บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

เนื่องจากปัจจุบันประเทศไทยมีการพัฒนาอุตสาหกรรมอย่างต่อเนื่องใน พ.ศ. 2547 มีโรงงานจดทะเบียนเป็นจำนวนมากกว่า 150,000 โรงงานสถานประกอบการแต่ละแห่งจะต้องมีอุปกรณ์สำหรับป้องกันมลพิษทางอากาศเพื่อให้เป็นไปตามข้อบังคับของกรมแรงงานอุตสาหกรรม เมื่อมลพิษทางอากาศเพิ่มมากขึ้น จึงจำเป็นต้องใช้ “ระบบบำบัดอากาศเสีย” เข้ามาบำบัดอุปกรณ์ที่นำมาใช้ในการบำบัดอากาศเสียที่เป็นที่นิยมได้แก่เครื่องดักจับด้วยหยดน้ำ

เครื่องดักจับด้วยหยดน้ำที่ทั่วไปรู้จักในชื่อ Wet Scrubber อาศัยหลักในการใช้ของเหลวดักจับฝุ่นสามารถดักฝุ่นละอองที่มีขนาดเล็กมากได้การใช้งานโดยมากอยู่ในรูปของหอโดยทำการพ่นของเหลวที่มีขนาดเล็กจากด้านบนเพื่อให้เกิดการจับกับมวลแก๊สและฝุ่นที่ลอยมาจากด้านล่าง กลไกในการดักฝุ่นคือการกระบทจากความเฉื่อยซึ่งเป็นกลไกหลักการสกัดกั้นและการแพร่ เครื่องดักจับด้วยหยดน้ำมีหลายชนิดเช่น Spray Tower, Venturi Scrubber (ซึ่งเป็นอุปกรณ์บำบัดฝุ่นชนิดเดียวที่สามารถบำบัดแก๊สที่ละลายน้ำและไอเสียได้ด้วย) ส่วนประกอบชิ้นสำคัญที่จะขาดไม่ได้ของ Wet Scrubber คือ Demister (บางครั้งเรียกว่า Mist Eliminator) ซึ่งอยู่ด้านบนสุดของระบบเป็น อุปกรณ์ที่ใช้ในการดักจับฝุ่นบางส่วน ที่อาจถูกละอองของเหลวพาให้ลอยออกไปด้านบนเครื่องดักจับด้วยหยอดน้ำสามารถดักจับฝุ่นที่มีขนดเล็กกว่า 1 ไมครอนที่มีข้อดีคือ สามารถกำจัดฝุ่นที่มีขนาดเล็กได้และหากใส่ตัวกลาง จะสามารถดักไอแก๊สได้อย่างดี และยังเป็นตัวช่วยลดอุณหภูมิของแก๊สด้วยอย่างไรก็ตามประสิทธิภาพในการกำจัดฝุ่นของเครื่องดักจับฝุ่นแบบสเปรย์น้ำโดยทั่วไปยังอยู่ในระดับต่ำ ถ้าต้องการประสิทธิภาพการบำบัดที่สูงขึ้น ก็ทำได้โดยการออกแบบให้มีหัวฉีดหลายๆ หัว แต่ก็ต้องใช้น้ำในปริมาณสูงด้วยเช่นกัน อีกทั้งน้ำที่ถูกปล่อยออกมาจากกระบวนการบำบัดอากาศก็ยังเป็นน้ำเสีย

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะการพัฒนาระบบการบำบัดฝุ่นอุตสาหกรรมชนิดเปียก แบบแรงดันน้ำสูง เพื่อที่จะพัฒนาระบบกำจัดฝุ่นแบบเปียกซึ่งใช้หลักความสมดุลระหว่างแรงดันน้ำกับอากาศโดยใช้หัวฉีดสเปรย์เพียง 1 หัว ทำการพ่นสเปรย์น้ำที่แรงดันน้ำสูง การพ่นสเปรย์น้ำที่แรงดันสูงยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดฝุ่นได้ประมาณ 90% ผู้วิจัยทำโครงการคาดหวังว่า จะสามารถนำไปศึกษาต่อหรือนำไปเป็นตัวอย่างเพื่อใช้ประโยชน์กับโรงงานอุตสาหกรรมต่อไป

1.2 จุดประสงค์ของโครงการ

1.1.1 เพื่อศึกษากระบวนการกำจัดอนุภาคฝุ่น ด้วยแรงดันน้ำสูง

1.1.2 ได้ต้นแบบการพัฒนาระบบการบำบัดฝุ่นอุตสาหกรรมชนิดเปียก แบบแรงดันน้ำสูง

1.3 ขอบเขตของโครงการ

1.3.1 ชุดโครงสร้างระบบการบำบัดฝุ่นอุตสาหกรรมชนิดเปียก แบบแรงดันน้ำสูง

1.3.2 ขนาดของอนุภาคฝุ่นที่ใช้ในการทดลองมีขนาด ต่ำกว่า 10 ไมครอน

1.3.3 ออกแบบโครงสร้างของเครื่องบำบัดมลภาวะทางอากาศจากกระบวนการเผาไหม้

1) Blower
2) ระบบหัวฉีด 1 หัวเพื่อสร้างละอองน้ำ
3) แผ่นดักจับละอองน้ำ มีขนาด Ø400 มิลลิลิตร หนา 2 มิลลิเมตร
4) ปั้มน้ำแรงดันสูงมีขนาด 112 บาร์
5) ใช้สแตนเลสในการทำตัวถังมีขนาด Ø400 มิลลิเมตร สูง 700 มิลลิเมตร
6) ถังหมุนเวียนน้ำจำนวน 1 ถัง เพื่อใช้ในการหมุนเวียนน้ำ
7) ใช้เหล็กกล่อง 1 นิ้ว ในการสร้างโครงสร้างของเครื่อง

1.3.4 หลักการทำงานของเครื่องบำบัดมลภาวะทางอากาศจากกระบวนการเผาไหม้ใช้ Blower ดูดให้อากาศเสียเข้าไป และใช้หัวฉีดสเปรย์น้ำที่ฉัดเป็นละอองน้ำลงมาจากด้านบน เมื่ออากาศเสียเข้าไปปะทะกับละอองน้ำตรงส่วนบ้านบนของตัวถังที่มีแรงดันสูง แรงเฉือนของการไหลจะมีค่าสูง เป็นสาเหตุให้มีการกระจายของกระแสน้ำก่อให้เกิดเป็นหยดน้ำละอองที่มีขนาดเล็กจับตัวกับอนุภาคฝุ่นและตกตะกอนลงไปในถัง

1.3.5 ระยะเวลาในการดำเนินงาน 1 ปีการศึกษา สถานที่จัดสร้างและทดสอบ ณ อาคารปฏิบัติการครุศาสตร์อุตสาหการ

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ผลสำเร็จและความคุ้มค่าของการวิจัยที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.2 ได้ต้นแบบการพัฒนาระบบการบำบัดฝุ่นอุตสาหกรรมชนิดเปียก แบบแรงดันน้ำสูง

1.4.3 ได้ลิขสิทธิ์ระบบการบำบัดฝุ่นอุตสาหกรรมชนิดเปียก แบบแรงดันน้ำสูง

1.4.4 ได้ระบบการบำบัดฝุ่นอุตสาหกรรมชนิดเปียก แบบแรงดันน้ำสูงไปใช้ในการบำบัดอากาศแก่อุตสาหกรรมระดับ SME

บทที่ 2
ทฤษฎีและผลงานที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีในการพัฒนาระบบการบำบัดฝุ่นอุตสาหกรรมชนิดเปียก แบบแรงดันน้ำสูง ที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี้

2.1 ปัญหามลภาวะทางอากาศ

เนื่องจากในปัจจุบัน มลพิษทางอากาศเป็นปัญหาที่สำคัญอีกหนึ่งปัญหา ท่ามกลางการพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีและอุตสาหกรรมต่างๆนั้นก็ได้มีส่วนที่ทำให้เกิดมลพิษทางอากาศด้วยเช่นกัน บางคนอาจคิดว่ามลพิษทางอากาศนั้นเป็นแค่เพียงฝุ่นละออง แต่ในความจริงแล้วมลพิษทางอากาศยังรวมไปถึงสารอันตรายประเภทต่างๆ ซึ่งส่งผลกระทบต่อการดำเนินชีวิต ไม่ว่าจะเป็นต่อสุขภาพของมนุษย์แล้ว ยังส่งผลต่อสิ่งแวดล้อมต่างๆซึ่งมีความจำเป็นในการดำรงชีวิตอีกด้วย ดังนั้นเราจึงควรศึกษาถึงแหล่งกำเนิดและผลกระทบของมลพิษ เพื่อหาวิธีป้องกันและแก้ไขเหล่าปัญหาที่จะเกิดขึ้น

แผนภาพที่ 2.1 ระบบภาวะมลพิษอากาศ

มลพิษทางอากาศ เกิดจากแหล่งกำเนิดทางธรรมชาติ และที่มนุษย์สร้างขึ้นโดยเกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ มลพิษทางอากาศมีหลายประเภท มีทั้งประเภทที่เป็นอันตราย และประเภททั่วไปซึ่งสิ่งเหล่านี้ ได้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและชีวิตมนุษย์ดังนั้นเราทุกคนจึงควรทำความรู้จักกับ สิ่งที่เกิดขึ้นเหล่านี้ ศึกษาข้อมูล ผลกระทบ และหาหนทางที่จะแก้ไขสิ่งที่เกิดขึ้นจากมลพิษทางอากาศ

คำจำกัดความ

มลพิษทางอากาศ(Air Pollution) หมายถึง สภาพอากาศที่มีสารเจือปน และถ้าสารเจือปนนี้สะสมอยู่ในอากาศ เป็นเวลานานๆ จะส่งผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ สัตว์ และพืชผลต่างๆ รวมทั้งสิ่งแวดล้อมรอบๆสภาพอากาศ ที่มีสารเจือปนเหล่านั้น

2.2 แหล่งกำเนิดมลพิษทางอากาศ

2.2.1 แหล่งกำเนิดตามธรรมชาติ

1) ภูเขาไฟระเบิด การที่เกิดภูเขาไฟระเบิดจะมีเขม่าพ้นออกมาในบรรยากาศจำนวนมาก ซึ่งเขม่าเหล่านั้นก็เป็นสิ่งหนึ่งที่ทำให้เกิดมลภาวะทางอากาศและเขม่าที่เกิดจากภูเขาไฟระเบิดจะสามารถอยู่ในอากาศได้นานนับปี

2) ไฟป่า เมื่อเกิดไฟป่าแต่ละครั้งจะเกิดควันขึ้นมาจำนวนมหาศาล ซึ่งควันที่เกิดจากไฟป่านั้นก็เป็นส่วนที่ทำให้เกิดมลพิษทางอากาศ

3) จุลินทรีย์ พวกจุลินทรีย์จะมีการย่อยสลายสิ่งต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นซากพืชซากสัตว์ ซึ่งในการย่อยสลายจะทำให้เกิดก๊าซแอมโมเนีย เป็นก๊าซที่ทำในเกิดกลิ่นเหม็น

4) อนุภาคมวลสาร อนุภาคสารจะเป็นอนุภาคขนาดเล็กซึ่งสามารถลอยไปตามอากาศ ซึ่งเป็นสาเหตุในเกิดโรคต่าง ๆ มากมาย

2.2.2 แหล่งกำเนิดที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์

1) การคมนาคม ปัจจุบันมีการขนส่งสินค้า การเดินทางเป็นจำนวนมากโดยการใช้ยานพาหนะต่างโดยเฉพาะรถยนต์ซึ่งเป็นต้นเหตุสำคัญที่สุด โดยที่รถยนต์จะปล่อยก๊าซพวกคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซไนตริกออกไซด์และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์รวมทั้งก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ ซึ่งก๊าซเหล่านี้เป็นต้นเหตุที่ทำให้เกิดมลพิษทางอากาศ

รูปที่ 2.1 การเผาไหม้ของเชื่อเพลิงจากโรงงานอุตสาหกรรม

2) โรงไฟฟ้า ในการที่จะผลิตการแสไฟฟ้าจะมีการเผาไหม้พลังงานจำนวนมหาศาล และในการเผาไหม้นั้นจะมีการปล่อยสารพวก ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์และอนุภาคของมวลสาร ต่าง ๆ ซึ่งเป็นสาเหตุทำในเกิดมลพิษทางอากาศ

3) การเผาไหม้ของเชื่อเพลิง การเผาไหม้เชื้อเพลิงเป็นสิ่งที่สำคัญในการใช้ชีวิตประจำวันที่เราใช้ในการดำเนินชีวิต แต่ในการเผาไหม้เหล่านั้นก็จะทำให้มีการปล่อยสารพวก ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ ไฮโดคาร์บอนและอนุภาคของมวลสารต่าง ๆ ซึ่งเป็นสารที่ทำในเกิดมลพิษทางอากาศ

4) การเผาขยะสิ่งปฏิกูล ปัจจุบันมีขยะเกิดขึ้นมากมายซึ่งก็นำมาการทำลายและการทำลายวิธีหนึ่งก็คือการเผาไหม้ซึ่งการเผาไหม้จะมีการปล่อยสารพวก สารประกอบไฮโดรคาร์บอน ออกไซด์ของไนโตรเจน ออกไซด์ของกำมะถัน คาร์บอนมอนอกไซด์และคาร์บอนไดออกไซด์เป็นต้นซึ่งเป็นสาเหตุทำในเกิดมลพิษทางอากาศ

5) โรงงานอุตสาหกรรม ปัจจุบันโลกมีการพัฒนาไปอย่างรวดเร็วและที่ตามมาพร้อมกันก็คือการเกิดโรงงานอุสาหกรรมขึ้นมาด้วยซึ่งโรงงานอุสาหกรรมเหล่านี้จะมีการใช้พลังงานและการเผาถ่านเชื้อเพลิงเป็นจำนวนมากซึ่งจะทำในเกิดการปล่อยสารจำพวก ฝุ่นละออง เขม่า ควัน ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซคาร์บอนมอนออกไซด์ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ และก๊าซพิษอื่น ๆ อีกหลายชนิด ก๊าซเหล่านี้ล้วนเป็นสาเหตุที่สำคัญในการก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ

2.3 ประเภทของมลพิษทางอากาศ

2.3.1 ประเภททั่วไป

1) คาร์บอนไดออกไซด์ : เกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงและสิ่งอื่นๆอย่างสมบูรณ์

2) คาร์บอนมอนอกไซด์ : เกิดจาการเผาไหม้เช่นเดียวกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ แต่เป็นการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ มักถูกปล่อยออกมาจากท่อไอเสียของรถยนต์เป็นส่วนใหญ่

3) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ : เป็นออกไซด์ของกำมะถันที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงถ่านหินและน้ำมัน

4) ออกไซด์ของไนโตรเจน : ซึ่งมักได้แก่ก๊าซไนตริคออกไซด์ และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ เป็นผลจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่อุณหภูมิสูง

5) ไฮโดรคาร์บอน : เกิดจากการระเหยของน้ำมันเป็นส่วนใหญ่ เช่น ฟอร์มาดีไฮด์ อัลดีไฮด์ และคีโทนด์

6) ละอองตะกั่ว : เป็นโลหะอ่อนสีเทาเงินอยู่ในรูปของสารประกอบอินทรีย์จำพวกเตตราเอทิลเลต

7) หมอกควัน : เป็นกลุ่มของหยดน้ำแขวนลอยอยู่ในอากาศ

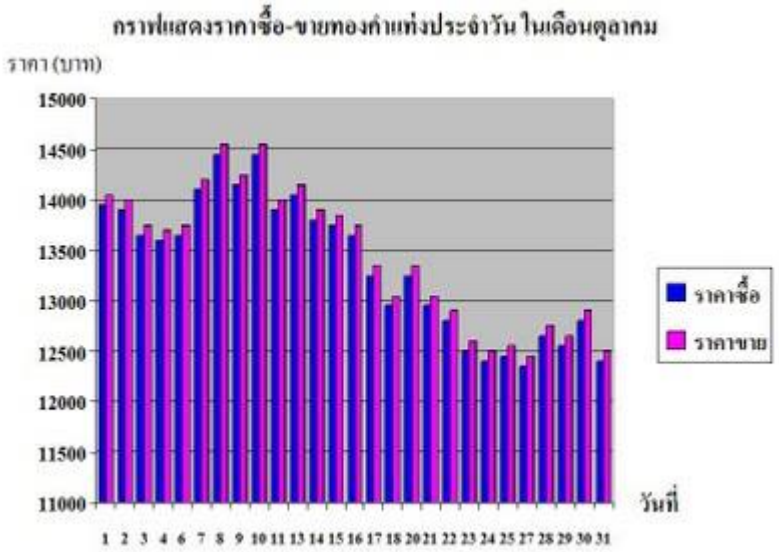
2.3.2 ประเภทสารอันตราย

1) ไอระเหยอินทรีย์

2) สารพวก HAPs : สารเหล่านี้มักถูกผสมอยู่ในพวกสี ตัวทำละลาย น้ำมัน ซึ่งมีแหล่งปล่อยออกมาจากยานยนต์ตามท้องถนน รวมทั้งเครื่องจักรกลด้วย

2.4 ผลกระทบที่เกิดจากมลพิษทางอากาศ

กราฟสรุป : ผลกระทบที่เกิดขึ้นในด้านต่างๆจากมลพิษทางอากาศ



แผนภูมิที่ 2.2 ผลกระทบที่เกิดขึ้นในด้านต่างๆจากมลพิษทางอากาศ

มลพิษทางอากาศนั้นได้ส่งผลกระทบหลายด้านดังสรุปในกราฟนั้นมีอยู่ด้วยกัน 4 ด้านคือ

2.4.1 ผลต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ : มนุษย์ได้รับผลทั้งทางตรงและทางอ้อมซึ่งล้วนแล้วแต่ไม่ใช้ผลดีต่อตัวมนุษย์เราทั้งสิ้น ผลกระทบโดยตรงคือการที่เราได้หายใจเอาสารพิษเข้าไปในร่างกายซึ่งจะส่งผลเสียต่อสุขภาพ ทำให้นำมาซึ่งโรคภัยไข้เจ็บต่างๆมากมาย เช่นส่งผลเสียต่อระบบหายใจและผิวหนัง ซึ่งเกิดการระคายเคืองเนื่องจากการทำปฏิกิริยาของสารเคมีที่มีอยู่ในอากาศ ถ้ามนุษย์อยู่ใน สภาพแวดล้อมอย่างนี้ก็จะมีแต่ทำให้สุขภาพแย่ลอง

2.4.2 ผลต่อพืช : เนื่องจากสารเคมีที่มีอยู่ในธรรมชาติส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืช โครงสร้างของพืชเช่นเซลล์และระบบต่างๆถูกทำลาย และสารเคมีบางชนิดยังส่งผลให้การเจริญเติบโต ของพืชถูกทำลายไป

2.4.3 ผลต่อสัตว์ : สัตว์นับเป็นสิ่งมีชีวิตเปรียบได้เช่นเดียวกับคนการที่สารเคมีและมลพิษในอากาศมีมากส่งผลกระทบกับคนก็เหมือนกับมลพิษเหล่านั้นได้ส่งผลเสียต่อสัตว์ด้วย

2.4.4 ผลต่อวัตถุและทรัพย์สิน : วัตถุและทรัพย์สิน เช่นอาคารและตึกจะถูกทำลาย เกิดความสกปรกกับอาคารหรือสิ่งของ และการกัดกร่อนด้วยสารเคมีที่ทำปฏิกิริยากัน เช่น ฝนกรดมีผล

ทำให้ตึก ต่างๆสูญเสียรูปทรง เพราะฝนกรดจะกัดกร่อนสิ่งต่างๆที่ที่เป็นปูน นอกจากนี้ฝุ่นและควันต่างๆ ทำให้สูญเสียการมองเห็น กล่าวคือลดระยะการมองเห็นนั่นเอง

นอกจากนี้กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมยังได้มีข้อมูลกล่าวมาว่าผลกระทบที่เกิดจากมลพิษทางอากาศก่อให้

1) เกิดสภาวะการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลก (ภาวะโลกร้อน)
2) ระดับน้ำทะเลสูงขึ้นและเกิดน้ำท่วมรุนแรงกว่าเดิม
3) ระบบนิเวศเปลี่ยนแปลง

2.5 การจัดการมลพิษทางอากาศ

การจัดการมลพิษทางอากาศมีหลายทางเช่น การควบคุมความสูงของปล่องระบายอากาศเพื่อให้ความเข้มข้นของสารพิษในอากาศได้เจือจาง ก่อนตกลงสู่พื้นดิน การควบคุมคุณภาพอากาศเสียที่ระบายออกมา นั้นก็สามารถทำได้โดยการเลือกใช้อุปกรณ์ที่สามารถกำจัดมลพิษได้ และควรใช้เชื้อเพลิงที่มีมลพิษต่ำ นอกจากนี้ การกำหนดมาตรฐานอากาศเสียของโรงงานอุตสาหกรรมก็เป็นอีกทางที่สามารถจัดการปัญหามลพิษได้นอกจากนี้แล้วการออกกฎหมายควบคุมโดยเฉพาะเรื่องควันดำ ก็เป็นอีกทางที่เป็นการป้องกัน การเกิดมลพิษทางอากาศด้วย

