุณลักษณะเฉพาะของการแยกด้วยหลักการไฟฟ้าสถิตที่สำคัญได้แก่ ค่าประสิทธิภาพการแยกอนุภาคของแข็งและฝุ่นละอองสูง ง่ายต่อการบำรุงรักษาและซ่อมแซม ค่าใช้จ่ายในการลงทุนต่ำ ส่วนการใช้งานจะนิยมใช้งานในโรงงานอุตสาหกรรมเคมีและโลหะการ อุตสาหกรรมการผลิตโลหะนอกกลุ่มเหล็ก หม้อไอน้ำ และอุตสาหกรรมเกี่ยวกับเตาเผาแบบต่าง ๆ

Figure 9. Conventional Electrostatic Precipitator



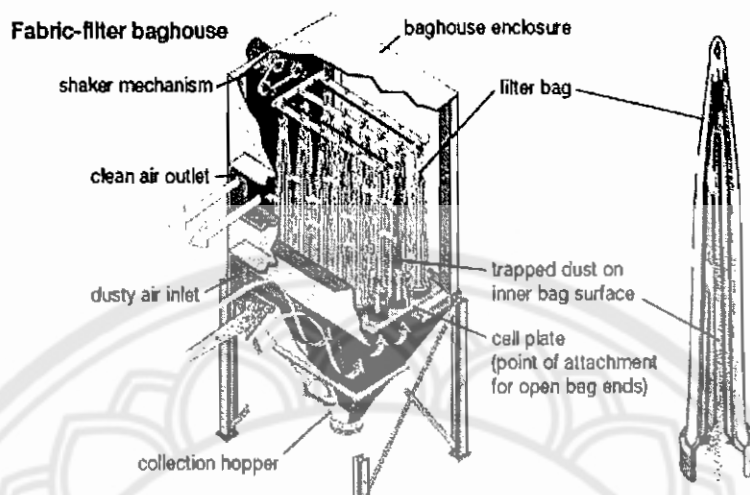
รูปที่ 2.9 แสดงอุปกรณ์แยกฝุ่นด้วยหลักการไฟฟ้าสถิต

(ที่มา : www.industrial.se-ed.com)

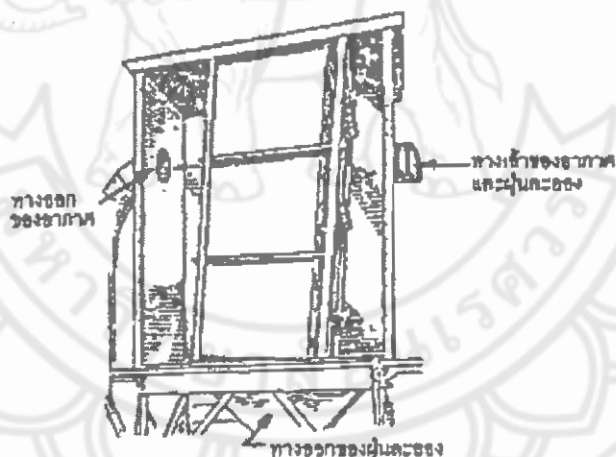
2.7.3. การแยกด้วยถุงกรอง (Bag Filter)

การแยกอนุภาคของแข็งและฝุ่นละอองด้วยถุงกรอง ชนิดที่ใช้ตัวกลาง (Filter Medium) เมื่อแก๊สภายใต้แรงดันซึ่งมีอนุภาคของแข็งและฝุ่นละอองผ่านไปยังถุงกรอง ก็จะถูกถุงกรองดักเอาฝุ่นละอองออกไปจากแก๊สดังกล่าว และทำการรวบรวมเอาฝุ่นละอองไปยังภาชนะรวบรวมซึ่งอยู่ส่วนล่างของอุปกรณ์ต่อไป

คุณลักษณะเฉพาะของการแยกด้วยถุงกรอง ได้แก่ สามารถยืดอายุการใช้งานของถุงกรองได้ด้วยการทำความสะอาดถุงกรองเมื่อเกิดการอุดตันขึ้น ไม่ก่อให้เกิดการกัดกร่อนหรือกัดเซาะที่ถุงกรอง และประสิทธิภาพการใช้งานสูงถึง 99 % ส่วนการใช้งานจะนิยมใช้งานในอุตสาหกรรมเคมี และปูนซีเมนต์ อุตสาหกรรมอาหารและย้อมผ้า หม้อไอน้ำ และในโรงงานอุตสาหกรรมที่มีฝุ่นละอองและอนุภาคของแข็งเกิดขึ้น



รูปที่ 2.10 แสดงอุปกรณ์แยกฝุ่นด้วยถุงกรอง
(ที่มา : www.industrial.se-ed.com)