2.6 บทสรุป

ปัญหามลพิษทางอากาศปัจจุบันนี้ไม่ใช้เรื่องไกลตัวเราอีกต่อไปแล้วเราทุกคนควรร่วมมือกันเพื่อที่จะหาทางแก้ไขปัญหาเหล่านี้ เพราะคงไม่มีใครอยากให้ตัวเราหรือโลกของเราได้รับผลกระทบที่ร้ายแรงไปมากกว่านี้ จากการสำรวจประชากรในประเทศ พบว่า ร้อยละ 3.4 เห็นว่าปัญหามลพิษทางอากาศเป็นปัญหาที่สำคัญที่สุดของประเทศ ฉะนั้นปัญหามลพิษทางอากาศจึงเป็นปัญหาที่เราทุกคนต้องช่วยกันแก้ไขกันอย่างเร่งด่วน เพราะปัญหานี้นับวันยิ่งส่งผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมมากขึ้นอย่างไม่มีทีท่าว่าจะลดน้อยลงเลย สิ่งแวดล้มที่ไร้มลภาวะทางอากาศเป็นสิ่งสำคัญที่คนทุกคนต้องร่วมกันตระหนักถึง เพราะนอกจากส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตแล้วยังส่งผลในระดับโลก เช่น ภาวะโลกร้อนอีกด้วย อย่าให้ปัญหาเล็กๆต้องกลายเป็นปัญหาใหญ่ เราควรร่วมมือ ร่วมใจกันป้องกันและแก้ไขปัญหามลพิษทางอากาศตั้งแต่เนิ่นๆ

2.7 กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับมลพิษทางอากาศ

กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับมลพิษทางอากาศเป็นสิ่งที่จัดทำขึ้นหรือกำหนดขึ้นมา เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการดำรงกลยุทธ์และบังคับใช้มาตรการต่างๆ ที่ได้วางไว้ ให้มีประสิทธิผลในทางปฏิบัติ ซึ่งจะนำไปสู่การควบคุมและแก้ไขภาวะมลพิษทางอากาศ เพื่อรักษาอากาศให้มีคุณภาพที่ดี ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพอนามัยและความผาสุกของประชาชน ตลอดจนไม่ทำให้เกิดความเสียหายต่อสิ่งมีชีวิตและสภาวะแวดล้อมต่างๆ

กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย ที่เกี่ยวกับการควบคุมมลพิษทางอากาศ ได้กระจายอยู่ในกฎหมายแม่บทหลายๆ ฉบับ โดยมี พระราชบัญญัติ

ส่งเสริมและรักษาคุณภาพ สิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 เป็นกฎหมายพื้นฐานที่มีขอบข่ายครอบคลุมการป้องกันและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม และการควบคุมภาวะมลพิษทุกๆ ด้าน รวมถึงการป้องกันและรักษาคุณภาพอากาศและการควบคุม มลพิษทางอากาศด้วย นอกจากนี้ยังมีกฎหมายอื่นๆอีกหลายบทบัญญัติและข้อกำหนดที่สามารถใช้ควบคุม และป้องกันภาวะมลพิษทางอากาศได้ เช่น พระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535 พระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ.2535 เป็นต้น

2.8 เทคโนโลยีที่นิยมนำมาใช้ป้องกันและแก้ไขมลพิษทางอากาศจากโรงงานอุตสาหกรรม

การเลือกใช้อุปกรณ์สำหรับกำจัดสารมลพิษนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง ได้แก่ ประสิทธิภาพที่ต้องการในการกำจัด คุณสมบัติของสารมลพิษ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น การละลาย ขนาดของอนุภาค ความเข้มข้น ปริมาณของสารมลพิษ และลักษณะของกระบวนการผลิต ดังนั้นจึงสามารถแยกอุปกรณ์กำจัดสารพิษที่เหมาะสมกับลักษณะปัญหา ดังนี้

2.8.1 ห้องดักฝุ่น (Setting Chamber)เป็นห้องหรือภาชนะขนาดใหญ่ ฝุ่นที่เคลื่อนที่ผ่านจะตกลงยังพื้นห้องด้วยน้ำหนักของมันเอง จึงเหมาะสมกับฝุ่นหยาบๆ ขนาดใหญ่ หรือฝุ่นที่มีน้ำหนักมากระบบนี้ส่วยใหญ่เป็นระบบกำจัดขั้นต้น (Primary Treatment) ก่อนที่จะผ่านไปยังระบบ

2.8.2 ไซโคลน (Cyclone) เป็นอุปกรณ์ดักฝุ่นโดยอาศัยหลักการของแรงหนีศูนย์กลางไซโคลนแบบธรรมดาใช้ดักฝุ่นขนาด 50 ไมครอน (0.05 มม.) ขึ้นไปได้ดี ไซโคลนชนิดประสิทธิภาพสูง (High Efficiency Cyclone) ใช้ดักฝุ่นขนาดเล็ก ประมาณ 10 ไมครอน ขึ้นไปได้ดีตัวอย่างโรงงานที่ใช้ไซโคลนในการดักฝุ่นละอองเช่น โรงเลื่อยไม้ โรงงานผสมอาหารสัตว์ ขี้เถ้าแกลบ และฝุ่นละอองจากการขัดโลหะเป็นต้น

2.8.3 ระบบผ้ากรอง (Bag Filter) เป็นระบบขจัดฝุ่นละอองขนาดเล็กละเอียดใช้ในกรณีที่ต้องการประสิทธิภาพในการขจัดสูง โดยอาศัยการกรองด้วยถุงผ้า ถุงผ้าอาจทำด้วยผ้าฝ้ายหรือใยสังเคราะห์ซึ่งทอพิเศษ ระบบนี้ใช้ดักฝุ่นละอองจากการผสมเคมีและยาง ฝุ่นจากการขัดไม้และโลหะฝุ่นจากการหลอมตะกั่ว ฝุ่นจากการหลอมโลหะ ฝุ่นซีเมนต์ ฝุ่นจากการพ่นยิงทราย ฝุ่นละอองจากการผสมหรือบดวัตถุดิบชนิดผงที่ต้องการประสิทธิภาพในการเก็บสูง เป็นต้น

2.8.4 ระบบดักฝุ่นโดยอาศัยประจุไฟฟ้า (Electrostatic Precipitator) ระบบนี้ใช้ดักฝุ่นละเอียดเช่นเดียวกับ Bag Filter เหมาะสำหรับโรงงานขนาดใหญ่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ เช่น โรงงานปูนซีเมนต์ โรงงานถลุงเหล็ก เป็นต้น

2.8.5 ระบบดักบนผิวตัวกลาง (Packed Scrubber**)** เป็นระบบขจัดมลสารที่เป็นก๊าซหรือขจัดฝุ่นละออง ขนาดเล็กปานกลางใช้กับลักษณะงานทั่วไป เช่น ระบบขจัดไอกรดจากการชุบโลหะ ระบบขจัดไอสารเคมี ในกรณีที่ไอสารนั้นๆ สามารถถูกดูดซับหรือละลายในของเหลวที่ใช้ฉีดเป็นตัวกลางดูดซับในระบบได้ ระบบขจัดฝุ่นละอองและไอสารเคมีจากการหลอมโลหะและระบบขจัดกลิ่นจากโรงงานปลาป่น เป็นต้น

2.8.6 ระบบดักฝุ่นแบบเปียก (Wet Scrubber) จะทำงานโดยอาศัยการสัมผัสกันระหว่างฝุ่น (หรือสารปนเปื้อนที่เป็นก๊าซและไอ) กับของเหลวซึ่งปกติคือน้ำ การสัมผัสกันนี้จะทำให้ของเหลวรวมตัว

กับฝุ่นส่งผลให้ฝุ่นมีขนาดใหญ่ขึ้นและแยกตัวออกจากกอากาศ โดยฝุ่นที่ถูกแยกออกมาจะมีลักษณะคล้ายโคลน (Sludge) ในกรณีที่เป็นฝุ่นละเอียดของเหลวที่ใช้จะต้องมีลักษณะเป็นหยดเล็กๆหรือเป็นละอองฝอยและต้องไหลหรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงซึ่งเป็นลักษณะเช่นนี้ต้องใช้พลังงานมากโดยพลังงานที่ใช้เพื่อการทำให้ของเหลวสัมผัสกับฝุ่นถือเป็นตัวแปรสำคัญที่ส่งผลต่อค่าใช้จ่ายในการทำงานของเครื่องดักฝุ่นแบบนี้

เครื่องดักฝุ่นแบบเปียกนี้ยังสามารถแบ่งย่อยได้หลายชนิดแต่ทุกชนิดก็จะมีลักการทำงานเหมือนกันโดยจะประกอบไปด้วยกระบวนการที่สำคัญ 3 กระบวนการ ได้แก่

1) กระบวนการเพิ่มความชื้นให้อากาศ (Air Humidification)
2) กระบวนการสัมผัสกันระหว่างอากาศและของเหลว (Air-Liquid Contact)
3) กระบวนการแยกของเหลวออกจากอากาศ (Liquid-Air Separation)

กระบวนการเพิ่มความชื้นให้อากาศถือเป็นกระบวนการแรกของการดักฝุ่น ซึ่งกระทำได้โดยการพ่นของเหลวเข้ามาในกระแสการไหลของอากาศซึ่งมีฝุ่น (หรือสารปนเปื้อนอื่น) ไหลปะปนมาด้วย กระบวนการนี้จะช่วยให้อุณหภูมิของอากาศมีค่าลดลงอันเป็นผลให้อัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศที่ไหลออกจากเครื่องดักฝุ่นมีค่าลดลงด้วย สิ่งนี้จะช่วยลดพลังงานที่ป้อนให้แก่พัดลมที่ใช้ในระบบหรือทำให้เราสามารถใช้พัดลมที่มีขนาดเล็กลงได้

กระบวนการสัมผัสกันระหว่างอากาศ (รวมถึงฝุ่นด้วย) และของเหลวถือเป็นกระบวนการที่สำคัญที่สุดซึ่งส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพการแยกฝุ่น หากเวลาที่อากาศและของเหลวสัมผัสกันมีมากประสิทธิภาพการแยกฝุ่นก็จะยิ่งมาก เมื่อทั้งอากาศและของเหลวสัมผัสกันจะรวมตัวกันจนมีขนาดใหญ่ขึ้น (มีลักษณะเป็นหยดของเหลว) และเมื่อมีขนาดใหญ่ขึ้นก็จะตกลงสู่ด้านล่างด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก ส่วนหยดของเหลวที่มีขนาดเล็กจะถูกอากาศพัดพาขึ้นสู่ด้านบน

กระบวนการแยกของเหลวออกจากอากาศเป็นกระบวนการสุดท้ายของการดักฝุ่น ซึ่งกระบวนการนี้จะช่วยไม่ให้หยดของเหลวขนาดเล็กถูกอากาศพัดพาหรือหอบออกสู่บรรยากาศ ซึ่งถือเป็นการสิ้นเปลืองของเหลวที่ใช้และยังอาจก่อให้เกิดความรำคาญแก่ชุมชนใกล้เคียงอีกด้วย การแยกของเหลวและอากาศออกจากกันสามารถทำได้โดยใช้อุปกรณ์แยกของเหลว (Mist Eliminator) ซึ่งทำงานโดยให้ของเหลวเปลี่ยนแปลงทิศทางการไหลอย่างฉับพลัน อุปกรณ์แยกของเหลวนี้มักติดตั้งที่ทางออกของเครื่องดักฝุ่นแบบเปียก

2.9 ภาวะมาตรฐานอากาศ

อากาศที่อยู่ในภาวะมาตรฐาน (Air Standard Condition) หมายถึงอากาศแห้ง (Dry Air) ที่มีความดันเท่ากับ 1 บรรยากาศมีอุณหภูมิ 70 °F และมีความหมายเท่ากับ 0.075 lbm/ft ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างความดัน อุณหภูมิ และความหนาแน่นของอากาศสามารถแสดงได้ด้วยสมการของก๊าซอุดมคติกล่าวคือ

$$P=\rho R \qquad \text{.....(2.1)}$$

เมื่อ ρ = ความหนาแน่น,lb / f t^3

P = ความดันสัมบูรณ์,psfa (ปอนด์ / ตารางฟุต)

R = ค่าคงที่ของอากาศ ที่มีค่าเท่ากับ 53.35 ft.lbf / lbm.R

T = อุณหภูมิสมบูรณ์ของอากาศ,R ซึ่ง T (R) = T(F)+460

หากอากาศมีอุณหภูมิต่างจากภาวะมาตรฐานจะส่งผลให้ความหนาแน่นของอากาศเปลี่ยนแปลง ไปกล่าวคือ ความหนาแน่นของอากาศจะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความหนาแน่นของอากาศที่ภาวะใดๆ เมื่อเทียบกับภาวะมาตรฐานสามารถทำได้โดยการพิจารณาจากสมการของก๊าซอุดมคติข้างต้นโดยกำหนดให้ความดันของอากาศมีค่าคงที่และพิจารณาให้เป็นอากาศแห้ง วิ่งจะได้ว่า (ฉัตรชัย นิมนล; ระบบกำจัดฝุ่นและระบายอากาศ)

$$\rho T = \rho T_{SPT} \text{ หรือ} \rho = \rho T_{SPT}\left[\frac{Tspt}{T}\right] \qquad \text{.....(2.2)}$$

สัญลักษณ์กำกับล่าง STP แทนสภาวะมาตรฐานอากาศ โดยย่อมาจาก Standard Temperature and Pressureสำหรับสภาวะมาตรฐานจะได้ว่า

$$\rho T_{SPT} = 0.075 \text{ lbm / ft}^3 \text{และ} \rho T_{SPT} = 70\ ^\circ F + 460 = 530R \qquad \text{.....(2.3)}$$

ดังนั้น ความหนาแน่นของอากาศที่ภาวะใดๆ ซึ่งมีอุณหภูมิสมบูรณ์ T จึงหาได้จาก

$$\rho = 0.075\left(\frac{530}{T}\right) \qquad \text{..... (2.4)}$$

ความสัมพันธ์ตามสมการนี้มีประโยชน์มากสำหรับการออกแบบระบบระบายอากาศซึ่งความหนาแน่นที่เปลี่ยนแปลงนี้จะส่งผลโดยตรงต่อการออกแบบระบบนอกจากนี้การที่ความหนาแน่นของอากาศเปลี่ยนแปลงไปจากความหนาแน่นที่ภาวะมาตรฐานไม่ว่าจะด้วยสาเหตุใดก็ตามย่อมส่งผลต่อตัวแปรอื่นที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของระบบ เช่น ความเร็ว ความดัน หรืออัตราการไหลของอากาศ

2.10 อัตราการไหลของอากาศ

นิยมวัดในลักษณะของอัตราการไหลเชิงปริมาตรซึ่งแทนด้วย Q โดยมีหน่วยเป็นลูกบาศก์ฟุต / นาที หรือ cfmโดยสามารถหาได้จาก

$$Q = AV \qquad \text{.....(2.5)}$$

เมื่อ A = พื้นที่หน้าตัดของช่องทางการไหล,ft^2

V = ความเร็วเฉลี่ยของอากาศ, fpm (ฟุต/นาที)

Q = อัตราการไหลเชิงปริมาตร มีหน่วยเป็น Cpm

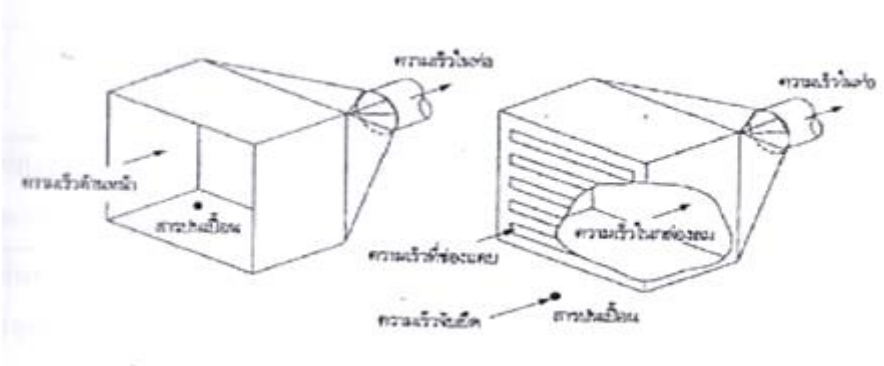
สำหรับอัตราการไหลเชิงมวล หรือ m สามารถหาได้โดยคูณหาความหนาแน่นของอากาศกับอัตราการไหลเชิงปริมาตรในสมการ กล่าวคือ $m= \rho q = \rho AV$

2.10.1 รูปแบบความเร็วที่เกี่ยวข้องกับหัวดูด เนื่องจากหัวดูดมีลักษณะที่แตกต่างกันมากมาย ดังนั้น การทราบถึงรูปแบบและนิยามความเร็วของอากาศที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของหัวดูดจึงเป็นสิ่งสำคัญ ดังรูป 2.2 ที่แสดงให้เห็นถึงตำแหน่งของความเร็วรูปแบบต่างๆ ซึ่งความเร็วแต่ละรูปแบบจะมีนิยมดังต่อไปนี้

1) ความเร็วด้านหน้า (Face Velocity) คือความเร็วของอากาศที่ช้องเปิดของหัวดูดที่มีค่ามากพอที่จะดึงสารปนเปื้อนที่อยู่ภายในหัวดูดปิดล้อมให้เข้าสู่ระบบท่อได้โดยความเร็วด้านหน้านี้จะมีความสำคัญต่อการออกแบบหัวดูดปิดล้อม (ที่มา ; ฉัตรชัย นิมมล; ระบบกำจัดฝุ่นและระบายอากาศ; 2548)

2) ความเร็วด้านหน้า (Capture Velocity) คือความเร็วของอากาศที่จุดใดๆ บริเวณด้านหน้าหัวดูดหรือบริเวณช่องปิดหัวดูดซึ่งมีค่ามากพอสำหรับดึงสารปนเปื้อนซึ่งอยู่ภายในหัวดูดให้เข้าสู่ระบบท่อได้โดยความเร็วจับยึดจะมีความสำคัญต่อการออกแบบหัวดูดภายนอก

3) ความเร็วที่ช่องแคบ (Slot Velocity) คือ ความเร็วของอากาศที่ไหลผ่านช่องแคบ โดยช่องแคบจะมีลักษณะเป็นช่องเปิดปากเรียบ ที่มีอัตราส่วนของความกว้างต่อความยาวหรืออัตราส่วนด้าน (Aspect Ratio) ของช่องเปิดมากกว่าหรือเท่ากับ 0.2 สำหรับวัตถุประสงค์ของการใช้หัวดูดแบบช่องแคบนี้ก็เพื่อต้องการให้อากาศไหลผ่านด้านหน้าของหัวดูดมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ



รูปที่ 2.2 รูปแบบของความเร็วที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของหัวดูด

4) ความเร็วในกล่องลม (Plenum Velocity) คือ ความเร็วของอากาศภายในกล่องลมโดยทั่วไปแล้วค่าสูงสุดของความเร็วในกล่องลมสำหรับหัวดูดที่มีการติดตั้งช่องแคบควรมีค่าเป็นครึ่งหนึ่ง (หรือน้อยกว่า) ของความเร็วที่ช่องแคบ ทั้งนี้ก็เพื่อให้เกิดการกระจายตัวของอากาศ

5) ความเร็วในท่อ (Duct Velocity ; V) คือ ความเร็วของอากาศที่ไหลผ่านหน้าตัดท่อ ในกรณีที่มีสารปนเปื้อนในอนุภาคของแข็ง (ฝุ่น) ปะปนมากับอากาศ ความเร็วในท่อมีค่าเท่ากับหรือมากกว่าความเร็วต่ำสุดที่ต้องการสำหรับพาสารปนเปื้อนดังกล่าวให้ไหลไปพร้อมกับอากาศได้โดยไม่เกิดการตกค้างในระบบ

2.10.2 อัตราการไหลของอากาศที่ต้องการ การประเมินการไหลหรือปริมาตรของอากาศที่ต้องการเพื่อดึงสารปนเปื้อนให้เข้าสู่ระบบ ถือเป็นเรื่องสำคัญที่ต้องนำมาพิจารณาเป็นสิ่งแรกในการออกแบบระบบระบายอากาศเฉพาะจุด โดยตัวแปรหลักที่ส่งผลโดยตรงต่ออัตราการไหลของอากาศที่ไหลผ่านหัวดูด ก็คือความเร็วจับยึด (สำหรับหัวดูดภายนอก) และความเร็วด้านหน้า (สำหรับหัวดูดปิดล้อม) ในที่นี้จะแสดงให้เห็นถึงหลักการประเมินอัตราการไหลของอากาศที่ต้องการสำหรับหัวดูดทั้งสองชนิด

กรณีหัวดุดภายนอก ก่อนที่จะกล่าวถึงวิธีการหาอัตราการไหลที่ต้องการสำหรับหัวดูดภายนอกเราจำเป็นต้องทราบถึงรายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับความเร็วจับยึด คือ ความเร็วของอากาศบริเวณด้านหน้าหัวดูดที่ใช้สำหรับดึงสารปนเปื้อนที่อยู่ภายนอกให้เข้าสู่หัวดูดซึ่งจะต้องมีค่ามากพอด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นต้องกำหนดอัตราการไหลของอากาศที่ไหลผ่านหัวดูดด้วย โดยค่าของความเร็วจับยึดที่ใช้เป็นแนวทางในการออกแบบสามารถดูได้จากตารางที่ 2.1

ตาราง 2.1 แสดงความเร็วจับยึดที่จำแนกตามลักษณะการแพร่กระจายของสารปนเปื้อน

ลักษณะการแพร่กระจายของสารปนเปื้อน	ความเร็วจับยึด,fpm	ตัวอย่าง
แพร่กระจายโดยธรรมชาติสู่อาอากาศภายนอกที่อยู่นิ่ง	50-100 (0.25-0.5 m / s)	การระเหยของไอจากถังสูบ
แพร่กระจายด้วยความเร็วต่ำสู่อากาศภายนอกที่เคลื่อนที่เล็กน้อย	100-500 (0.5-0.1 m / s)	การเติมวัสดุเป็นช่วงการขนถ่ายวัสดุที่ความเร็วต่ำ การเชื่อมและการชุบโลหะ
แพร่กระจายด้วยการถูกกระตุ้นให้เข้าสู่บริเวณที่อากาศเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง	200-500 (1.0-2.5 m / s)	การพ่นสีในคอกกั้นการเติมวัสดุลงถัง การกระจายวัสดุออกมา
แพร่กระจายด้วยความเร็วเริ่มต้นเข้าสู่บริเวณที่อากาศเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง	500-200 (2.5-10 m / s)	การตกของวัสดุจากที่สูงกระทบวัสดุของ

(ที่มา ;ฉัตรชัย นิยมล; ระบบกำจัดฝุ่นแบบระบายอากาศ)

ด้วยเหตุนี้ที่ความเร็วจับยึดในตารางที่ 2.1 ได้แสดงในลักษณะของช่วงความเร็ว กล่าวคือจะมีค่าต่ำและค่าสูงในแต่ละลักษณะการแพร่กระจายของสารปนเปื้อน ดังนั้น การพิจารณาว่าจะได้ใช้ค่าความเร็วจับยึดในช่วงใด สำหรับการการออกแบบหัวดูดให้พิจารณาองค์ประกอบอื่นๆ ที่ส่งผลกระทบต่อการทำงานของหัวดูดด้วย ความเร็วของอากาศในสิ่งแวดล้อมซึ่งอยู่รอบหัวดูดจะมีอิทธิพลมากต่อการออกแบบหัวดูดภายนอกรวมถึงหัวดูดที่ใช้กับกระบวนการทางความร้อน ซึ่งโดยปกติแล้วความเร็วดังกล่าวจะอยู่ในช่วง 200 – 300 fpm ก็อาจจะส่งผลให้สารปนเปื้อนถูกพัดพาให้มีทิศทางเบี่ยงเบนลักษณะนี้ควรติดตั้งแผ่นกั้นเพื่อป้องกันไม่ให้การไหลของอากาศที่มีความเร็วสูงไปรบกวนการทำงานของตัวเครื่องดูด ในบางกรณีความเร็วจับยึดที่ใช้อาจต้องมีค่ามากกว่าค่าใน ตารางที่ 2.1 หรืออาณาบริเวณที่อยู่ภายใต้ อิทธิพลของความเร็วจับยึดอาจต้องขยายมากกว่าปกติ ตัวอย่างเช่น ในกระบวนการขนถ่ายหรือลำเลียงวัสดุที่เป็นอนุภาคของแข็ง (เช่น หิน ทราย หรือเมล็ดพืช) เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปรงทิศทางการลำเลียงวัสดุที่กำลังลำเลียงหรือขนถ่ายจะไปแทนที่ในอากาศดังกล่าว ส่งผลให้อากาศและวัสดุที่มีความละเอียดมากบางส่วนฟุ้งกระจายเป็นวงกว้าง ดังนั้น ปริมาณอากาศที่ต้องการให้ไหลผ่านหัวดูดเพื่อควบคุมการฟุ้งกระจายต้องมีมากกว่าปกติ พิจารณาการไหลของอากาศที่ไหลเข้าสู่หัวดูดภายนอกซึ่งมีลักษณะเป็นปากท่อเปิด โดยทฤษฎีแล้วแรงดูดจากพัดลมจะพยายามดึงอากาศจากภายนอก (และสารปนเปื้อน) ให้เข้าสู่ปากท่อเปิดได้มีลักษณะเป็นทรงกลมโดยสารปนเปื้อนที่อยู่ในบริเวณดังกล่าวจะเล็ดลอดออกสู่สิ่งแวดล้อม หากบริเวณดังกล่าวมีค่ารัศมีเท่ากับ X อากาศที่ไหลเข้าสู่ปากท่อเปิดก็ต้องไหลผ่านพื้นผิวบริเวณที่มีค่ารัศมีเท่ากับ X ด้วยซึ่งในที่นี้คือพื้นผิวทรงกลมนั่นเอง ดังนั้น เราจึงสามารถหาความเร็วจับยึด (V) ที่จุดใดๆ บนผิวทรงกลมที่จินตนาการขึ้นมานี้ได้จากความสัมพันธ์ V=Q/A โดยอัตราการไหลของอากาศที่ไหลเข้าสู่บริเวณนี้ (Q) จะมีค่าเป็น

$$Q = AV\ 4\pi X^2 V = = 12.5X^2 V \qquad \text{.....(2.6)}$$

จะเห็นได้ว่า ความเร็วจับยึดจะแปรผกผันกับกำลังสองของระยะระหว่างปากท่อเปิดกับตำแหน่งของสารปนเปื้อน (X) นั่นคือ ความเร็วจับยึดจะมีค่าลดลงเมื่อระยะห่างระหว่างปากท่อเปิดและสารปนเปื้อนเพิ่มขึ้น

2.11 ระบบท่อ

โดยทั่วไปแล้วท่อที่ใช้ในระบบระบายอากาศเฉพาะจุดมักเป็นท่อหน้าตัดวงกลมซึ่งจะทำได้โดยการนำแผ่นเหล็กเคลือบสังกะสี หรือเหล็กดำ มาม้วนกลายเป็นท่อจากนั้นจึงทำการยึดรอยต่อแนวยาวซึ่งวัสดุแต่ละชนิดจะขึ้นอยู่กับลักษณะของสารปนเปื้อน และลักษณะของกระบวนการผลิต เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อที่ใช้กันจะมีตั้งแต่ขนาดเล็ก (3 นิ้ว) เรื่อยไปจนถึงขนาดใหญ่ (มากกว่า 3 นิ้ว) โดยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางจะเพิ่มขึ้นครั้งละ 0.5 นิ้ว สำหรับท่อที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 5.5 และเพิ่มขึ้นเกินครั้งละ 1 นิ้ว สำหรับท่อที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 5.5 – 20 นิ้ว และเพิ่มขึ้นครั้งละ 2 นิ้วสำหรับที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 22 นิ้ว เมื่อท่อมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพิ่มขึ้นความหนาของท่อก็เพิ่มขึ้นด้วยเพื่อให้ผนังท่อเกิดความแข็งแรงขึ้นการแบ่งกลุ่มของท่อจะพิจารณาจากคุณลักษณะและความเข้มข้นสารปนเปื้อนรวมถึงลักษณะของงานที่จะนำไปใช้ โดยรายละเอียดของท่อแต่ละกลุ่มแสดงในตารางที่ 2.2

กลุ่มที่ 1 (Class I) : งานไม่มีการขัดสีของสารปนเปื้อน เช่น การพ่นสีงานแปรรูป

กลุ่มที่ 2 (Class II) : สารปนเปื้อนที่มีความสามารถในการขัดสีปานกลางหรือมีความสามารถในการขัดสีสูงแต่ความเข้มข้นต่ำ เช่น การเจียระไนหรือขัดผิวโลหะ

กลุ่มที่ 3 (Class II) : สารปนเปื้อนที่มีความสามารถในการขัดสีสูงเข้มข้นปานกลางถึงมาก เช่น การทำความสะอาดผิวชิ้นงาน การพ่นทราย การโม่หิน การตัดขาด งานหล่อโลหะ

กลุ่ม 4 (Class IV) : สารปนเปื้อนที่มีความเข้มข้นมาก อัตราการผลิตสูง

ตารางที่ 2.2 ความหนาแน่นของท่อตามมาตรฐานสหรัฐอเมริกา

เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ	ความหนา (US Standard Gauge)			
	(Class I)	(Class II)	(Class II)	(Class IV)
8 in และน้อยกว่า	24	22	20	16
มากกว่า 8–18 in	22	20	18	16
มากกว่า 18–90 in	20	18	16	14
มากกว่า 30 in	18	16	14	12

2.11.1 ความเร็วต่ำสุดของอากาศในท่อในการคำนวณค่าความดันที่สูญเสียในระบบท่อ รวมถึงการหาขนาดท่อที่ใช้สำหรับระบบระบายอากาศเฉพาะจุดนั้น ตัวแปรที่มีบทบาทสำคัญจะไหลปะปนเข้า

มากับอากาศ มีลักษณะเป็นอนุภาค เช่น ในกรณีที่เป็นสารปนเปื้อนซึ่งจะมีลักษณะเป็นอนุภาคของแข็ง (เช่น ฝุ่นหรือเศษโลหะ) ความเร็วของอากาศจะต้องมีค่ามากเพียงพอที่จะไม่ทำให้สารปนเปื้อนเกิดการตกค้างหรืออุดตันในระบบท่อซึ่งโดยทั่วไปจะเรียกความเร็วดังกล่าวนี้ว่า ความเร็วต่ำสุดของอากาศในท่อ (Minimum Duct Velocity; V) หรือความเร็วต่ำสุดในการขนถ่าย (Minimum Transport Velocity) การใช้ความเร็วของอากาศในท่อที่มีมากเกิดไปก็จะทำให้อัตราการไหลของอากาศมีค่าสูงขึ้นตามไปด้วยซึ่งจะส่งผลให้สิ้นเปลืองพลังงานที่ต้องป้อนให้แก่พัดลม และนอกจากนี้ยังทำให้เกิดการสึกหรอของระบบท่ออันเนื่องมาจากการเสียดสีของสารปนเปื้อนนี้ด้วย ความเร็วต่ำสุดของอากาศในท่อสำหรับปนเปื้อนชนิดต่างๆ สามารถดูได้จากตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ความเร็วต่ำสุดของอากาศในท่อ

ชนิดของสารปนเปื้อน	ความเร็วต่ำสุดของอากาศ,fpm	ตัวอย่าง
ไอก๊าซและควัน	1,000-2,000 (5-10 m/s)	ไอก๊าซและควันที่เกิดจากกระบวนการทางอุตสาหกรรมทุกรูปแบบ
ไอเสีย	2,000-2,500 (5-13 m/s)	ไอร้อนที่เกิดจากกระบวนการเชื่อม
ฝุ่นละเอียดมากและเบา	2,500-3,000 (13-15 m/s)	ผงแป้งหรือผงฝ้าย
ฝุ่นแห้ง	3,000-4,000 (15-20 m/s)	ฝุ่นยางละเอียด ฝุ่นสบู่ ขี้เลื่อยเบา ฝุ่น
ฝุ่นในอุตสาหกรรมทั่วไป	3,500-4,00 (18-20 m/s)	ฝุ่นจากการเจียระไน ฝุ่นของเมล็ดกาแฟ ฝุ่นจากการขนถ่ายวัสดุ ฝุ่นจากการตัดอิฐ ฝุ่นจากการหล่อโลหะ ฝุ่นหินปูน ฝุ่นดินหรือผงซิลิกา
ฝุ่นขนาดใหญ่ (ฝุ่นหนัก)	4,000-4,500 (20-23 m/s)	ขี้เลื่อย (หนักและเปียก) ฝุ่นจากการขัดผิวโลหะจากการเป่าทราย ฝุ่นไม้ฝุ่นจากการเจาะหรือคว้านเหล็กหล่อหรือตะกั่ว
ฝุ่นหนักและชื้น	4,500 ขึ้นไป (23 m/s ขึ้นไป)	ฝุ่นตะกั่วที่มีชิ้นตะกั่วติดมาด้วยผงปูนซีเมนต์ชื้น ผงยิปซั่มชื้น

ในทางปฏิบัติความเร็วต่ำสุดของอากาศในท่อที่ใช้ในการออกแบบระบบควรมีค่ามากกว่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 2.3 ทั้งนี้เพื่อป้องกันความไม่แน่นอนต่างๆ อาจทำให้ความเร็วของอากาศในท่อมีค่าลดลงในขณะทำงานด้วย ตัวอย่างเช่น การอุดตันของสารปนเปื้อนในท่อจะส่งผลทำให้อัตราการไหลโดยรวมของอากาศในระบบลดลงซึ่งทำให้ความเร็วของอากาศในบางส่วนของระบบท่อมีค่าลดลงด้วยเช่นกัน ความเสียหายจากรอยยุบที่ผิวท่อก็อาจทำให้ความต้านทานในการไหลเพิ่มสูงขึ้นส่งผลให้อัตราการไหลของอากาศในส่วนที่ได้รับความเสียหายมีค่าลดลงด้วย นอกจากนี้ความผิดปกติที่เกิดขึ้นกับพัดลมก็อาจจะเป็นสาเหตุที่ทำให้อัตราการไหลของอากาศลดลงซึ่งก็ย่อมส่งผลให้ความเร็วของอากาศลดลงเช่นกัน

นอกจากการพิจารณาตามที่กล่าวข้างต้นแล้วยังต้องพิจารณาต่ออีกว่าสารปนเปื้อนมีลักษณะเหนียวหรือไม่หรือมีการควบแน่นเกิดขึ้นกับอากาศในระบบหรือไม่ (ส่งผลให้สารปนเปื้อนที่เป็นฝุ่นมีลักษณะเหนียวและชื้น) เป็นต้น โดยสิ่งเหล่านี้จะช่วยให้เลือกใช้ความเร็วต่ำสุดของอากาศสำหรับการออกแบบระบบระบายอากาศเฉพาะจุดเป็นไปอย่างถูกต้อง สำหรับสารปนเปื้อนที่มีลักษณะที่เป็นไอหรือควันความเร็วต่ำสุดของอากาศในท่อที่เลือกใช้จะไม่ส่งผลกระทบต่อการออกแบบระบบมากนักเนื่องจากสารปนเปื้อนในลักษณะนี้จะไหลไปพร้อมกับอากาศได้ง่ายอยู่แล้วส่งผลให้ในบางครั้งสามารถใช้ความเร็วต่ำสุดในท่อมีค่าต่ำที่แนะนำในตารางที่ 2.3 ได้ยกเว้นในกรณีที่สารปนเปื้อนมีลักษณะเป็นพิษซึ่งอาจทำอันตรายต่อสุขภาพของคนงานได้หากเล็ดลอดออกสู่สิ่งแวดล้อม

2.11.2 แรงเสียดทานภายในท่อ การสูญเสียความดันเนื่องจากความเสียดทาน ด้วยเหตุที่อากาศเป็นของไหลที่มีความหนืด ดังนั้นการไหลของอากาศผ่านระบบท่อจึงต้องมีความต้านทานเกิดขึ้นเสมอ โดยความต้านทานดังกล่าวนี้จะอยู่ในรูปของความฝืดหรือความเสียดทานระหว่างอากาศและผิวด้านในของท่อ ความต้านที่เกิดขึ้นนี้จะทำให้พลังงานของอากาศที่ไหลผ่านในท่อซึ่งอยู่ในรูปของความดันสถิตมีค่าลดลงด้วยเหตุนี้จึงต้องป้อนพลังงานให้อากาศในระบบท่อเพื่อเอาชนะความต้านทานดังกล่าว

พัดลมโดยทั่วไประบบอากาศที่ถูกออกแบบให้มีความต้านทานในระบบท่อน้อยจะใช้พัดลมที่ขนาดเล็กกว่าระบบที่ความต้านทานมาก

สำหรับท่อหน้าตัดวงกลม ค่าความสูญเสียความดันเนื่องจากความเสียดทานจะแปรผันโดยตรงกับกำลังสองของความเร็วของอากาศในท่อ ความยาวของท่อและความหยาบของผิวด้านในท่อ แต่จะแปรผกผันกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ โดยค่าการสูญเสียความดันกล่าวนี้สามารถทำได้จากสมการ Darcy Weisbach กล่าวคือ

$$h_L = f\left(\frac{L}{D}\right)VP \qquad \text{.....(2.7)}$$

เมื่อ h = ความดันสูญเสียเนื่องจากความเสียดทาน,in.wg

F = แฟคเตอร์ความเสียหาย (Friction Factor), ไม่มีหน่วย

L = ความยาวของท่อ,ft

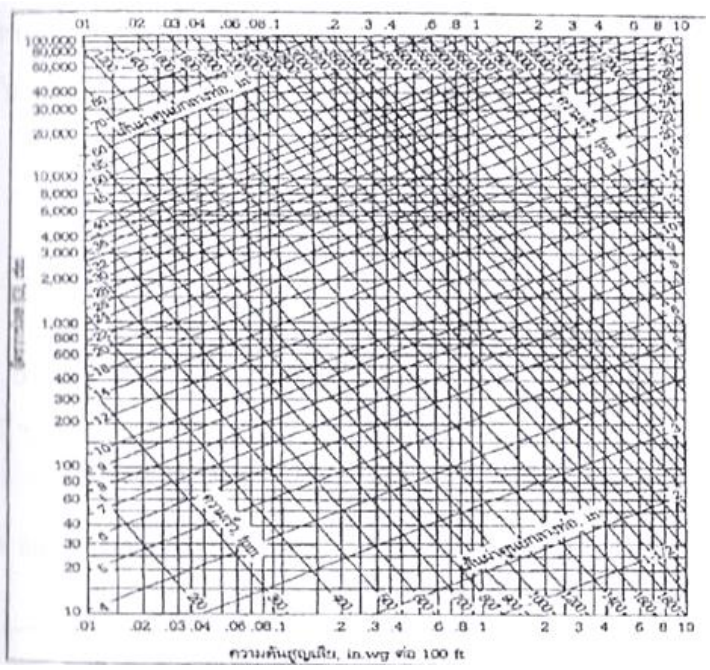
D = เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ,ft

VP = ความดันจลน์ของอากาศในท่อ, in.wg

สมการที่ 2.7 จะเห็นได้ว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของความยาวของท่อเป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการสูญเสียความดันจากความเสียดทานเป็นอย่างมาก การไหลของอากาศผ่านท่อที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า(ท่อขนาดเล็ก) และมีความยาวมาก (ท่อยาว) จะเกิดการสูญเสียความดันเนื่องจาก

ความเสียดทานมากกว่านอกจากนี้การที่มีท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่าที่จะทำให้ความเร็วของอากาศในท่อที่มีค่าสูงซึ่งอาจทำให้ผิวในท่อได้รับความเสียหายจากการขัดสีจากสารปนเปื้อนที่เป็นฝุ่นได้เร็ว

ค่าแฟคเตอร์ความเสียดทาน (f) สามารถหาได้จากแผนภาพ Moody ซึ่งในที่นี้จะไม่ขอกล่าวถึงโดยสามารถดูรายละเอียดได้จากหนังสือกลศาสตร์ของไหลทั่วไป ในทางปฏิบัติมักคำนวณค่าการสูญเสียความดันเนื่องจากความเสียดทานโดยใช้แผนภาพความเสียดทานซึ่งมีลักษณะดังแผนภาพที่ 2.2



แผนภาพที่ 2.2 ความเสียดทานสำหรับท่อกลม

แผนภาพความเสียดทานในแผนภาพที่ 2.2 ถูกสร้างขึ้นบนพื้นฐานสำหรับการไหลของอากาศที่สภาวะมาตรฐานผ่านท่อกลมซึ่งทำจากเหล็กแผ่นเคลือบสังกะสียาว 100 ft และผิวของท่อที่มีความหยาบ 0.0005 ft โดยความดันสูญเสียเนื่องจากความเสียดทานที่เกิดขึ้นสามารถหาได้จากสมการดังนี้

$$h_l = 2.74 \left(\frac{V/1{,}000}{D^{1.22}} \right)^{1.9} \qquad \text{.....(2.8)}$$

เมื่อ V = ความเร็วของอากาศในท่อ,fpm

D = เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ,in

ในกรณีระบบท่อสำหรับระบบระบายอากาศได้ถูกออกแบบด้วยวิธีความดันจลน์ค่าความสูญเสียความดันของอากาศที่ไหลผ่านท่อที่มีความยาวเท่ากับ L สามารถหาได้จากสมการ Darcy Weisbach ซึ่งเขียนในรูปของ

$$h2 = 12\left(\frac{f}{D}\right) L\ VP = HfL\ VP \qquad \text{.....(2.9)}$$

เมื่อ H_r คือ ค่าแฟคเตอร์ความเสียดทาน และตัวเลข 12 ถูกนำมาใช้เพื่อเปลี่ยนหน่วยของเส้นผ่านศูนย์กลางท่อจาก in เป็น ft

สำหรับแฟคเตอร์ความเสียดทานของอากาศที่สภาวะมาตรฐานซึ่งไหลผ่านท่อ สามารถหาได้จากสมการ

$$H = 12\frac{f}{D} = \frac{aV^b}{Q^c} \qquad \text{.....(2.10)}$$

เมื่อ a, b และ c คือค่าคงที่ซึ่งแปรเปลี่ยนไปตามชนิดของวัสดุที่นำมาทำท่อ โดยสามารถดูได้จาก ตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 แสดงค่าคงที่ของวัสดุชนิดต่างๆ

วัสดุที่ใช้ทำท่า	a	b	c
เหล็กแผ่นเคลือบสังกะสี (Galvanized Sheet Steel)	0.0307	0.533	0.612
อลูมิเนียม (Aluminum) เหล็กสแตนเลส(Stainless Steel) เหล็กดำ (Black Iron) และพีวีซี (PVC)	0.0425	0.465	0.602