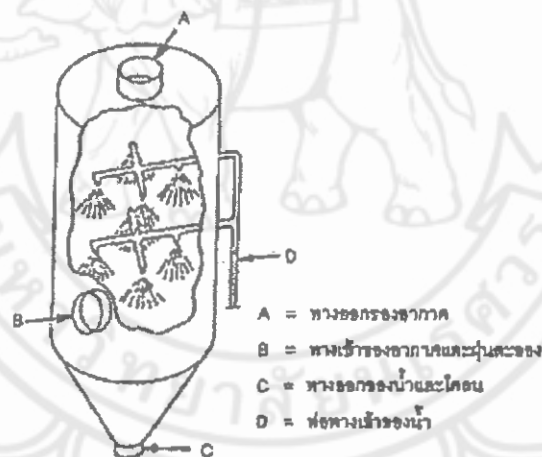
รูปที่ 2.11 แสดงลักษณะภายในของอุปกรณ์แยกฝุ่นด้วยถุงกรอง
(ที่มา : www.industrial.se-ed.com)

2.7.4. การแยกด้วยการรวมตัวกับความชื้น (Wet Scrubbing)

การแยกด้วยการก่อให้เกิดการรวมตัวกับความชื้น (Wet Scrubber) นั้นเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการแยกอนุภาคของแข็งและฝุ่นละอองขนาดเล็ก รวมถึงการกำจัดแก๊สอันตรายที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงประเภทถ่านหินอาทิแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_x) และแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_x) ออกจากอากาศเสีย ที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง ในการแยกจะใช้หลักการคือ การดูดซึม การควบแน่น การทำละลาย เป็นต้น เมื่ออนุภาคของแข็ง ฝุ่นละอองหรือแก๊ส ที่ต้องการแยกผ่านไปยัง

อุปกรณ์ซึ่งภายในจะมีหัวฉีดซึ่งทำหน้าที่ในการฉีดน้ำให้เป็นฝอยละเอียด ก็จะทำให้อนุภาคของแข็งและฝุ่นละอองเกิดการจับตัวกัน เนื่องจากละอองน้ำที่ถูกฉีดเข้ามาภายในอุปกรณ์นั่นเอง ในกรณีที่เป็นการแยกแก๊สอันตรายออกจากอากาศเสีย ที่เกิดจากการเผาไหม้ อาทิ การแยกแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ออกจากอากาศเสีย ซึ่งเกิดจากการเผาไหม้ถ่านหินลิกไนต์ จะใช้หลักการดูดซับโดยใช้สารดูดซับได้แก่ หินปูน หรือปูนขาว ทำปฏิกิริยาเคมี ทำให้เกิดการดูดซับแยกแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ออกจากอากาศเสียที่เกิดจากการเผาไหม้ได้ อุปกรณ์ดังกล่าวยังแบ่งออกเป็นอีกหลายลักษณะด้วยกัน ขึ้นอยู่กับขนาดของโรงงานอุตสาหกรรมและขนาดของอนุภาคของแข็งและฝุ่นละอองหรือแก๊สที่จะทำการแยก เราอาจแบ่งลักษณะของ Wet Scrubber ได้ดังต่อไปนี้

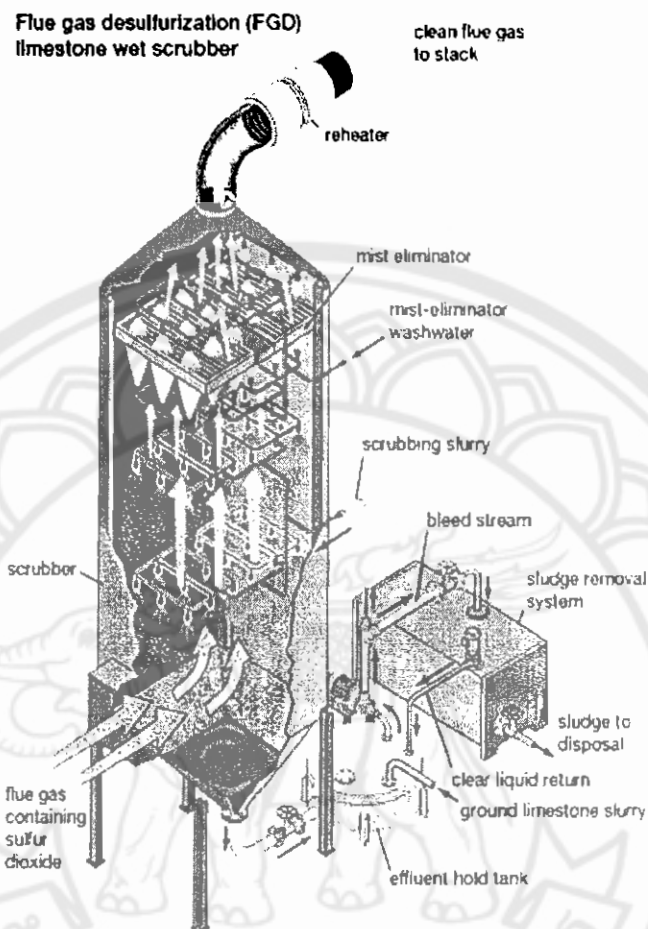
1. Spray Tower Scrubber
2. Impingement Spray Scrubber
3. Cyclone Spray Scrubber