จะเห็นได้ว่าค่าการสูญเสียดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับความเร็วการไหลของอากาศผ่านท่อ แต่ความเร็วก็จะสัมพันธ์กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ (ในกรณีที่อัตราการไหลคงที่) สิ่งนี้แสดงให้เห็นความสำคัญของการเลือกใช้ท่อกล่าวคือ ท่อที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางมากส่งผลให้การสูญเสียความดันมีค่ามาก หมายความว่าเราต้องใช้พัดลมที่มีขนาดใหญ่เช่นกัน ดังนั้นในการออกแบบระบบจึงควรพิจารณาส่วนนี้อย่างรอบคอบ

สำหรับระบบที่มีการใช้ท่ออ่อน การประเมินค่าความดันสูญเสียของอากาศเนื่องจากความเสียดทานสามารถทำได้โดยอาศัยข้อมูลที่ได้จากผู้ผลิตท่อซึ่งจะให้ผลอย่างถูกต้องแม่นยำในกรณีที่ไม่มีข้อมูลดังกล่าวสามารถประเมินค่าความดันสูญเสียที่ไหลผ่านท่ออ่อนได้อย่างคราวๆ ว่ามีค่าเป็น 2–3 เท่าของความสูญเสียของอากาศที่ไหลผ่านท่อตรงซึ่งทำจากโลหะที่มีความยาวและเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากัน

จะเห็นได้ว่าความดันสูญเสียที่เกิดขึ้นมีค่อนข้างมากถึงแม้ท่อลมจะนิยมใช้กับระบบระบายอากาศเฉพาะจุดเนื่องจากการทำงานให้การกระจายความเร็วเป็นไปอย่างสม่ำเสมอไปทั่วทั้งหน้าตัดซึ่งส่งผลไม่ให้เกิดการตกค้างของสารปนเปื้อนในระบบท่อ รวมไปถึงยังทนทานต่อความดันสถิตของอากาศได้สูงกว่าท่อหน้าตัดสี่เหลี่ยม แต่บางครั้งอาจจำเป็นที่ต้องใช้ท่อหน้าตัดสี่เหลี่ยม ลักษณะเช่นนี้คงหาค่าการสูญเสียความดันอันเนื่องจากความเสียดทานในท่อโดยอาศัยแผนภาพหรือตารางสำหรับกรณีท่อกลมได้เช่นเดิม แต่เพียงหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเทียบเท่าของท่อหน้าตัดสี่เหลี่ยมก่อน ซึ่งทำได้โดยอาศัยสมการต่อไปนี้

$$D_{eqv} = 1.3 \frac{(A \times B)^{0.625}}{(A+B)^{0.25}} \qquad \text{.....(2.11)}$$

เมื่อ D_{eqy} = เส้นผ่านศูนย์กลางเทียบเท่าสำหรับท่อหน้าตัดสี่เหลี่ยม,in

A และ B = ความยาวด้าน A และ B ของหน้าตัดท่อ,in

เมื่อได้เส้นผ่านศูนย์กลางเทียบเท่าแล้วจึงนำไปใช้เป็นข้อมูลในการหาแฟคเตอร์การสูญเสียความดันต่อไป ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเทียบเท่าที่มาจากสมการ 2.10 นี้จะตั้งอยู่บนพื้นฐานที่ว่าการสูญเสียความดันเนื่องจากความเสียดทานของท่อกลมและท่อสี่เหลี่ยมค่าเท่ากัน

จากการศึกขั้นตอนจากกระบวนการแปรรูปในที่ก่อให้เกิดมลภาวะทางอากาศ ในลักษณะฝุ่นละออง และกลิ่น ทางคณะผู้จัดทำปริญญานิพนธ์ จึงมีแนวคิดที่จะพัฒนา เครื่องบำบัดมลภาวะทางอากาศจากกระบวนการเผาไหม้ หรือที่เรียกว่า สครับเบอร์ (Scrubber)

2.12 ระบบบำบัดอากาศเสีย (Air Pollution System)

ระบบบาบัดอากาศเสีย (Air Pollution System) เป็นเทคโนโลยีหนึ่งที่ใช้ในการควบคุมมลพิษทางอากาศโดยเฉพาะ แก๊สและไอ (Gas and Vapor) เมื่อกล่าวถึงแก๊สและไอ ที่มีอันตรายต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม เราจะนึกถึง ไฮโดรเจนคลอไรด์ (HC_l) ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) แอมโมเนีย (NH_3) และตะกั่ว (Pb) แหล่งกำเนิดส่วนใหญ่ของแก๊สเหล่านี้มาจากโรงงานอุตสาหกรรม

เมื่อมลพิษทางอากาศเพิ่มมากขึ้น จึงจาเป็นต้องใช้ “ระบบบำบัดอากาศเสีย” เข้ามาบาบัด อุปกรณ์ที่นามาใช้ในการบำบัดอากาศเสียที่เป็นที่นิยมได้แก่ สครับเบอร์ (Scrubber) หรือ Wet Scrubber สครับเบอร์ (Scrubber) หรือ Wet Scrubber เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สาหรับกาจัดแก๊สและไอ (Gas and Vapor) ตลอดจนอนุภาคที่มีขนาดเล็ก โดยใช้ของเหลว เช่น น้ำ เป็นตัวดักจับด้วยการพ่นฉีดของเหลวหรือน้าให้เป็นละอองฝอยขนาดเล็กให้กระจายไปปะทะกับกระแสแก๊ส โดยการกระทบจากความเฉื่อยซึ่งเป็นกลไกหลักในการสกัดกั้นและการแพร่ สครับเบอร์ (Scrubber) หรือ Wet Scrubber มีด้วยกันหลายชนิดแต่ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายคือ สครับเบอร์แบบสเปรย์ (Spray Tower Scrubber) และ สครับเบอร์แบบมีเดีย (Packed Bed Scrubber) ระบบสครับเบอร์ (Scrubber) มีส่วนประกอบที่สำคัญคือ

2.12.1 พัดลมดูดอากาศ (Exhaust Fan): ทำหน้าที่ดูดอากาศเสียเข้าสู่สครับเบอร์ (Scrubber)

2.12.2 ปั๊ม (Circulation Pump): ทำหน้าที่ดูดน้ำจากถังหมุนเวียนน้ำไปสู่หัวฉีด (Nozzle) และฉีดเป็นละอองฝอยไปทั่วทั้งสครับเบอร์

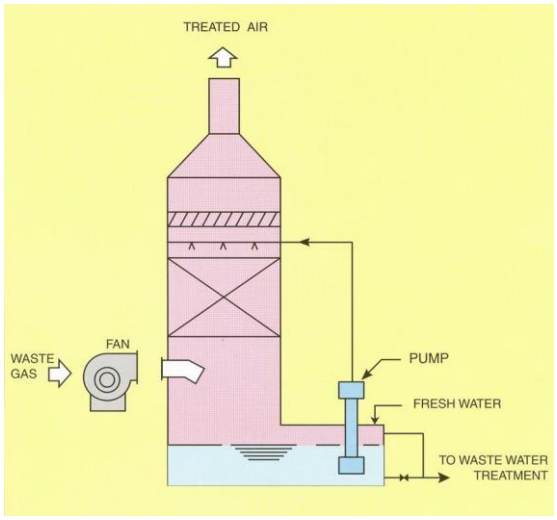
ตัวสครับเบอร์ (Scrubber Main Body): ประกอบไปด้วย

1) ตัวเพิ่มพื้นที่ในการกระจายตัวของแก๊ส(Scrubber Tower Packing) ทำหน้าที่ในการช่วย เพิ่มพื้นที่ผิวในการสัมผัสกันระหว่างแก๊สกับของเหลว

2) หัวฉีดสเปรย์ (Spray nozzle) ทำหน้าที่ฉีดน้ำให้ทั่วถึงอย่างสม่ำเสมอภายในตัวสครับเบอร์ (Scrubber)

3) ตัวดักจับละอองน้ำ (Mist Separator) ทำหน้าที่ดักจับละอองน้ำที่เกิดจากการฉีดสเปรย์ในสครับเบอร์ (Scrubber) ไม่ให้หลุดออกไปภายนอกเพราะจะนำพาแก๊สเสียปนออกไปด้วย ถังหมุนเวียนน้ำ (Circulation Tank): ทำหน้าที่เก็บกับน้ำไว้สาหรับหมุนเวียนใช้ในระบบ

หลักการทำงานของระบบสครับเบอร์



รูปที่ 2.3 ระบบสครับเบอร์

สครับเบอร์ (Scrubber) เป็นอุปกรณ์สำหรับดักจับแก๊สเสีย โดยหลักการทำงานของสครับเบอร์ (Scrubber) ตาม Flow Diagram เป็นดังนี้

พัดลม (Fan) จะดึงแก๊สเสียจากแหล่งกำเนิดเข้าสู่ สครับเบอร์(Scrubber) ซึ่งมีน้ำบรรจุอยู่ในส่วนของ Circulation Tank จากนั้น Pump ก็จะทำการสูบน้ำจาก Circulation Tank ขึ้นไปยังส่วนบนของ สครับเบอร์ (Scrubber) และปล่อยให้น้ำฉีดสเปรย์เป็นละอองฝอยด้วย Spray nozzle ซึ่งละอองน้ำที่ฉีดลงมาจะไหลในทิศทางที่สวนกันกับแก๊ส และทำการดักจับแก๊สเสีย ส่วนของน้ำที่ทาปฏิกิริยากับแก๊สจะมีการปล่อยออกจากสครับเบอร์ (Scrubber) โดยผ่าน Over flow ดังนั้นจึงต้องมีการเติมน้ำ Fresh Water เข้าสู่ระบบอย่างต่อเนื่องเพื่อรักษาสมดุลของน้ำภายในระบบและเพื่อเจือจางน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากการบำบัดแก๊ส สาหรับในส่วนของท่อระบายน้ำเสียจะเปิดเพื่อปล่อยน้ำออกจากระบบเฉพาะในกรณีที่ต้องทำการ Maintenance หรือตรวจสอบแก้ไขระบบ

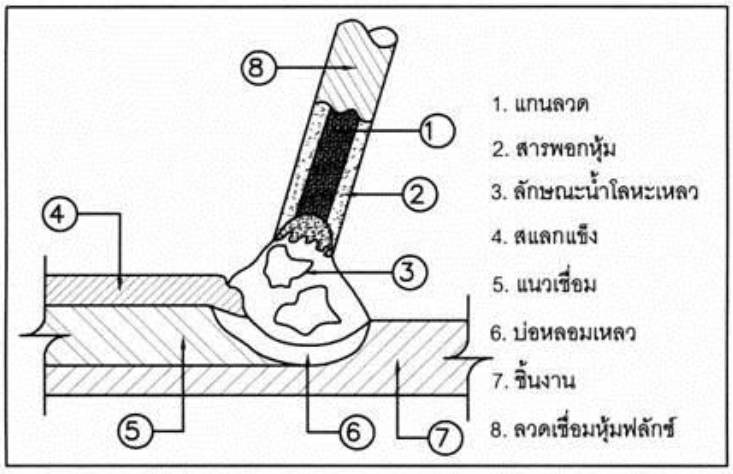
2.13 ทฤษฎีการเชื่อม

การเชื่อมโลหะมีหลายวิธี ถ้าแยกประเภทโดยยึดเอาจุดสำคัญต่างๆ เป็นเกณฑ์ จะมีจุดสำคัญที่ใช้ในการแยกประเภทได้มากกว่า 40 วิธี ปัจจุบันการแยกประเภทวิธีการเชื่อมและตัดโลหะตามปกติจะแยกได้กว้างขวางโดยถือหลักการแยกประเภทจากกลไกทำงานหรืออีกทางหนึ่งจะแยก ประเภทตามพลังงานที่ใช้ในงานเชื่อม

การแยกประเภทวิธีการเชื่อมตามปกติจะแยกออกเป็นกลุ่มใหญ่ๆ ได้คือ การเชื่อมโดยโลหะหลอมละลาย (Fusion Welding) หรือการเชื่อมแบบสิ้นเปลือง โดยโลหะไม่ถูกหลอมละลาย หรือการเชื่อมแบบไม่สิ้นเปลือง ในรูปแบบของการเชื่อมต่างๆ จะมีการแยกออกไปตามลักษณะประเภทของงานเชื่อมดังนี้

2.13.1 การเชื่อมแบบสิ้นเปลืองลวดเชื่อม การเชื่อมแบบนี้จะเป็นการเชื่อมที่ต้องมีการสิ้นเปลืองลวดเชื่อมมากจะต้องเปลี่ยนลวดเชื่อมบ่อยๆ ใช้ได้ไม่เกิน 30 วินาทีก็จะต้องเปลี่ยนลวดใหม่ การทำงานของการเชื่อมแบบสิ้นเปลืองลวดเชื่อมนี้จะสามารถเชื่อมได้ทุกท่าทุกวัสดุ การเชื่อมแบบนี้สามารถแบ่งออกได้ดังต่อไปนี้

1) การเชื่อมไฟฟ้านี้มีทั้งการเชื่อมด้วยมือ (Manual Welding) การเชื่อมกึ่งอัตโนมัติ (Semi Automatic Welding) และการเชื่อมแบบอัตโนมัติ (Automatic Welding) จะเป็นการเชื่อมแบบใดก็แต่ที่สำคัญคือ ระหว่างการเชื่อมจะต้องมีการป้องกันไม่ให้ออกซิเจนจากบรรยากาศเข้ารวมตัวกับบ่อหลอมละลายซึ่งทำให้แนวเชื่อมไม่สมบูรณ์และที่สำคัญคือความแข็งไม่เพียงพออันนี้เป็นอันตรายอย่างยิ่ง การเชื่อมไฟฟ้าโดยใช้ลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ จะทำหน้าที่ในการช่วยส่งน้ำโลหะผ่านช่องว่างเพื่อก่อตัวเป็นแนวเชื่อม การเกิดสแล็ค ซึ่งจะมีผลต่อขนาดของหยดน้ำโลหะ



รูปที่ 2.4 แสดงการเชื่อมด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์

2) การเชื่อมแบบอาร์คด้วยลวดเชื่อมชนิดหุ้มสารพอกหุ้ม (Covered Arc Welding) เป็นการเชื่อมที่แพร่หลายที่สุดในปัจจุบันการเชื่อมแบบนี้จะใช้ลวดเชื่อมซึ่งมีแกนกลางเป็นลวดโลหะหุ้มด้วยสารพอกหุ้ม (Flux) ขณะเชื่อมจะเกิดการอาร์คขึ้นระหว่างโลหะกับปลายลวดเชื่อม ความร้อนจากการอาร์คจะหลอมละลายวัสดุทั้งสองและผสมกันเป็นรอยเชื่อม

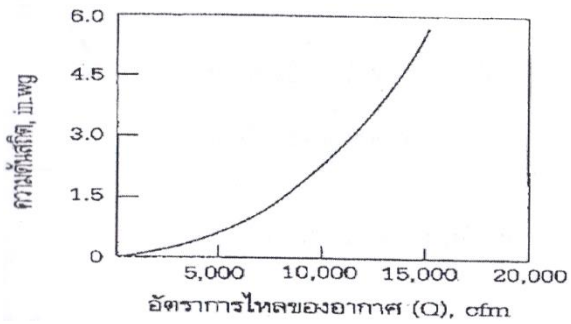
- การเชื่อมด้วยลวดหุ้มฟลักซ์ (SMAW Shield Metal Arc Welding) การเชื่อมด้วยลวดหุ้มฟลักซ์ คือการเชื่อมโดยใช้ไฟฟ้าเป็นตัวนำความร้อนเอง การอาร์คระหว่างลวดเชื่อมและชิ้นงานโลหะจะถูกเติมลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์

- การเชื่อมโดยใช้มือ (Manual Arc Welding) เป็นการเชื่อมโดยใช้ลวดเชื่อม (Covered Electrode) ซึ่งประกอบด้วยแกนลวดหุ้มฟลักซ์ (Flux) ขณะเชื่อมฟลักซ์ที่หุ้มอยู่จะหลอมละลาย โดยมากแล้วจะมีการดัดแปลงลวดเชื่อมก่อนเชื่อม การเชื่อมแบบนี้จัดเป็นการเชื่อมส่วนที่สลับซับซ้อนและยุ่งยาก

2.14 พัดลม

เป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่าพัดลมที่ใช้ในการระบายอากาศเฉพาะจุดจะมีหน้าที่สร้างแรงดูดในระบบซึ่งต้องมากพอที่จะดันอากาศปนเปื้อนให้เข้าสู่หัวดูดได้ด้วยเหตุนี้ พัดลมจึงเป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญในอันดับต้นๆ สำหรับระบบระบายอากาศเฉพาะจุดในทางปฏิบัติแม้ว่าจะได้ออกแบบอุปกรณ์ในระบบมาเป็นอย่างดีแล้ว แต่ถ้าการเลือกใช้พัดลมเป็นไปอย่างไม่เหมาะสม (ทั้งชนิดและขนาด) ก็อาจส่งผลร้ายแรงถึงขั้นระบบระบายอากาศไม่สามารถทำงานได้ตามต้องการหรืออาจมีประสิทธิภาพต่ำและใช้พลังงานมากกว่าที่ควรจะเป็น นอกจากตัวพัดลมเองแล้ว ท่อทางเข้าและทางออกของพัดลมที่เป็นส่วนหนึ่งของพัดลมก็มีความสำคัญไม่น้อย ท่อเหล่านี้จะต้องช่วยให้การไหล ของอากาศเป็นไปอย่างราบเรียบทั้งไหลเข้าและไหลออกจากพัดลม

2.14.1 คุณลักษณะของระบบ เมื่อพิจารณาถึงการสูญเสียความดันของอากาศที่ไหลในระบบท่อจากสมการ 2.6 จะพบว่าการสูญเสียความดันจะผันแปรโดยตรงกับกำลังสองของอัตราการไหลหรือกำลังสองของความเร็ว ดังนั้นเมื่อทราบค่าการสูญเสียของระบบที่อัตราการไหลของอากาศค่าหนึ่งเราก็สามารถคาดคะเนการสูญเสียความดันของระบบที่อัตราการไหลมีการเปลี่ยนแปรงได้โดยอาศัยความสัมพันธ์ที่กล่าวตอนต้นอันนำมาซึ่งลักษณะการเปลี่ยนแปรงของค่าการสูญเสียความดันของระบบในลักษณะของกราฟที่เรียกว่า เส้นโค้งความต้านทานของระบบ (System Resistance Curve) ตัวอย่างเส้นโค้งความต้านทานของระบบระบายอากาศระบบหนึ่งแสดงให้เห็นในแผนภาพที่ 2.3

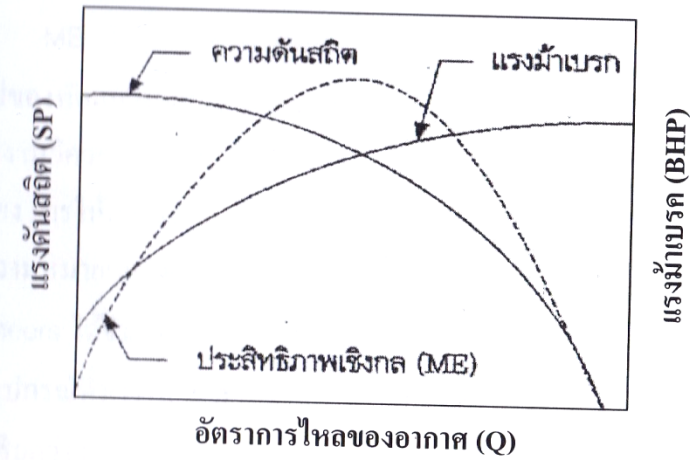


แผนภาพที่ 2.3 ตัวอย่างเส้นโค้งความต้านทานของระบบ

จากตัวอย่างเส้นโค้งความต้านทานของระบบ จะเห็นได้ว่าหากอัตราการไหลของอากาศที่ระบบต้องการซึ่งได้จากการออกแบบคือ 10,000 cfm พัดลมต้องสร้างแรงดูดหรือความดันสถิตให้ได้ไม่น้อยกว่า 2.25 in.wg (โดยประมาณ) หากต้องการให้การไหลของอากาศเท่ากับ 15,000 cfm ความดันสถิตหรือแรงดูดของพัดลมในช่วงอื่นสามารถอ่านได้จากเส้นโค้งความต้านทานของระบบดังกล่าว

2.14.2 คุณลักษณะสมรรถภาพของพัดลม โดยทั่วไปการอธิบายการไหลของอากาศในระบบระบายอากาศมุ่งเน้นให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของความต้านทานในระบบอันเกิดจากความเสียดทานกับปริมาณอากาศที่ไหลผ่านระบบและไหลได้ในปริมาณที่ต้องการ (จากการออกแบบ) อากาศจำเป็นต้องได้รับพลังงานในรูปแบบของความดันซึ่งเกิดขึ้นจากการทำงานของพัดลมและพลังงานจากภายนอกเช่น มอเตอร์ไฟฟ้าจะถ่ายเทให้เกิดการเพิ่มขึ้นของความดันสถิต

อัตราการไหลเชิงปริมาณของอากาศที่ถูกลำเลียงในระบบความดันสถิต (SP) ที่ถูกสร้างขึ้นโดยพัดลมจะเรียกว่า คุณลักษณะเชิงสมรรถนะ (Performance Characteristics) สำหรับคุณลักษณะเชิงสมรรถนะอื่นของพัดลม ได้แก่ประสิทธิภาพเชิงกล (ME) และแรงม้าเบรก (BHP) ความรู้เกี่ยวกับสมรรถนะของพัดลมจะมีประโยชน์เป็นอย่างมากต่อการเลือกใช้พัดลมให้ถูกต้องและเหมาะสมต่อความต้องการของระบบ รวมถึงจะช่วยให้สามารถวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นได้อย่างถูกต้องด้วย



แผนภาพที่ 2.4 ตัวอย่างเส้นโค้งสมรรถนะของพัดลม

การทำความเข้าใจสมรรถนะของพัดลม สามารถทำได้ง่ายโดยอาศัยเส้นโค้งที่เรียกว่า เส้นโค้งสมรรถนะของพัดลม (Fan Performance Curves) ซึ่งได้มาจากการทดสอบพัดลมของผู้ผลิตดังรูปที่ 2.4 แสดงตัวอย่างเส้นโค้งสมรรถนะของพัดลมที่หมุนด้วยความเร็วรอบคงที่ค่าหนึ่ง ซึ่งประกอบด้วยเส้นโค้งความดันสถิต เส้นโค้งแรงม้าเบรก เส้นโค้งประสิทธิภาพเชิงกล เส้นโค้งเหล่านี้จะแสดงถึงความสัมพันธ์ของความดันสถิตของพัดลม แรงม้าเบรกของพัดลมและประสิทธิภาพเชิงกลของพัดลมที่อัตราการไหลของอากาศค่าต่างๆ โดยรูปร่างของเส้นโค้งเหล่านี้จะมีลักษณะแตกต่างกันสำหรับพัดลมแต่ละชนิด

พลังงานที่ต้องการเพื่อทำให้พัดลมทำงาน ซึ่งแสดงในรูปของแรงม้าเบรก ขึ้นอยู่กับอัตราการไหลของอากาศและความต้านทานของระบบ แรงม้าเบรกนี้จะเป็นพลังงานที่จำเป็นต้องใช้เพื่อให้พัดลมทำงานได้โดยไม่คิดการสูญเสียพลังงานระหว่างพัดลมและต้นกำลังขับ ในการทำงานจริงนั้นพลังงานที่พัดลมต้องการจะมีมากกว่าที่ผู้ผลิตระบุไว้ เนื่องจากพลังงานบางส่วนจะสูญเสียไปในระหว่างการถ่ายทอดกำลังขับมายังพัดลมโดยแรงม้าเบรก (BHP) ซึ่งมีหน่วยเป็นแรงม้า หรือแทนด้วย hpz (Horsepower) หาได้จากสมการดังนี้

$$BHP = \frac{Q(FTB)}{6,356ME} = \frac{Q(FSP+VP)}{6,356ME} \qquad \text{.....(2.13)}$$

เมื่อ Q = อัตราการไหลของปริมาตรจริงของอากาศ,cfm

FTP = ความดันของพัดลม,in.wg

FSP = ความดันสถิตของพัดลม,in.wg

VPoutlet = ความดันของอากาศที่ทางออกของพัดลม,in.wg

ME = ประสิทธิภาพเชิงกลของพัดลม, %

ลักษณะทั่วไปของพัดลม พัดลมเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการบังคับอากาศให้เคลื่อนที่ด้วยความกดดันต่ำๆ พัดลมที่ใช้ในงานวิศวกรรมส่วนใหญ่จะใช้ในงานอบแห้งวัสดุเกษตร การระบายอากาศ การทำความเย็น การลำเลียง การให้ความร้อน เป็นต้น

การกำหนดความหมายของ Fan, Blower บางครั้งมักจะใช้สับสนกันอยู่เสมอๆ The Society of Mechanical Engineers ได้จำแนกอุปกรณ์ดังกล่าวเป็น 2 ประเภท คือ

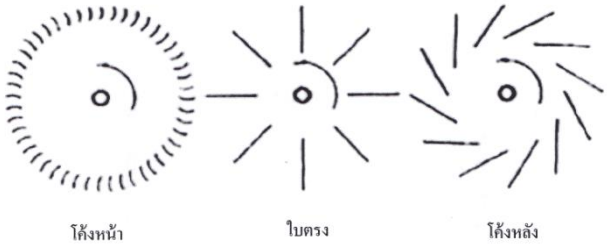
Class I เป็นอุปกรณ์ที่ทำงาน ณ ความดัน $\geq$ 1 ปอนด์ /นิ้ว^2(27.7นิ้วของน้ำ) อุปกรณ์ใน Class นี้ส่วนใหญ่จะมีชื่อเรียกว่า Blower

Class II เป็นอุปกรณ์ที่ทำงาน ณ ความดัน $<$ 1ปอนด์/นิ้ว^2(27.7นิ้วของน้ำ) อุปกรณ์ใน Class นี้ส่วนใหญ่จะมีชื่อเรียกว่า Centrifugal Fans, Fan และ Exhausters

การจำแนกใน Class I นั้นจะพิจารณาถึงความร้อนเนื่องจากการอัดและน้ำหนักจำเพาะของอากาศที่เปลี่ยนไป แต่ใน Class II นั้นจะพิจารณาในหัวข้อดังกล่าว

2.14.3 ลักษณะโครงสร้างพัดลม

พัดลมหมุนเหวียน พัดลมแบบนี้ใช้ได้ดีกับงานที่ความต้านทานลมสูงหรือ “เฮดลม” สูง อากาศจะไหลเข้าขนาดกับแกนของใบพัดและตั้งฉากกับแกนของใบพัดตรงทางออก มีลักษณะการสร้าง 3 แบบ คือ



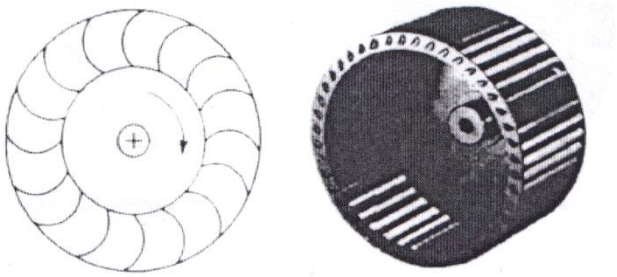
แผนภาพที่ 2.5 ไดอะแกรมความเร็วของพัดลมหมุนเหวี่ยงแบบต่างๆ

1) แบบใบพัดรัศมีตรง

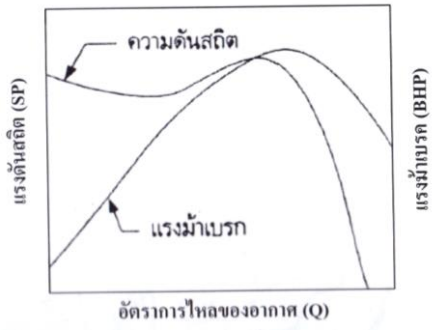
พัดลมชนิดนี้จะมีเพลาโตจำนวนซี่ใบพัด 5-12 ซี่ ลักษณะการสร้างเป็นใบล้อหมุนด้วยความเร็วรอบต่ำ ปกติใช้เป็นพัดลมระบายอากาศเสียออกไปสู่ภายนอก เหมาะกับอากาศสกปรกหรืองานที่ใช้ในงานขนถ่ายวัสดุซึ่งไหลผ่านตัวพัดลม

2) แบบใบพัดโค้งไปข้างหน้า

การทำงานของพัดลมชนิดนี้จะมีเสียงเบาที่สุดเมื่อเทียบกับพัดลมชนิดอื่นๆ มีข้อเสียคือมีลักษณะที่มอเตอร์จะทำงานเกินกำลังและมีช่วงการทำงานของพัดลมไม่เสถียร ใบพัดของพัดลมชนิดนี้มีใบที่ละเอียดประมาณ 20-64 ซี่ เพลาใบพัดมีขนาดเล็ก หมุนด้วยความเร็วรอบสูงกว่าพัดลมใบพัดรัศมีตรง ความเร็วลมที่เคลื่อนที่จะเร็วกว่าพัดลมใบพัดโค้งไปข้างหลัง ที่ความเร็วปลายใบพัดเท่ากันดังแผนภาพที่ 2.7 แสดงให้เห็นว่าเมื่อเปอร์เซ็นต์ของปริมาตรเปิดกว้างเพิ่มขึ้น ค่ากำลังงานที่ให้กับแกนของพัดลมจะเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจก่อให้เกิดลักษณะที่มอเตอร์จะทำงานเกินกำลังได้ ดังนั้นจึงไม่ควรใช้พัดลมประเภทนี้กับระบบที่มีอัตราการไหลของอากาศเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ช่วงที่เหมาะสมสำหรับการทำงานของพัดลมคือช่วงเปอร์เซ็นต์ของปริมาตรที่เปิดกว้างประมาณ 30-50%



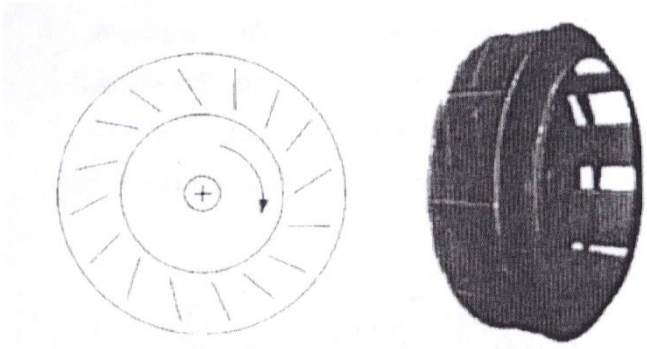
แผนภาพที่ 2.6 พัดลมหมุนเหวี่ยงแบบใบพัดโค้งไปข้างหน้า



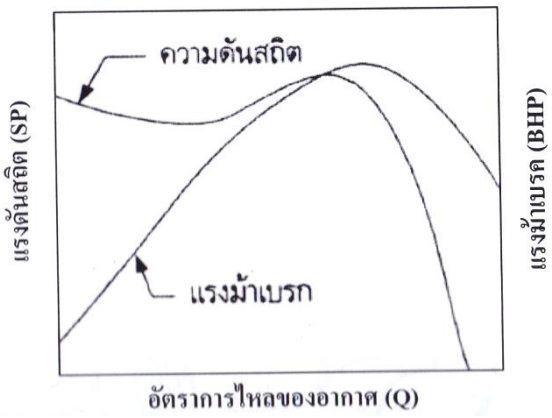
แผนภาพที่ 2.7 กราฟสมรรถนะของพัดลมหมุนเหวี่ยงแบบใบพัดโค้งไปข้างหน้า

3) แบบใบพัดโค้งไปข้างหลัง

พัดลมประเภทนี้จะมีราคาสูงแต่มีข้อได้เปรียบมากกว่าพัดลมประเภทอื่นอาทิ การทำงานของพัดลมไม่ก่อให้เกิดเสียงดังเกินควรไม่มีลักษณะที่มอเตอร์ทำงานเกิดกำลัง ไม่มีช่วงการทำงานของพัดลมที่ไม่มีความเสถียรช่วงที่เหมาะสมสำหรับการทำงานของพัดลมคือช่วงเปอร์เซ็นต์ของปริมาตรที่เปิดกว้างประมาณ 50-60% ใบพัดของพัดลมประเภทนี้จะมีซี่ใบที่ไม่ละเอียดเท่ากับกับพัดลมใบพัดโค้งไปข้างหน้าจะมีซี่ใบพัดประมาณ 10-50 ซี่ มุมที่โค้งไปข้างหลังนี้จะต้องเป็นมุมที่พอเหมาะซึ่งจะสามารถเปลี่ยนพลังงานจลน์เป็นพลังงานความกดดันโดยตรงได้มากที่สุด เหมาะใช้กับการระบายอากาศเนื่องจากสามารถควบคุมความกดดันและปริมาณได้ง่ายกว่า



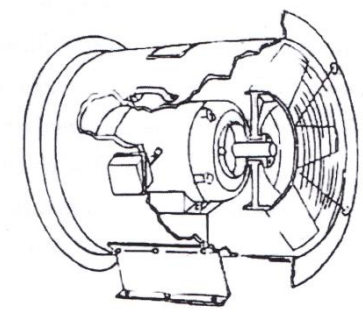
แผนภาพที่ 2.8 พัดลมหมุนเหวี่ยงแบบใบพัดโค้งไปข้างหน้า



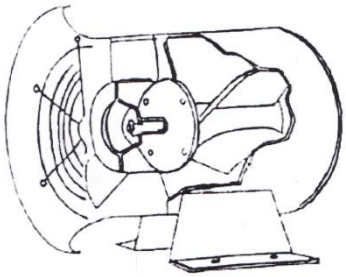
แผนภาพที่ 2.9 กราฟสมรรถนะของพัดลมหมุนเหวี่ยงแบบใบพัดโค้งไปข้างหลัง

พัดลมอากาศไหลตามแนวแกน พัดลมแบบนี้อากาศจะไหลขนานกับแกนของใบพัดและตั้งฉากกับระนาบการหมุนของใบพัด มีราคาถูก ไม่มีลักษณะที่มอเตอร์ทำงานเกินกำลัง แต่การทำงานของพัดลมจะมีเสียงดังเมื่อเปรียบเทียบกับพัดลมแบบหมุนเหวี่ยง และมีช่วงการทำงานของพัดลมที่ไม่เสถียร ช่วงที่เหมาะสมสำหรับการทำงานของพัดลมประเภทนี้คือช่วงเปอร์เซ็นต์ของปริมาตรที่เปิดกว้างประมาณ 55-75% ซึ่งจะให้ค่าประสิทธิภาพสูงสุด สามารถส่งปริมาณลมได้มากเหมาะกับงานที่มีความต้านทานลมต่ำ มีการสร้าง 2 ลักษณะ คือ

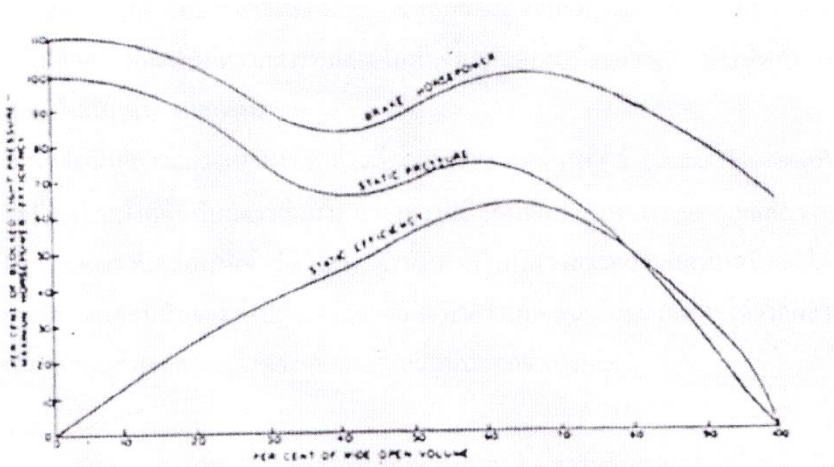
- ลักษณะที่ลมพัดเป็นสกรู จะมีโครงสร้างประกอบด้วยใบพัดหมุนภายในทรงกระบอกลมที่เคลื่อนที่ออกจะหมุนเป็นเกลียวสกรู ให้ความกดดันลมปานกลาง
- ลักษณะที่ลมพัดออกเป็นเส้นตรง (Vane Axial Fans) จะมีทางแผ่นเวน (Air guide Vane) รับลมทางด้านออกช่วยให้การปรับทิศทางการเคลื่อนที่ของลมให้ไหลอยู่ในแนวเส้นตรงทำให้การไหลของลมแบบปั่นป่วนลดลงมีประสิทธิภาพดีกว่าแบบแรก



แผนภาพที่ 2.10 พัดลมอากาศไหลตามแนวแกนแบบพัดลมเป็นสกรู



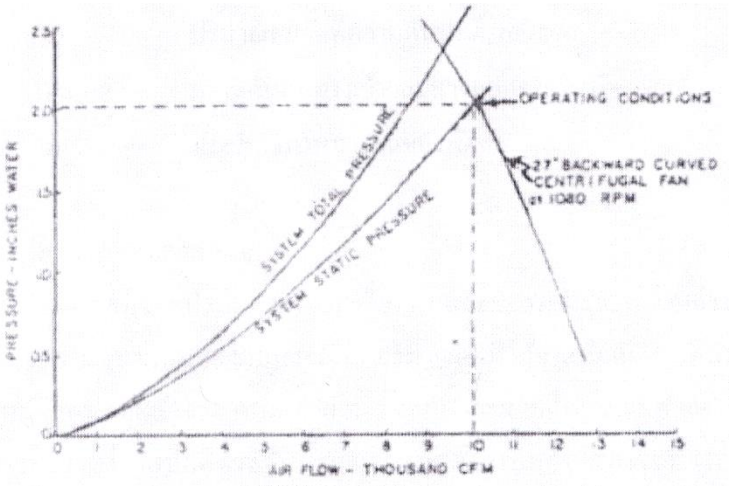
แผนภาพที่ 2.11 พัดลมอากาศไหลตามแนวแกนแบบพัดลมเป็นเส้นตรง



แผนภาพที่ 2.12 กราฟสมรรถนะของพัดลมอากาศไหลตามแนวแกนทั้ง 2 แบบ

2.14.4 กราฟลักษณะเฉพาะของพัดลม

ขณะที่พัดลมทำงานจะทำให้อากาศเคลื่อนที่ได้ด้วยค่าความกดดันที่เกิดขึ้น เมื่ออากาศเคลื่อนที่ออกไปด้วยระยะทางที่เพิ่มมากขึ้นจะทำให้ค่าความกดดันลดลง ถ้าพล็อตกราฟค่าความกดดันรวมที่ลดลงของระบบกับค่าอัตราการไหลของอากาศจะได้เส้นโค้งเส้นหนึ่ง เมื่อลดค่าความดันรวมที่ลดลงของระบบด้วยความดันความเร็วจะได้เส้นโค้งอีกเส้นหนึ่งซึ่งแสดงถึงความดันสถิตเราสามารถนำไปใช้ในการเลือกชนิดและขนาดของพัดลมได้ เส้นโค้งดังกล่าวเรียกว่า กราฟลักษณะเฉพาะของพัดลมทำงานที่ความเร็ว 1,080 รอบ / นาที



แผนภาพที่ 2.13 กราฟลักษณะเฉพาะของพัดลมหมุนเหวี่ยงแบบใบพัดโค้งหลังขนาด 27 นิ้ว

2.14.5 ทฤษฎีของพัดลม

ความกดดันลมที่เกิดขึ้นมาจากแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง ซึ่งปริมาตรของลมหรืออากาศจะถูกจับเหวี่ยงออกไปด้วยใบพัดและเกิดจากการที่ปลายใบพัดจับลมออกมาด้วยความเร็วทำให้พลังงานจลน์ที่เกิดขึ้นเปลี่ยนไปเป็นค่าความกดดัน

ความกดดันที่เกิดจากแรงเหวี่ยงดังกล่าวเรียกว่า ความกดดันเสถียร(Static Pressure) ความกดดันสถิตนี้จะเป็นฟังก์ชั่นกับอัตราส่วนระหว่างความเร็วลมที่เคลื่อนที่ขณะออกจากเส้นขอบใบพัดกับความเร็วลมขณะที่เคลื่อนที่เข้าสู่ซี่ใบพัด ดังนั้นหากใบพัดวิ่งยาวความกดดันสถิตจะยิ่งมากค่าประสิทธิภาพของพัดลมขณะที่เคลื่อนที่เข้าสู่ซี่ใบพัด ดังนั้นหากใบพัดวิ่งยาวความกดดันสถิตจะยิ่งมากค่าประสิทธิภาพของพัดลมนั้นจะมีค่าประมาณ 40-70 % ค่าความกดดันจริงของลมหาได้จากผลรวมของความกดดันสถิตกับค่าเฮดความเร็วของลมขณะที่เคลื่อนที่ออกจากใบพัด

$$\text{ประสิทธิภาพทางกล} = \frac{\text{อัตราการไหลของอากาศX ความดันรวม}}{\text{kw}} \qquad \text{.....(2.12)}$$

เมื่อ kw = กำลังงานใช้ในการขับเพลา

$$\text{กำลังงานที่ใช้ในการขับลม} kW_{air} = \frac{Q(P2-P1)}{1000} \qquad \text{.....(2.13)}$$

$$\text{กำลังใช้ในการขับเพลา kW} = \frac{\text{kWair}}{\eta} \qquad \text{.....(2.14)}$$

เมื่อ Q = ปริมาณลมวัดที่ความดันปกติ,m^3 / sec

P1,P2 = ความดันลมทางเข้าและทางออกจากใบพัด,N/m^2

η = ประสิทธิภาพทางกลของพัดลม

2.14.6 กราฟสมรรถนะของพัดลม

สมรรถนะของพัดลมจะแปรผันตามการเปลี่ยนแปลงของสภาวะแวดล้อมต่างๆ อาทิ อุณหภูมิ ความเร็วรอบและความหนาแน่นของลมหรือแก๊ส ปริมาณลมที่ได้จากพัดลมตามที่กำหนดในหนังสือคู่มือจากบริษัทผู้ผลิตปกติแล้วจะกำหนดค่าต่างๆ ณ สภาวะแวดล้อมปกติ ตัวอย่างเช่น ที่อุณหภูมิ 20℃ และสภาวะบรรยากาศปกติที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง เป็นต้น สภาวะที่กำหนดดังกล่าวอาจแตกต่างกับสภาวะจริงที่ติดตั้งใช้งานจึงทำให้สภาวะการใช้งานจริงไม่เป็นไปตามที่กำหนด