รูปที่ 2.12 แสดงลักษณะภายในของ Spray Tower Scrubber

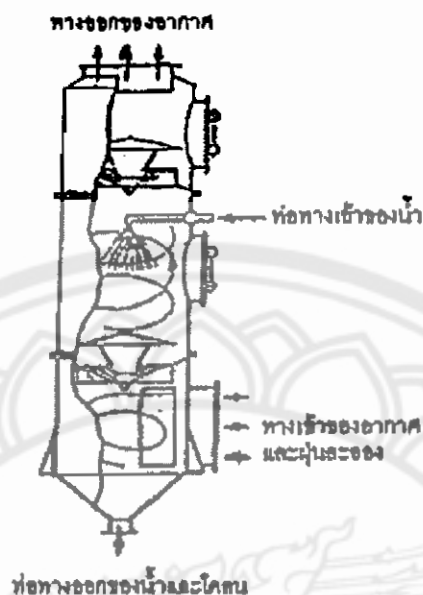
(ที่มา : www.industrial.se-ed.com)

รูปที่ 2.12 แสดงลักษณะภายในของ Spray Tower Scrubber ซึ่งมีลักษณะเป็นหอคอยภายในประกอบด้วยชุดหัวฉีดจำนวน 2 ชุด เมื่ออนุภาคของแข็งขนาดเล็กและฝุ่นละอองผ่านเข้าไปภายในอุปกรณ์ ก็จะถูกจับด้วยละอองน้ำซึ่งฉีดมาจากหัวฉีด ทำให้อนุภาคของแข็งและฝุ่นละอองกลายสภาพเป็นน้ำโคลน และไหลลงไปยังส่วนล่างของหอคอย ส่วนอากาศที่แยกตัวออกจากฝุ่นละอองก็จะเคลื่อนที่ขึ้นสู่ท่อทางออกบริเวณส่วนบนของหอคอย



รูปที่ 2.13 แสดงลักษณะภายในของ Impingement Spray Scrubber
(ที่มา : www.industrial.se-ed.com)

รูปที่ 2.13 แสดงลักษณะภายในของ Impingement Spray Scrubber ซึ่งมีลักษณะเป็นดังรูปทรงกระบอกภายในประกอบด้วยชุดหัวฉีด แผ่นกระทบจำนวน 2 ชุด มีลักษณะเป็นช่อง Orifice และแผ่นกระจายอากาศ เมื่ออนุภาคของแข็งและฝุ่นละอองผ่านเข้าไปยังถึงรูปทรงกระบอกบริเวณส่วนล่าง ก็จะถูกละอองน้ำจับรวมตัวเป็นน้ำโคลนไหลออกไปยังส่วนล่างของอุปกรณ์ ส่วนอากาศซึ่งถูกแยกตัวออกจากอนุภาคของแข็งและฝุ่นละออง จะเคลื่อนที่ผ่านแผ่นกระทบซึ่งมีลักษณะเป็นช่อง Orifice ก็จะทำให้ความเร็วของอากาศซึ่งเคลื่อนที่ผ่านช่อง Orifice มีค่าสูงขึ้น และละอองน้ำที่ปะปนมากับอากาศ ก็จะรวมตัวเป็นหยดน้ำบริเวณขอบของช่อง Orifice ไหลลงสู่ส่วนล่างของถังออกไปสู่ภายนอกพร้อมกับน้ำโคลน



รูปที่ 2.14 แสดงลักษณะภายในของ Cyclone Spray Scrubber
(ที่มา : www.industrial.se-ed.com)

รูปที่ 2.14 แสดงลักษณะภายในของ Cyclone Spray Scrubber ซึ่งมีลักษณะเป็นหอคอยภายในประกอบด้วยหัวฉีด และครีบน้ำ เมื่ออนุภาคของแข็งและฝุ่นละอองเคลื่อนที่ผ่านเข้าสู่ Cyclone ซึ่งจะออกแบบช่องทางเข้าให้เกิดการไหลของของไหลในแนวเส้นรอบวง ทำให้อากาศและฝุ่นละอองดังกล่าวเคลื่อนที่ในลักษณะหมุนเป็นเกลียวม้วนตัวขึ้นสู่ด้านบน และจะถูกรวมตัวกับละอองน้ำซึ่งถูกฉีดมาจากหัวฉีดบริเวณด้านบน ทำให้กลายสภาพเป็นน้ำโคลนไหลลงสู่ด้านล่างของ Cyclone อากาศที่ถูกแยกตัวจากอนุภาคของแข็งและฝุ่นละออง ก็จะเคลื่อนตัวในลักษณะเป็นเกลียวออกไปจากอุปกรณ์บริเวณท่อทางออกต่อไปคุณลักษณะเฉพาะของการแยกด้วยการรวมตัวกับความชื้น ได้แก่ สามารถใช้กับสภาพที่มีอุณหภูมิและความชื้นสูง ประสิทธิภาพในการแยกฝุ่นละอองขนาดเล็กสูง ประหยัดพื้นที่ในการติดตั้ง แยกได้ทั้งแก๊สอันตรายและฝุ่นละออง