2.14.7 ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการเลือกพัดลม

ปัจจัยต่างๆ ต่อไปนี้จะช่วยให้การเลือกประเภทพัดลมและขนาดได้อย่างเหมาะสม

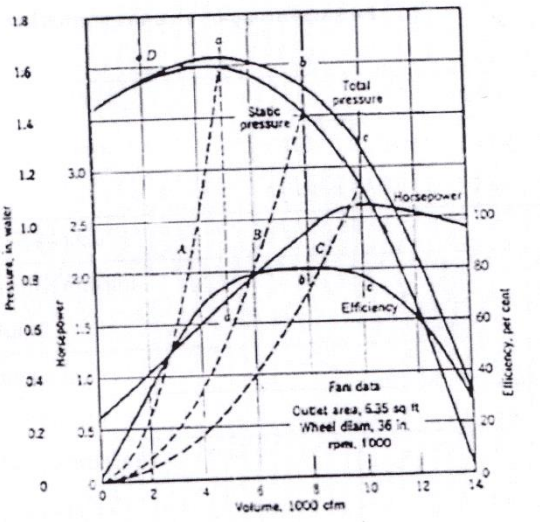
1) ปริมาณของลมที่เคลื่อนที่ต่อหน่วยเวลา
2) การประมาณค่าความต้านทานในระบบและการเปลี่ยนแปลงต่างๆ
3) ปริมาณเสียงที่ยอมให้ได้
4) พื้นที่ติดตั้งพัดลม
5) ความประหยัด

ปริมาณของลมที่เคลื่อนที่ต่อหน่วยเวลาหาได้จากประเภทและขนาดของพัดลมที่ติดตั้งค่าแรงดันสถิตที่ตกคร่อมหรือเฮดความเสียดทานซึ่งหาได้จากสมการของ Bemoulli ค่าความต้านทานทั้งหมดหรือค่าความดันสถิต จะขึ้นอยู่กับความเร็วของกระแสลมในระบบ จากกราฟสมรรถนะของพัดลมหมุนแบบเหวี่ยงแบบพัดโค้งไปข้างหลัง แผนภาพที่ 2.14 เส้นกราฟ A,B,C เป็นกราฟที่แสดงสถานะของระบบที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งเราเรียกว่ากราฟลักษณะเฉพาะของพัดลม (System Characteristic Curves)

ในระบบ B พัดลมดังกล่าวต้องการความดันสถิตเพียง 1.415 นิ้ว ของน้ำเพื่อที่จะใช้ในการเคลื่อนที่ลมปริมาณ 8,000 ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที ค่าความดันทั้งหมดกำลังงานที่ต้องการและค่าประสิทธิภาพ จะอยู่ในแนวเส้น b-b

ความดังของเสียงจะเป็นปัจจัยที่มักไม่ค่อยนำมาพิจารณาในการเลือกพัดลมมากนักในงานด้านการแปรรูปยกเว้นในงานด้านการปรับสภาวะอากาศหรือใช้ระบายอากาศในบ้านเรือนแต่ปริมาณเสียงที่

ดังเกินไปของพัดลม จะเป็นตัวชี้ให้เห็นว่าเกิดการสูญเสียพลังงานในระบบขึ้น ดังนั้นความดังของเสียงในทางปฏิบัติแล้วจึงมีค่าน้อย



แผนภาพที่ 2.14 กราฟสมรรถนะของพัดลมหมุนเหวี่ยงแบบใบพัดโค้งไปข้างหลัง

2.14.8 การเลือกพัดลม

วิธีการเลือกใช้พัดลมให้ตรงกับงานที่ใช้จะต้องพิจารณาหลายๆ สิ่งประกอบกัน อาทิ

1) มีความรู้และความเข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับพัดลม

2) ต้องทราบถึงภาระงานของพัดลมที่จะต้องใช้ และข้อกำหนดต่างๆ ของพัดลมวิธีการเลือกชนิด

หรือประเภทพัดลมอาจทำได้โดยการพิจารณาจากกราฟที่อยู่ในหนังสือคู่มือของพัดลมชนิดนั้นๆ กรณีพัดลมที่ใช้ในอุตสาหกรรมทั่วๆ ไปทั้งพัดลมหมุนเหวี่ยงและพัดลมอากาศไหลตามแนวแกน ผลต่างความดันของลมด้านดูดและด้านจ่ายจะต้องไม่มากกว่า 550 มิลลิเมตรของน้ำแต่ถ้ามากกว่านี้จะต้องเลือกใช้พัดลมแบบใช้งานหนัก

ในกรณีที่ผลต่างความดันของพัดลมด้านดูดและด้านจ่ายมีค่ามากกว่า 550 มิลลิเมตรของน้ำจะต้องพิจารณาว่าควรจะใช้พัดลมหรือเครื่องอัดจริงจะเหมาะสมกว่าในแง่ของความประหยัดและความเหมาะสมในด้านต่างๆ

ตารางที่ 2.5 แสดงประเภทของพัดลมในงานอุตสาหกรรมต่างๆ

ลักษณะงาน	แบบพัดลม				
	Tube Axial Fan	Vane Axial Fan	Radial Fan	Forward Curved	Backward Curved
1. ระบบส่งวัสดุด้วยลม			*		*
2. ลมสันดาปที่ใช้กับน้ำมันหรือแก๊สในเตา	*	*	*	*	*
3. เพิ่มความดันแก๊ส			*		*
4. ระบายลมในโรงงาน	*	*			*
5. ลมเป่าอัดเข้าเตาหม้อไอน้ำ		*			*
6. ลมดูดเข้าเตาหม้อไอน้ำ			*	*	
7. ลมดูดระบายออกจากเตาเผา			*	*	
8. ลมเป่าเข้าเตาเผา		*			*
9. หอน้ำเย็น	*				*
10. เครื่องดูดและดักฝุ่น			*	*	
11. ลมอบแห้ง	*	*	*		*
12. ลมดูดจากปล่อง			*	*	

วิธีการกำหนดขนาดของพัดลมเป็นกำลังงานที่ใช้ในการขับเคลื่อนปริมาณลมหรืออากาศให้เคลื่อนที่ผ่านตัวพัดลม (Output)

$$\text{Air Kilowatts} = \frac{Q(P2-P1)}{600 \times 100} \qquad \text{.....(2.15)}$$

เมื่อ Q = ปริมาณลดด้านดูด,m^3 / min

P1-P2 = ผลต่างความกดดันลมด้านปล่อยกับด้านดูด, N/m^2

Air kilowatts = กำลังงานที่ออกจากพัดลม, kW

ค่าแฟคเตอร์ตัวคูณปรับแก้ปริมาณลมที่กำหนดในหนังสือคู่มือของพัดลมชนิดนั้นๆ จะมีค่าปริมาตรลมตามมาตรฐานจริงๆ ซึ่งในขณะใช้งานพัดลมจริงๆ สภาวะของลมด้านดูดจะมีค่าปริมาตร ความกดดันและอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไปตามสภาวะจริงในขณะนั้นโดยที่อากาศในสภาวะมาตรฐานกำหนดที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส จะมีค่าความกดดันเท่ากับ 1.013 บาร์ ดังนั้นจึงต้องมีแฟคเตอร์ตัวคูณปรับแก้ให้ค่าปริมาณลมด้านดูดในสภาวะทำงานจริงมีค่าถูกต้องด้วย

$$Q_{act} = \left[\frac{1.013}{P1}\right]\left[\frac{273+T1}{P1}\right]Q_{Std} \qquad \text{.....(2.16)}$$

เมื่อ Q_{act} = ปริมาณลมด้านดูดสภาวะทำงานจริง,m^3/min

Q_{Std} = ปริมาณลมด้านดูดในสภาวะทำงานมาตรฐาน, m^3/min

P1 = ค่าความกดดันของบรรยากาศด้านดูด,Bar

T1 = อุณหภูมิของบรรยากาศด้านดูด,℃

2.13.9 อัตราการไหลของอากาศ

การหาอัตราการไหลของอากาศที่ต้องการสำหรับหัวดูดปิดล้อมจะต้องมีหลักการพิจารณาที่แตกต่างไปจากกรณีหัวดูดภายนอกโดยสามารถหาอัตราการไหลของอากาศที่ต้องการได้จาก

สมการที่ใช้ในการหาอัตราการไหลของอากาศ

$$Q = A_{opcaing} \times V_{facc} \qquad \text{.....(2.17)}$$

โดย $A_{opcaing}$ = พื้นที่เปิดทั้งหมดที่อากาศภายนอกไหลเข้ามาแทนที่อากาศที่ซึ่งถูกดูดเข้าสู่หัวดูด ft^2

V_{facc} = ความเร็วของอากาศที่ไหลเข้าสู่หัวดูดผ่านพื้นที่เปิด(ความเร็วด้านหน้า)

2.15 การบำบัดมลภาวะทางอากาศการระบายอากาศ

ตามกฎหมายผู้กระกอบการอุตสาหกรรมต้องดูแลควบคุมและติดตามตรวจสอบให้มลพิษที่เกิดจากโรงงานออกไปสู่บรรยากาศในปริมาณที่กำหนดซึ่งอาจอาศัยวิธีการต่างๆ กันซึ่งในบทนี้จะกล่าวเพียงย่อๆ ในที่นี้จะเน้นที่การตักและแยกฝุ่น โดยมีการกล่าวถึงแก๊สและกลิ่นบ้างเล็กน้อย

2.15.1 หลักการบำบัดมลภาวะทางอากาศแบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่คือ

1) การระบายออกไป (Remove หรือ Ventilation) เช่น พัดลมดูดออกไปหรือเป่าออกไปหรือไล่ด้วยพัดลมที่สะอาด ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มของ กระบวนการ กระบวนการระบายอากาศ (Ventilation) หลักการนี้เป็นการลดปัญหามลสารที่มารบกวนภายในโรงงานเองโดยไม่สนใจว่านอกโรงงานจะมีปัญหาหรือไม่ จึงเป็นการผลักปัญหาให้ชุมชนนอกโรงงานดังนั้น วิธีนี้จึงใช้เฉพาะโรงงานที่มีปัญหามลสารไม่มากจึงสามารถนำอากาศจากบริเวณที่เกิดมลสารออกไปผสมกับอากาศดีในปริมาณมาก ทำให้ความเข้มข้นของฝุ่นในอากาศที่ผสมกันแล้วเจือจางลงต่ำกว่าระดับที่กฎหมายกำหนดซึ่งวิธีนี้ต้องออกแบบระบบรวบรวมมลสารให้ดีต้องมี Hood หรือ Canopy ครอบคลุมแหล่งกำเนิดมลสารเพื่อควบคุมไม่ให้มลสารแพร่กระจายไปยังบริเวณที่มีคนทำงานและปล่อยอากาศที่มีมลสารออกไปให้ห่างจากตำแหน่งที่นำอากาศดีเข้าห้อง (Make-Up Air) นอกจากนี้ยังใช้กับการระบายอากาศในห้องหรือบริเวณที่มีคนทำงานเพื่อให้คนทำงานในบรรยากาศที่สะอาด การระบายอากาศยังเป็นช่วยระบายความร้อนออกจาห้องเพื่อปรับอุณหภูมิในห้องให้คนที่อยู่ภายในรู้สึกสบายตัวทั้งนี้ บรรยากาศการทำงานที่ดีต้องการปริมาณการถ่ายเทของอากาศ 30 ลบ.ม./ชม./คน และหากเป็นห้องทึบต้องการ 35 ลบ.ม./ชม./คน หลักการระบายอากาศอาจทำได้ใน 3 ลักษณะซึ่งเหมาะสำหรับกรณีต่างๆ กัน

2) การดักเก็บ (Collection) การบำบัดมลภาวะทางอากาศโดยการดักเก็บนี้เป็นการคัดแยกและรวบรวมมลสารในอากาศที่เป็นปัญหาออกมาแล้วปล่อยอากาศที่สะอาดออกสู่บรรยากาศต่อไป ดังนั้นจึงเป็นวิธีที่สามารถจัดการปัญหาได้จริงๆ และเป็นวิธีที่ใช้กันทั่วไปตามโรงงานต่างๆ การบำบัดด้วยวิธีนี้จะต้องประกอบด้วย

- ระบบรวบรวมมลสาร ณ ที่กำเนิดหรือใกล้ที่กำเนิดมลสารมากที่สุด
- ระบบ หรือ อุปกรณ์บำบัด
- ระบบท่อที่นำอากาศที่มีมลสารเข้าสู่ระบบบำบัด
- อุปกรณ์ช่วยให้เกิดการไหลของอากาศ (Air Moving Device) เช่น พัดลม

เป็นต้น

2.15.2 การบอกประสิทธิภาพของการดักเก็บฝุ่นและแก๊ส ประสิทธิภาพของกระบวนการจะบอกได้เป็น 2 ลักษณะ คือ

1) ประสิทธิภาพในการดักเก็บ (Collection Efficiency) หรือบอกเป็น % Removal

2) สัดส่วนหรือเปอร์เซ็นต์ของมลสารที่หลุดรอดจากการดักเก็บหรือปล่อยผ่านอุปกรณ์ดักเก็บไปได้ (Penetration Efficiency)

2.15.3 ระบบเก็บรวบรวมมลสาร (ฝุ่น และ แก๊ส) การเก็บรวบรวมมลสารเป็นการรวบรวมอากาศที่มีมลสารจากตำแหน่งที่มีปัญหาเพื่อดูดหรือเป่าเข้าระบบกำจัดมลสารต่อไป หลักการที่สำคัญคือ ต้องกำจัดภาระงานที่ต้องทำให้น้อยที่สุดและมีหลักการอื่นๆ อีกคือ

1) ต้องให้ Hood หรือ Canopy ครอบคลุมแหล่งกำเนิดมลสารเพื่อควบคุมไม่ให้มลสารแพร่กระจายไปยังบริเวณที่มีคนทำงาน

2) ลดภาระงานโดยให้ดูดเฉพาะที่มีปัญหามลสาร ฝุ่น หรือ แก๊ส กำเนิดที่ไหนรวบรวมที่นั่น เช่น วางท่ออ่อนจ่อดูดใกล้ๆ แหล่งกำเนิด

3) หลีกเลี่ยงการดูดอากาศดีเข้าไปเจือจาง

4) ปล่อยอากาศที่มีมลสารออกไปให้ห่างจากตำแหน่งที่นำอากาศดีเข้าห้อง (Make-Up Air)

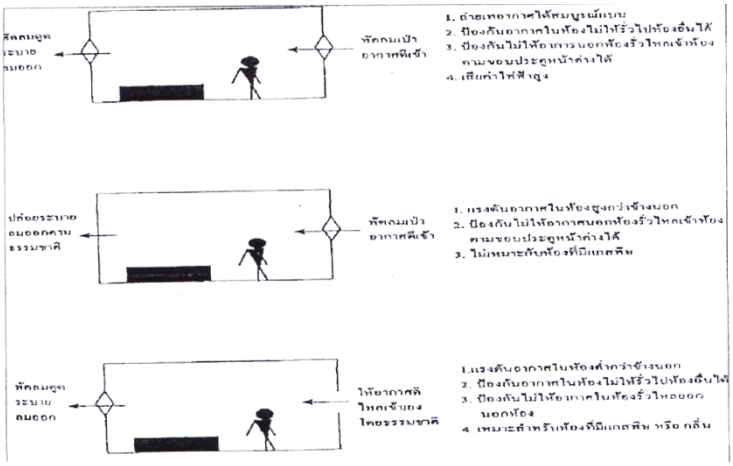
5) ระบบรวมมลสารจะต้องออกแบบไม่ให้อากาศที่มีมลสารไหลผ่านคนงานก่อนเข้าสู่ระบบ

6) ในกรณีของฝุ่น ความเร็วลมที่ดูดต้องสูงพอที่จะพาฝุ่นขึ้นไปสู่ท่อและไหลไปตามท่อได้

2.15.4 อุปกรณ์สำหรับดักและแยกฝุ่น อนึ่งอุปกรณ์กลุ่มนี้นอกจากจะใช้กับฝุ่นแล้วยังนิยมใช้ในการแยกและกำจัดแก๊สที่ปนเปื้อนในอากาศเสียจากโรงงานด้วยเช่นกัน ตัวอย่างที่ทราบกันดี ได้แก่ ที่โรงงานไฟฟ้าไม่เหมาะจะใช้ในการกำจัดแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ได้จากการเผาถ่านหิน โดยการสเปรย์น้ำผสมหินปูนเพื่อจับแก๊สและได้เป็นยิปซั่มตกลงมาข้างล่าง ซึ่งวิธีดังกล่าวนี้ เรียกว่า Wet Limestone FGD Process. อุปกรณ์ดักและแยกฝุ่นออกจากอากาศนั้นแบ่งออกเป็นกลุ่มใหญ่ๆ ดังนี้

1) กลุ่มที่ใช้หลักเชิงกล ได้แก่
   - ห้องดักฝุ่น (Setting or Gravity Chambers)
   - เครื่องแยกแบบเฉื่อย (Inertial or Impingement Separators)
   - ไซโคลน (Cyclone) สามารถเก็บฝุ่นที่มีขนาดเล็กได้ถึง 5 ไมครอน

2) กลุ่มที่อาศัยการกรองได้แก่
   - เครื่องกรองแบบผ้า (Fabric Filters-Bag Houses) ใช้ดักฝุ่นละเอียดได้ถึง 0.3 ไมครอน ผ้าที่กรองที่ใช้อาจเป็นผ้าทอหรือผ้ากรองที่ทำด้วยอนุภาคละเอียดอัดแน่นเป็นชั้น (Ultrafineparticle Felts)
   - การกรองด้วยหอชนิดใส่วัสดุ (Packed Bed Filtration) อาจใช้น้ำช่วยจับฝุ่นด้วยซึ่งจะไปเข้าข่ายของ Wet Scrubbers ตัวอย่าง ความเร็วลม (Captive Velocities) ที่เหมาะสมและข้อควรพิจารณานั้นมีแสดงในแผนภาพที่ 2.15



แผนภาพที่ 2.15 แสดงการระบายอากาศในลักษณะต่างๆ

3) เครื่องดักจับฝุ่นด้วยไฟฟ้าสถิต (Electrostatic Precipitators) ใช้ดักจับฝุ่นที่มีขนาดละเอียดมาก

4) กลุ่มที่ใช้น้ำช่วยจับฝุ่น (Wet Scrubbers)

- หอสเปรย์น้ำ (Spray Tower)
- Venturi Scrubbers
- Cyclonic Scrubber
- Impingement Scrubbers
- Packed Bed Scrubbers

5) การเปรียบเทียบอุปกรณ์ชนิดต่างๆมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันไปและใช้กับขนาดฝุ่นที่แตกต่างกัน

2.16 พัดลมดูดอากาศ UFO Fan รุ่น UF-240

พัดลมดูดอากาศ UFO Fan ออกแบบขึ้นโดยรวมเอาข้อดีของพัดลมดูดอากาศติดฝาผนัง Axial Flow Fan ที่ให้ปริมาณลมสูงแต่แรงดันต่ำ กับข้อดีของโบลเวอร์หอยโข่ง (Sirocco Blower) ที่ให้ปริมาณลมต่ำ แต่แรงดันสูงมารวมกันอยู่ในโครงสร้างใหม่ ที่มีซี่เหล็กบังคับทิศทางลมให้มีแรงดันสูง และมีใบพัดที่เป่าลมในแนวตรง ซึ่งให้ปริมาณลมมาก ดังนั้น ลักษณะใหม่ของพัดลมดูดอากาศ UFO Fan จึงเป็นรูปแบบที่พัฒนาขึ้นสำหรับการระบายอากาศที่ให้ทั้งปริมาณลม และแรงดูด แรงเป่าสูง ในเวลาเดียวกัน

2.16.1 ลักษณะเด่น

1) ออกแบบให้มีแรงดูดสูงและมีปริมาณลมมาก
2) ติดตั้งได้ทั้งในแนวดิ่งและแนวนอน
3) ใช้ได้ทั้งในการส่งและดูดลม
4) ติดตั้งได้ทั้งในช่วงต้น กลาง ปลาย ของท่อดูดอากาศ
5) ใช้ระบายอากาศในห้องทำงาน, ห้องนอน, ห้องน้ำ, ห้องใต้ดิน, ห้องซักรีด และคลังสินค้า

รูปที่ 2.5 พัดลมดูดอากาศ UFO Fan รุ่น UF-240

- พัดลมดูดอากาศ UFO Fan รุ่น UF-240
- มอเตอร์ : 145/200 W 2P 1Phase
- ปริมาณลม : 5.3/6.1 m3/min
- Pressure : 38/56 mm.aq.
- เสียง : 63/66 dB.

2.17 ปั้มน้ำแรงดันสูง

ปั้มน้ำเป็นอุปกรณ์เพิ่มแรงดันน้ำ ซึ่งส่วนใหญ่ทำงานด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า ทำหน้าที่เป็นต้นกำลังหมุนส่งกำลังให้ปั้มน้ำทำงาน เพิ่มแรงดันให้น้ำและส่งน้ำไปตามท่อ

ปั้มน้ำแบ่งเป็นสองแบบ

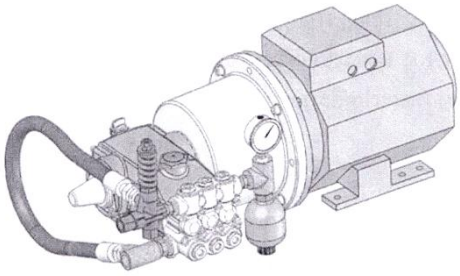
2.17.1 ปั้มน้ำแบบลูกสูบ ทำงานด้วยการชักลูกสูบเลื่อนไปมา และมีวาล์วเปิดปิดน้ำเข้าออกจากลูกสูบ เป็นการเพิ่มแรงดันให้น้ำโดยตรง

2.17.2 ปั้มน้ำแบบใบพัด ทำงานด้วยการหมุนของใบพัดในเสื้อปั้มที่ได้รับการออกแบบมาเฉพาะทำให้เกิดแรงดันในเสื้อปั๊มจ่ายไปตามท่อได้ ส่วนใหญ่มีท่อดูดทางด้านหน้าตรงกลางปั๊ม และมีท่อออกข้างในแนวเส้นสัมผัสกับตัวปั๊ม

ขนาดของปั๊มน้ำ

โดยทั่วไปจะระบุขนาดของปั๊มน้ำด้วยกำลังหรือขนาดของมอเตอร์ที่ใช้หมุนปั๊ม เช่น ปั๊มน้ำขนาด 200 วัตต์, ปั๊มน้ำขนาด 400 วัตต์ ซึ่งใช้เลือกปั๊มได้เพียงคร่าวๆ เท่านั้น เพราะการเลือกใช้ปั๊มต้องดูว่าปั๊มสามารถจ่ายปริมาณน้ำได้มากแค่ไหนเพียงพอกับการใช้งานหรือไม่ และที่แรงดันน้ำที่ต้องการหรือไม่ ปริมาณการจ่ายน้ำแสดงเป็นปริมาณในหน่วยปริมาตรน้ำต่อเวลา หมายถึง ปั๊มน้ำสามารถจ่ายน้ำได้มากเท่าไหร่ในช่วงเวลาหนึ่ง เช่น 6 ลิตร/นาที (l/min) หมายถึง ปั๊มน้ำสามารถจ่ายน้ำได้ปริมาณ 6 ลิตรในเวลา 1 นาที แรงดันน้ำแสดงเป็นความสูงของน้ำ (เมตร)(ที่จริงหน่วยของแรงดันน้ำเป็นขนาดของแรง

ต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ ซึ่งปรับเทียบให้เป็นความสูงของน้ำเพื่อให้ง่ายในการใช้งาน) ความสูงน้ำ 10 เมตร ประมาณแรงดัน = 1 bar หรือ ประมาณ 1kg/cm^{2}ปั๊มทำงานจ่ายน้ำได้ที่ความสูงปลายท่อสูงเท่าไหร่ เช่น 10 เมตร หมายถึงปั๊มจ่ายน้ำได้เมื่อความสูงปลายท่อสูง 10 เมตร



รูปที่ 2.6 ปั๊มน้ำแรงดันสูง

2.18 การออกแบบระบบสครับบิงหรือระบบดูดซึม

ระบบสครับบิง ที่ใช้โดยทั่วไปมีสองแบบคือ ระบบในแนวตั้งใช้อากาศไหลเข้าด้านล่างและออกด้านบน ส่วนอีกแบบหนึ่งคือ อากาศไหลเข้าและออกในแนวนอน (Cross-Flow) โดยในปัจจุบันระบบแนวนอนได้รับความนิยมมากขึ้น เพราะมีปัญหาการอุดตันน้อยและความสูงไม่มากนัก สามารถวางไว้ในห้องที่มีเพดานต่ำๆ ได้ระบบมีทั้งชนิดที่ใส่ตัวกลาง (Packings) ภายในเพื่อเพิ่มผิวของการสัมผัสระหว่างก๊าซและของเหลวบางระบบที่ไม่มีตัวกลางก็ใช้การสเปรย์น้ำเป็นฝอยเล็กๆ เป็นม่านน้ำหรือใช้การอัดฉีดน้ำกับอากาศที่มีความดันสูง (Venturi) สรุปก็คือ ทำให้อากาศกับน้ำมีการสัมผัสกันและสารที่มีกลิ่นในอากาศเข้าไปละลายในน้ำ ข้อควรระวังในการใช้งานระบบคือ ต้องระวังไม่ให้อุณหภูมิของอากาศที่จะบำบัดก่อนเข้าระบบสูงเกินไปเพราะ จะทำให้เกิดไอน้ำและลดประสิทธิภาพของการดูดซึมลง ในกรณีที่จำเป็นอาจต้องมีอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนของอากาศก่อนเข้าระบบและควรระวังเรื่องฝุ่นละอองเพราะอาจทำให้อุดตันได้

รายละเอียดในการออกแบบของระบบนี้ค่อนข้างละเอียดและจำเป็นต้องรู้คุณสมบัติของอากาศและสารที่มีกลิ่น โดยละเอียดและควรศึกษาเพิ่มเติมจากตำราระบบบำบัดมลพิษทางอากาศ ข้อมูลการออกแบบข้างกล่าวนี้เป็นส่วนหนึ่งจากตำราระบบบำบัดมลพิษทางอากาศสำหรับระบบแบบถังตั้งแนวดิ่งชนิดมีตัวกลางบรรจุอยู่

2.18.1 สารเคมีที่กลิ่นในอากาศต้องละลายน้ำได้ หรือทำปฏิกิริยากับสารที่เราเติมลงไปในน้ำตัวอย่างเช่น แอมโมเนียละลายในน้ำได้ดี หรือ Amine ละลายได้ไม่ดี แต่หากเติมไฮโปคลอไรต์ที่ความเข้มข้น 5% ก็จะทำให้ Amine ถูกออกซิไดซ์ในน้ำได้เป็นอย่างดี ความเร็วของอากาศที่ผ่านตัวกลางประมาณ 0.9 – 1.22 เมตรต่อวินาที สำหรับตัวกลางเซรามิคควรใช้ความเร็วต่ำ สำหรับตัวกลางที่เป็นพลาสติกควรใช้ความเร็วสูงกว่าความดัน

1) ลดประมาณ 0.2 -0.25 นิ้วน้ำต่อความลึกของตัวกลาง 1 เมตร

2) อัตราการไหลของ ของเหลวที่ผ่านตัวกลางเซรามิคประมาณ 2.11 – 42.2 กิโลกรัม/ชั่วโมง/ ตารางเมตร อัตราการไหลของ ของเหลวที่ผ่านตัวกลางพลาสติกประมาณ 63.34 - 84.46 กิโลกรัม/ชั่วโมง/ตารางเมตรค่าที่จำเป็นที่ต้องใช้ในการออกแบบมีดังนี้

- อัตราส่วนของของเหลวต่อก๊าซ
- ปริมาณของเหลวก๊าซออก
- เส้นผ่านศูนย์กลางของหอบรรจุตัวกลาง
- ความสูงของหอมบรรจุตัวกลาง

2.18.2 หาอัตราส่วนของของเหลวต่อก๊าซ

สูตรที่ใช้เป็นสูตรของการอนุรักษ์มวล คือ

$$Gm(y1-y2) = Lm(x2-x1) \qquad \text{.....(2.19)}$$

เมื่อ Gm = การไหลของก๊าซ (กรัมโมล/ชั่วโมง)

Lm = การไหลของของเหลว เช่น น้ำที่ใช้ดูดซึมสารในอากาศ(กรัมโมล/ชั่วโมง)

Y1 = ความเข้มข้นของสารที่มีกลิ่นในก๊าซ เช่น 1,000 ส่วนในล้านหรือ ppm ก็ จะเป็นสัดส่วน 0.001

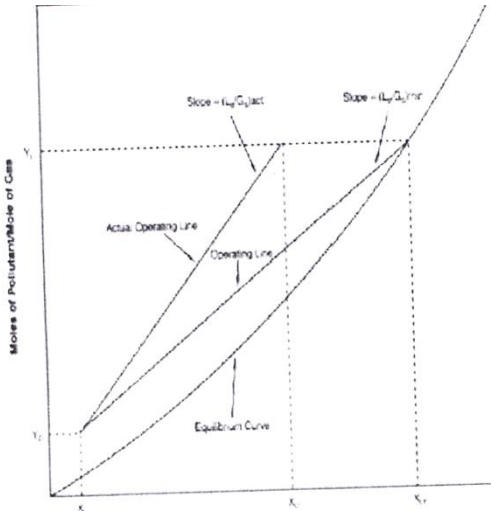
Y2 = ความเข้มข้นของสารที่มีกลิ่นในก๊าซขาออก เช่น 10ppm ก็จะเป็นสัดส่วน 0.00001 จะเห็นว่าเรากำหนดตรงนี้ได้ว่าจะให้ระบบมีประสิทธิภาพเท่าใดในการกำจัดสารที่มีกลิ่น

X1 = สัดส่วนของสารที่มีกลิ่นในของเหลวขาออก คิดเป็นเศษส่วนของโมลของ

เหลวทั้งหมด ต้องมีค่าไม่เกินความเป็นจริง เพราะของเหลวย่อมมีขีดจำกัดในการดูดซึมสารเคมีให้เปิด Solubility ของสารในของเหลวที่ใช้ โดยปกติเราจะให้ความเข้มข้นของสารในของเหลวที่ออกมาจากระบบบำบัดกลิ่นมีค่าต่ำ เพราะหากให้ค่าสูงมากเกินไป น้ำหรือของเหลวที่ใช้ก็จะน้อยไป และการสัมผัสระหว่างอากาศกับของเหลวจะไม่ได้ตาทฤษฎี ในตัวอย่างนี้จะให้ความเข้มข้นของแอมโมเนียในน้ำมีสัดส่วน X1 เป็น 0.0018 คือ 1 ลิตรมีน้ำอยู่ 1,000/นน. โมเลกุลน้ำ 18 = 1,000/18 = 55.5โมลและในนี้มีแอมโมเนีย 0.1 โมล (1.7 กรัมละลายอยู่) ดังนั้นสัดส่วน X1 = 0.1/55.5 = 0.0018

X2 = สัดส่วนของสารที่มีกลิ่นในของเหลวขาเข้า คิดเหมือน X1 ข้างบนแต่โดยปกติ น้ำที่เข้ามาจะมีแอมโมเนียน้อยมาก เช่น 0 กรัม ดังนั้น X2 มักจะเป็น 0 ยกเว้นกรณีที่มีการรีไซเคิลของเหลวหรือน้ำที่ใช้แล้วเพราะฉะนั้น ในตัวอย่างจะให้ X2 มีสัดส่วนเทียบกับน้ำ = 0 ตัวอย่าง

ข้างบนนี้จะได้ Gm (0.001-0.00001) = Lm (0.0018-0) Gm/Lm = 0.0018/0.00099 ~ ได้ประมาณ 1.8 กล่าวคือ อัตราส่วนของก๊าซจะมากกว่าน้ำ 1.8 เท่า (คิดเป็นโมล/โมล) แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างการละลายของสารที่มีกลิ่นในของเหลวกับความเข้มข้นในอากาศแสดงในรูป และในการทำงานจริงจะต้องเพิ่มปริมาณของเหลวให้มากกว่าที่คำนวณดังแสดงใน Actual Operating Line ดังแผนภาพ ความชันคือ m จะนำไปใช้คำนวณความลึกของตัวกลางในภายหลัง



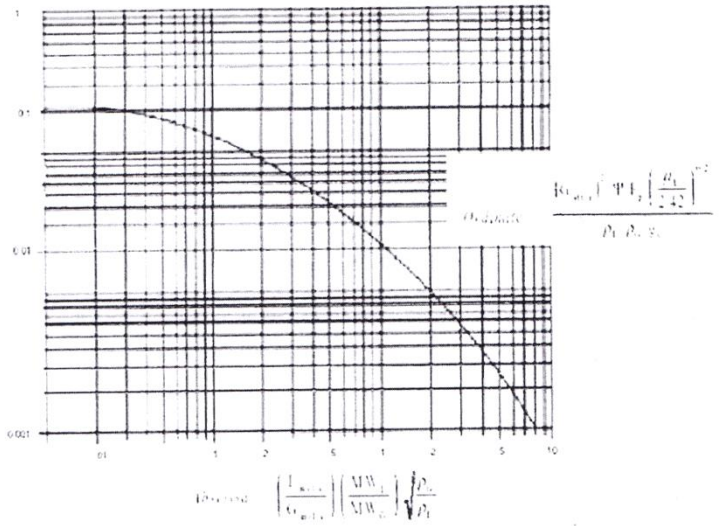
แผนภาพที่ 2.16 ความสัมพันธ์ระหว่างการละลายในของเหลวของสาร

2.18.3 การหาปริมาณของเหลวที่ต้องการ

ในการหาปริมาณของเหลวที่ต้องการนั้นจำเป็นต้องทราบข้อมูลปริมาณอากาศที่เข้าระบบ เช่น ตัวอย่างอากาศมีอัตราไหล 10 ลูกบาศก์เมตรต่อนาทีซึ่งเป็นอากาศที่มีแอมโมเนียปนเปื้อนย่อมจะหาปริมาณของเหลวที่ต้องการวัด เพราะอากาศ 10 ลบ.เมตร/นาที มีน้ำหนักประมาณ 10 กก./นาที (อากาศมีน้ำหนักประมาณ 1 กก.ต่อ 1ลบ. ม หรือ 2.2ปอนด์ ต่อ 1 ลบ ม.) และอากาศ 1 โมลมีน้ำหนักโมเลกุลประมาณ 29 กรัม อากาศ 10 กก./นาที = 10,000/29 = 341 โมล/นาที สมมุติให้แอมโมเนียเป็นสารที่ต้องการบำบัดกลิ่นและมีความเข้มข้น 1,000 ppm แอมโมเนียที่มีในอากาศ = 341 x 1000 x 10^-6 = 0.341 โมล/นาที (5.8กรัม/นาที) จากการคำนวณในข้อ 1 Lm =Gm/1.8 น้ำที่ต้องการ = 341/1.8ประมาณ 190 โมล/นาที = 190 x 18 = 3,420 กรัม/นาที =3.42 ลิตร/นาที

2.18.4 เส้นผ่านศูนย์กลางของหอบบรรจุตัวกลาง

หอบรรจุตัวกลางจะมีผลต่อความเร็วของอากาศที่ไหลผ่าน หากหอกว้างมากไปอากาศจะไหลผ่านที่ความเร็วต่ำแม้จะบำบัดได้ดี แต่บำบัดมวลของสารที่ทำให้เกิดกลิ่นได้น้อยไม่คุ้มค่ากับที่ก่อสร้าง หากหอแคบเกินไปความเร็วของอากาศจะสูงและดันน้ำที่ตกลงมาให้ย้อนขึ้นข้างบน ปกติแล้วค่าของเส้นผ่านศูนย์กลางหาได้จากกราฟด้านล่าง



แผนภาพที่ 2.17 เส้นผ่านศูนย์กลางหอบรรจุตัวกลาง

เมื่อ F_p = Packing Factor ข้อมูลดูในตารางหรือได้ข้อมูลจากผู้ขายตัวกลาง MW คือน้ำหนักโมเลกุลของของ หรืออากาศ (ที่มีตัวอักษร L) หรืออากาศ (G) เช่นน้ำหนัก = 18, อากาศ = 29 ค่า g เป็นค่าแรงโน้มถ่วงของโลก = 32.2 ฟุต/วินาที^{2} ค่า u เป็นความหนืดของเหลว หน่วยเป็นปอนด์/ฟุต-ชั่วโมง โดยปกติจะคำนวณของแกนนอน (Abscissa) ดังสูตรในกราฟนี้ก่อน แล้วลากเส้นจากค่าที่ได้ขึ้นไปชนเส้นกราฟ และหาค่าของแนวตั้ง (Ordinate) จะเห็นได้ว่าเราจะสามารถแทนค่าหา G ซึ่งเป็นอัตราการไหลของอากาศที่ผ่านสครับเบอร์ (หน่วยเป็นปอนด์ของอากาศ/วินาที-ตารางฟุตของหน้าตัดของตัวกลางที่ปูวางในนั้น) จากนั้นหาพื้นที่หน้าตัดของถัง (A) ได้จาก

$$A = \frac{G_{mol.l} MW_G}{3{,}600 G_{sfr,l} f} \qquad \text{.....(2.20)}$$

เมื่อ $G_{mol,l}$ = Molecular Flow Rate หรืออัตราการไหลของอากาศที่เข้าระบบ, โมล/ชั่วโมง

$G_{Sfr,l}$ = ค่า G ที่คำนวณได้ข้างบน f เป็น Flooding Factor มีค่า 0.60 – 0.75

3600 = แปลงชั่วโมงเป็นวินาที

2.18.5 ความสูงของหอบรรจุตัวกลาง

เมื่อได้เส้นผ่านศูนย์กลางของหอบรรจุกลางแล้วจะต้องคำนวณความสูงของตัวกลางที่เหมาะสม โดยต้องทราบข้อมูลว่าความสูงสำหรับตัวกลางประเภทต่างๆ ควรเป็นเท่าใด เพราะเป็นข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ดังนี้ กลิ่นและสารละลายที่ใช้ดูดซับ HCl (ก๊าซ) H_2O (น้ำ) ความสูง 0.18-0.34 เมตร, 0.34 เมตร,Cl_2 (ก๊าซ)N_aOH (ในน้ำ) ความสูง 0.24 – 0.37 เมตร,NH_3 (ก๊าซ) H_2O (น้ำ)ความสูง 0.09 –

0.21 เมตร,OH (ก๊าซ)H_2O (น้ำ) ความสูง 0.24 – 0.39 เมตร,H_2S (ก๊าซ) N_aOH (ในน้ำ) ความสูง 0.24 – 0.39 เมตร,NH_3 (ก๊าซ) H_2SO (ในน้ำ) ความสูง 0.9 – 0.16 เมตร ความสูงข้างบนนี้เป็นเพียงความสูง 1 หน่วยของที่เรียกกันว่าTransfer Unit เท่านั้น ระบบจะทำงานได้ดีต้องมีหลาย Transfer Unit ซึ่งเรียกจำนวน Transfer Unit นี้ว่า NTU ค่า NTU นี้หาจาก

$$K_{ln} = \frac{\ln\left[\left(\frac{y1-Mx_2}{Y0-Mx_2}\right)\left(1-\frac{1}{AF}\right)\left(+\frac{1}{AF}\right)\right]}{1-\frac{1}{AF}} \qquad \text{.....(2.21)}$$

Y_1 = ความเข้มข้นของสารที่มีกลิ่นในก๊าซ เช่น 1,000 ส่วนในล้านส่วน หรือ ppm ก็จะเป็นสัดส่วน 0.001

Y_0 = ความเข้มข้นของสารที่มีกลิ่นในก๊าซขาออกเช่น 10 ppm ก็จะเป็นสัดส่วน 0.00001 จะเห็นว่าเรากำหนดตรงนี้ได้ว่าจะให้ระบบมีประสิทธิภาพเท่าใดในการกำจัดสารที่มีกลิ่น

$$AF=\frac{L_{mol,I}}{mG_{mol,I}} \qquad \text{.....(2.22)}$$

เมื่อ Lmol,Iและ Gmol,Iเป็น Molecular Flow Rate หรืออัตราการไหลของของเหลวและอากาศที่เข้าระบบเป็นโมล/ชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งค่า m ที่ใกล้จุดสมดุลมีค่าใกล้ 0 ดังนั้น จะเห็นได้ว่าค่า NTU มีค่า ln y_1/y_2โดยประมาณ ค่าความสูงของหอบรรจุตัวกลาง = NTU x ความสูงของ 1 Transfer Unit เมื่อคำนวณได้ค่าดังกล่าวแล้วก็จะได้ค่าในการออกแบบครบถ้วน ส่วนความดันในระบบนั้นควรได้จากผู้ขายตัวกลางปกติประมาณ 0.5 – นิ้ว น้ำต่อความหนาของตัวกลาง 1 ฟุต ในการใช้งานทั่วไป ตารางที่ 2.6 ความเร็วลม (Captive Velocites) ที่เหมาะสม

2.19 ปั๊มน้ำแรงดันสูง

ปั๊มน้ำเป็นอุปกรณ์เพิ่มแรงดันน้ำ ซึ่งส่วนใหญ่ทำงานด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า ทำหน้าที่เป็นต้นกำลังหมุนส่งกำลังให้ปั๊มน้ำทำงาน เพิ่มแรงดันให้น้ำและส่งน้ำไปตามท่อ
ปั๊มน้ำแบ่งเป็นสองแบบ

2.19.1 ปั๊มน้ำแบบลูกสูบ ทำงานด้วยการชักลูกสูบเลื่อนไปมา และมีวาล์วเปิดปิดน้ำเข้าออกจากลูกสูบ เป็นการเพิ่มแรงดันให้น้ำโดยตรง

2.19.2 ปั๊มน้ำแบบใบพัด ทำงานด้วยการหมุนของใบพัดในเสื้อปั๊มที่ได้รับการออกแบบมาเฉพาะทำให้เกิดแรงดันในเสื้อปั๊มจ่ายไปตามท่อได้ ส่วนใหญ่มีท่อดูดทางด้านหน้าตรงกลางปั๊ม และมีท่อออกข้างในแนวเส้นสัมผัสกับตัวปั๊ม

ขนาดของปั๊มน้ำ

โดยทั่วไปจะระบุขนาดของปั๊มน้ำด้วยกำลังหรือขนาดของมอเตอร์ที่ใช้หมุนปั๊ม เช่น ปั๊มน้ำขนาด 200 วัตต์, ปั๊มน้ำขนาด 400 วัตต์ ซึ่งใช้เลือกปั๊มได้เพียงคร่าวๆ เท่านั้น เพราะการเลือกใช้ปั๊มต้องดูว่าปั๊มสามารถจ่ายปริมาณน้ำได้มากแค่ไหนเพียงพอกับการใช้งานหรือไม่ และที่แรงดันน้ำที่ต้องการหรือไม่ ปริมาณการจ่ายน้ำแสดงเป็นปริมาณในหน่วยปริมาตรน้ำต่อเวลา หมายถึง ปั๊มน้ำสามารถจ่ายน้ำได้มากเท่าไหร่ในช่วงเวลาหนึ่ง เช่น 6 ลิตร/นาที (l/min) หมายถึง ปั๊มน้ำสามารถจ่ายน้ำได้ปริมาณ 6 ลิตรในเวลา 1 นาที แรงดันน้ำแสดงเป็นความสูงของน้ำ (เมตร) (ที่จริงหน่วยของแรงดันน้ำเป็นขนาดของแรงต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ ซึ่งปรับเทียบให้เป็นความสูงของน้ำเพื่อให้ง่ายในการใช้งาน) ความสูงน้ำ 10 เมตร ประมาณแรงดัน = 1 bar หรือ ประมาณ 1kg/cm^{2}ปั๊มทำงานจ่ายน้ำได้ที่ความสูงปลายท่อสูงเท่าไหร่ เช่น 10 เมตร หมายถึงปั๊มจ่ายน้ำได้เมื่อความสูงปลายท่อสูง 10 เมตร

รูปที่ 2.7 ปั๊มน้ำแรงดันสูง

2.20 โรตามิเตอร์ (Rotameter)

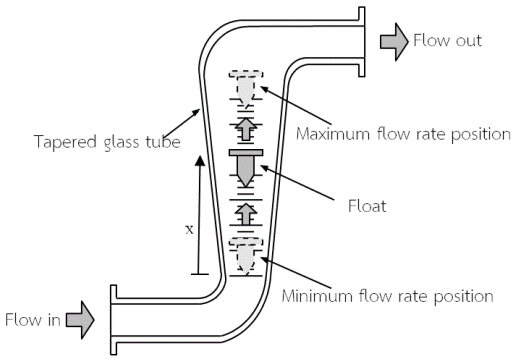
โรตามิเตอร์ (Rotameter) เป็นอุปกรณ์ใช้วัดการไหล (Flow measurement) ที่สามารถใช้วัดการไหลได้ทั้งของเหลวและก๊าซ โครงสร้างโดยทั่วไปของโรตามิเตอร์ประกอบด้วยท่อแก้วใสลักษณะเป็นรูปทรงกรวยวางตัวอยู่ในแนวตั้ง ภายในมีลูกลอย (Float) ที่สามารถเลื่อนขึ้นเลื่อนลงได้อย่างอิสระตามค่าอัตราการไหลของของไหล (รูปที่2. 9) โดยทั่วไปลูกลอยทำจากทองเหลือง สแตนเลส หรือพลาสติกชนิดพิเศษ ลูกลอยที่อยู่ภายในโรตามิเตอร์มีหลายรูปทรง (รูปที่ 2.10) มีจุดอ่านค่าแสดงไว้บนลูกลอยออกแบบตามคุณสมบัติของไหลที่ต้องการวัดการไหลและย่านการวัด (Range) อัตราการไหล เช่น ลูกลอยแบบทรงกลมเหมาะสำหรับการวัดอัตราการไหลในย่านความเร็วต่ำ สำหรับรูปทรงอื่น ๆ มีความเหมาะสมกับการใช้งานแต่ละงานที่แตกต่างกันไป โดยส่วนใหญ่ใช้ลูกลอยที่มีขอบเพื่อสร้างลักษณะการไหลแบบปั่นป่วน (Turbulent flow)

โดยทั่วไปท่อทรงกรวยทำจากแก้วใสเพื่อให้สามารถสังเกตเห็นการเคลื่อนที่ของลูกลอยได้อย่างชัดเจน ซึ่งความทนทานของโรตามิเตอร์ชนิดท่อแก้วขึ้นอยู่กับสภาวะการใช้งาน โดยความทนทานของท่อแก้วจะลดลงหรือเกิดการแตกได้ง่ายภายใต้สภาวะการใช้งานความดัน (Pressure) สูง หรืออุณหภูมิ

(Temperature) สูง ดังนั้น ในการใช้งานบางกรณีที่ไม่สามารถใช้ท่อแก้วได้อาจออกแบบพิเศษใช้ท่อโลหะ หรือในจุดใช้งานที่ไม่สามารถอ่านค่าโดยตรงจากลูกลอยได้อาจใช้โรตามิเตอร์ร่วมกับเครื่องมือวัดระดับ (Level measurement) หรือระยะการเคลื่อนที่ (Displacement measurement) ของลูกลอย โดยทำการสอบเทียบ (Calibration) ค่าระยะการเคลื่อนที่ที่วัดได้กับค่าอัตราการไหลที่เกิดขึ้น

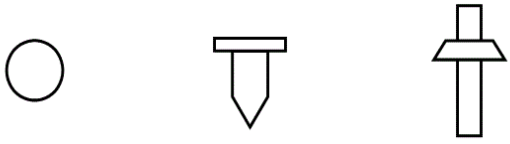
รูปที่ 2.8 โรตามิเตอร์

(อ้างอิงจาก: http://www.in.all.biz/rotameters)



รูปที่ 2.9 ลักษณะโครงสร้างของโรตามิเตอร์และทิศทางการไหลของของไหล

(อ้างอิงจาก: นวภัทรา และ ทวีพล, 2555)



รูปที่ 2.10 ตัวอย่างลักษณะลูกลอยแบบต่าง ๆ

(อ้างอิงจาก: นวภัทรา และ ทวีพล, 2555)

การวัดการไหลด้วยโรตามิเตอร์ต้องควบคุมค่าความดันตกคร่อมระหว่างพื้นที่ด้านล่าง (1) และด้านบนเหนือลูกลอย ($P_1 - P_2$)ให้คงที่ ซึ่งทำได้โดยการออกแบบท่อโรตามิเตอร์ให้มีขนาดพื้นที่หน้าตัด

เปลี่ยนแปลงตามค่าอัตราการไหล หรือ $Q_a \propto A_2$ ส่งผลให้ท่อดังกล่าวออกแบบมีลักษณะเป็นรูปกรวยหงายขึ้น นั่นคือ เมื่ออัตราการไหลเพิ่มสูงขึ้นพื้นที่หน้าตัดของท่อมีค่าเพิ่มสูงขึ้น

โรตามิเตอร์ต้องติดตั้งโรตามิเตอร์ในแนวตั้ง ให้ของไหลที่ต้องการวัดไหลเข้าไปภายในอุปกรณ์วัดทางด้านล่างผ่านลูกลอยขึ้นไป โดยลูกลอยจะลอยนิ่งอยู่กับที่เมื่อแรงดันที่ของไหลยกให้ลูกลอยลอยขึ้นสมดุลกับน้ำหนักของลูกลอยที่ตำแหน่งนี้เป็นจุดที่ใช้สำหรับอ่านค่าอัตราการไหล โดยเครื่องมือวัดชนิดนี้สามารถวัด การไหลได้เพียงทิศทางเดียวเท่านั้น เมื่อลูกลอยเปลี่ยนตำแหน่งสูงขึ้น พื้นที่หน้าตัดที่ของไหลสามารถไหลผ่านได้จะมีค่าเพิ่มมากขึ้น เพื่อเป็นการรักษาความดันตกคร่อมให้คงที่ ในบางครั้งจึงเรียกอุปกรณ์วัดชนิดนี้ว่า “Variable area flow meter” หรือ “Constant pressure drop flow meter”

โรตามิเตอร์เหมาะสำหรับวัดอัตราการไหลของไหลที่มีความเร็วต่ำที่แผ่นออริฟิส (Orifice plate) ท่อเวนจูรี (Venturi tube) และนอซเซิล (Nozzle) ไม่สามารถใช้วัดได้ ย่านการวัด (Range) ของโรตามิเตอร์โดยทั่วไปมีค่าประมาณ 10:1 (อัตราส่วนของอัตราการไหลสูงสุดต่ออัตราการไหลต่ำสุด) และสำหรับลูกลอยที่มีลักษณะเป็นขอบคม (Sharp edge) ย่านการใช้งานอาจมากถึง 100:1 ที่มา: การวัดและเครื่องมือวัด ประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร (นวภัทรา และ ทวีพล, 2555)

2.21 กรองเลส Hurricane

รูปที่ 2.11 กรองเลส Hurricane

(อ้างอิง:

http://www.auto191.com/index.php?lay=show&ac=article&Id=524148&Ntype=30**)**

2.22 เกจวัดแรงดันน้ำวัดแรงดันได้ 0-200 บาร์

เกจวัดแรงดันน้ำวัดแรงดันได้ 0-200 บาร์ เกลียวทองเหลืองขนาด 2 หุน เมื่อน้ำไหลผ่านเกจวัดแรงดันเข็มของเกจวัดแรงดันจะเลื่อนไปยังตำแหน่งวัดระดับของแรงดันน้ำเมื่อผ่านหัวฉีดของเครื่องกำจัดฝุ่นแบบเปียกชนิดแรงดันน้ำสูง

รูปที่ 2.12 เกจวัดแรงดันน้ำวัดแรงดันได้ 0-200 บาร์

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการ

การออกแบบและสร้างชุดทดสอบระบบการบำบัดฝุ่นอุตสาหกรรมชนิดเปียก แบบแรงดันน้ำสูงให้เป็นผลสำเร็จได้นั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องผ่านการคิดวิเคราะห์ การวางแผน การศึกษาค้นคว้า การสรุปกรอบของแนวคิด การคำนวณทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนกำหนดขนาดของแบบทดลอง เพื่อให้การดำเนินงานบรรลุวัตถุประสงค์ แสดงออกถึงการทำงานอย่างมีระเบียบแบบแผน เหมาะสมที่จะใช้เป็นคู่มืออ้างอิงต่อยอดการทำงานได้ในอนาคต

เครื่องกำจัดฝุ่นแบบเปียกชนิดแรงดันน้ำสูง หลักการทำงานคือใช้หลักความสมดุลระหว่างแรงดันน้ำกับอากาศ โดยใช้ Blower เป็นตัวดูดอากาศเสียเข้าไปในระบบและใช้หัวฉีดสเปรย์เพียง 1 หัวทำการพ่นน้ำที่แรงดันสูง จนน้ำที่ออกจากหัวฉีดกลายเป็นฝุ่นละอองฝอย เมื่ออากาศเสียที่เข้ามาจากท่อดูดมาเจอกับละอองน้ำจะเกิดการสัมผัสกันและจับตัวกันกลายเป็นหยดน้ำตกตะกอนลงไปในถังด้านล่าง

3.1 ขั้นตอนการวางแผนการและการเตรียมการ

3.1.1 ศึกษาการทำงานของระบบบาบัดอากาศเสีย (Air Pollution System) ทั้งจากตำราและการหาตัวอย่างจากฐานข้อมูลในอินเตอร์เน็ต เพื่อให้ทุกคนในทีมงานทราบกลไกการทำงานของระบบบำบัดอากาศเสีย (Air Pollution System) และสามารถนำมาประยุกต์กับแนวคิดเรื่องการกำจัดฝุ่นได้

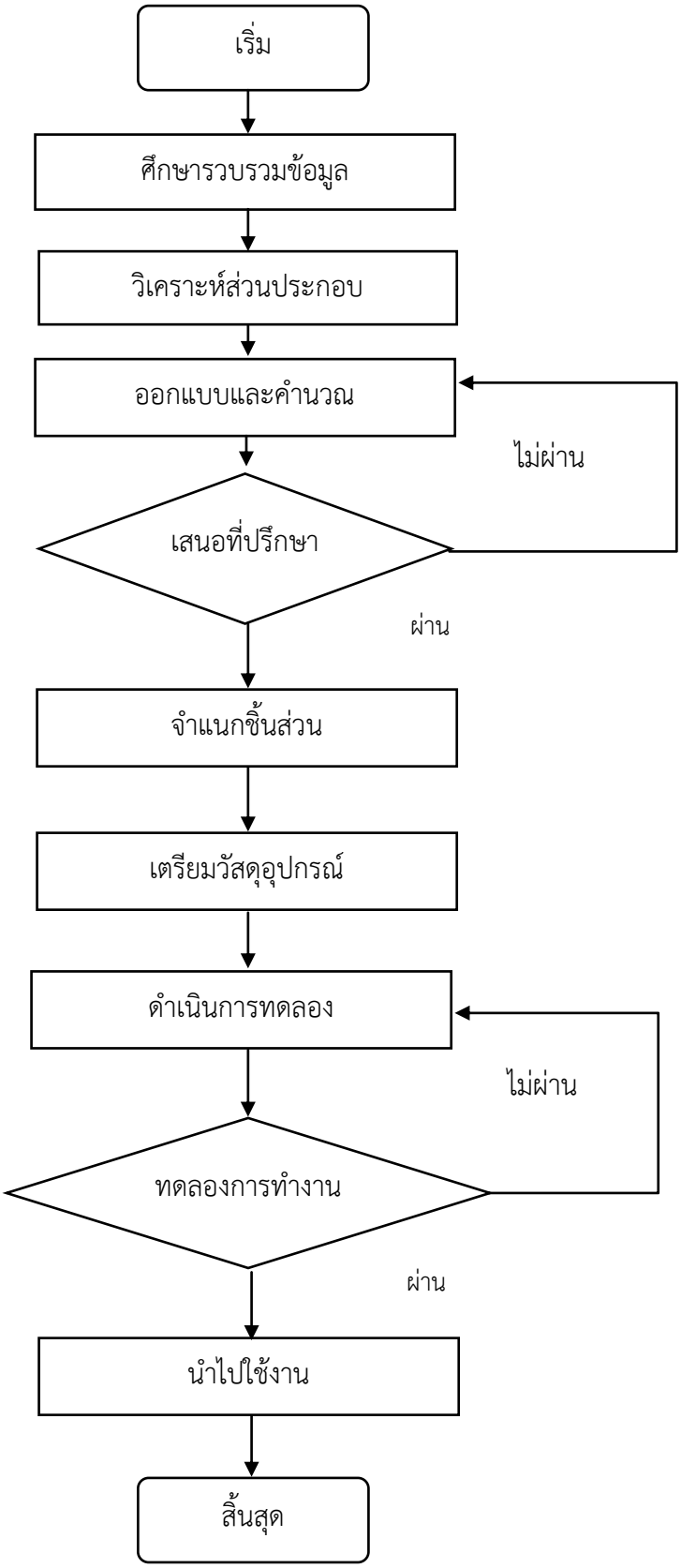
3.1.2 ออกแบบโครงสร้างด้วยโปรแกรมเขียนแบบ เพื่อกำหนดรายละเอียดวัสดุและขนาดของชิ้นส่วนต่างๆ ให้เสมือนจริงมากที่สุด และเพื่อให้ง่ายต่อการกระจายงานให้ทีมงาน

3.1.3 วิเคราะห์ชิ้นส่วนแต่ละชั้นว่าชิ้นใดสามารถจัดซื้อ สั่งสร้างหรือทำเองด้วยงบประมาณเท่าใด คุ้มค่าหรือไม่ ภายใต้กรอบของงบประมาณที่จัดทำ

3.1.4 สำรวจตลาด สอบถามและเปรียบเทียบราคาวัสดุต่างๆ จากผู้ผลิตและจำหน่ายหลายๆ แห่งเพื่อให้ได้ราคาที่เหมาะสมมากที่สุด หากเป็นงานที่ต้องสั่งสร้างจะได้กำหนดวันและเวลารับงานให้ทันแผนการทำงานพอดี เพราะหากผู้ผลิตไม่สามารถดำเนินการได้ตามแผนการที่กำหนดแม้เพียง 1 รายการ อาจทำให้การทดลองทั้งหมดล่าช้าออกไปได้

3.1.5 รวบรวมวัสดุอุปกรณ์และจัดหาสถานที่ประกอบชิ้นส่วนเมื่อ ได้ชิ้นส่วนและโครงสร้างครบแล้วจึงเริ่มสร้างแบบทดลอง

3.1.6 การดำเนินการสร้างเครื่องบำบัดมลภาวะทางอากาศจากกระบวนการเผาไหม้



แผนภูมิ 3.1 FLOW CHART แสดงขั้นตอนการดำเนินงาน

3.2 ขั้นตอนการออกแบบและคำนวณ

เมื่อได้ศึกษาเก็บข้อมูลเรียบร้อยแล้วจึงเริ่มสเก็ตแบบและเขียนแบบส่วนประกอบต่างๆ ของชุดทดสอบแยกผงเหล็กออกจากอากาศจากนั้นทำการแยกชิ้นส่วนที่ต้องจัดทำเองหรือจัดซื้อเมื่อทำการจำแนกได้แล้วจะต้องคำนวณหาค่าต่างๆ ที่เป็นมาตรฐานของอุปกรณ์ที่ขายตามท้องตลาด

3.2.1 ขั้นตอนการออกแบบศึกษาถึงส่วนประกอบที่สำคัญและลักษณะการทำงานของชุดทดสอบรวมไปถึงรูปลักษณ์ของชุดทดสอบว่าด้วยควรจะเป็นในรูปแบบใด พร้อมทั้งสเก็ตส่วนต่างๆ ของชุดทดสอบ

3.2.2 ขั้นตอนการคำนวณ เมื่อทำการออกแบบชิ้นส่วนของชุดทดสอบแล้ว ก็จะเป็นการคำนวณหาขนาดและความสามารถของชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้เช่น ลม, ท่อ

3.2.3 การคำนวณความหนาแน่นของอากาศ

$$\rho = \rho_{stp}\left(\frac{T_{stp}}{T}\right) \qquad \text{.....(3.1)}$$

เมื่อ ρ = ความหนาแน่น, lbm/ft^3

ρ_{stp} = ความหนาแน่นของอากาศที่สภาวะมาตรฐานมีค่า 0.075

T_{stp} = อุณหภูมิของอากาศที่สภาวะมาตรฐาน 70° F, T_{stp}

= $T(F^{\circ}) + 460) = 70^{\circ}$ F+460 = 530R

T = อุณหภูมิสมบูรณ์ของอากาศ, ณ วันที่ทำการทดสอบ (14-08-2011)

เท่ากับ 30° C หรือ เท่ากับ 86° F, T_{stp}

T = 86° F +460 = 546 R

แทนค่า

$$\rho = 0.075\left(\frac{IBM}{ft^3}\right)\left(\frac{530R}{546R}\right) = 0.0728\ lbm/\ ft^{23} \qquad \text{.....(3.2)}$$

ดังนั้น ความหนาแน่นของอากาศที่สภาวะมาตรฐาน ซึ่งมีอุณหภูมิสมบูรณ์เท่ากับ 546 R มีค่าเท่ากับ 0.0728 lbm / ft^3

3.2.4 การคำนวณหาอัตราการไหลของอากาศ

$$Q=AV \qquad \text{.....(3.3)}$$

จากสูตร

เมื่อ Q = อัตราการไหลเชิงปริมาตร มีหน่วยเป็น Cpm

A = พื้นที่หน้าตัดของช่วงทางการไหล มีหน่วยเป็น ft^2

V = ความเร็ว เฉลี่ย (Average Velocity) ของอากาศมีหน่วยเป็น ฟุต/นาที

หาค่า A จากสูตร พื้นที่หน้าตัดของท่อกลม $\frac{\pi}{4}D^2$

D = เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อที่ใช้ในการทดสอบเท่ากับ 4 in หรือ 4/12 = 0.33 ft แทนค่า

A = $\frac{\pi}{4}(0.33)^2$ = 0.0872 ft^2

ดังนั้น พื้นที่หน้าตัดของท่อที่ใช้ในการทดสอบ เท่ากับ 0.0872 ft^2

หาค่า V ; ในที่นี้จะหาค่า V จากการทดสอบโดยนำแผ่นกั้นแบ่งเป็น 10 ช่อง ช่องละ 10 มิลลิเมตร

เพื่อหาค่าความเร็วของอากาศที่เสถียรและมากที่สุด โดยทำการเปิดแผ่นกั้นทีละช่องช่องละ 5 นาทีพบว่าค่า V ที่ดีที่สุด คือ

1) 5.4 m/s ที่ระยะเลื่อน 3 ซม.
2) 6.5 m/s ที่ระยะเลื่อน 4 ซม.
3) 7.7 m/s ที่ระยะเลื่อน 5 ซม.
4) 8.4 m/s ที่ระยะเลื่อน 6 ซม.
5) 9.5 m/s ที่ระยะเลื่อน 7 ซม.
6) 9.3 m/s ที่ระยะเลื่อน 8 ซม.
7) 9.5 m/s ที่ระยะเลื่อน 9 ซม.
8) 10 m/s ที่ระยะเลื่อน 10 ซม.

วิธีแปลงหน่วย m/s เป็น fpm เมื่อ 1fpm = 0.0508 m/s

1) 5.4 m/s ที่ระยะเลื่อน 3 ซม.

$$V = \frac{(5.4\ m/s) \times (1\ fpm)}{(0.00508\ m/s)}$$

$$= 1{,}062.992\ fpm$$

ดังนั้น V ที่ได้จากการทดสอบจะเท่ากับ 1062.992 fpm หรือ (ft / min)

แทนค่า Q = AV

= $(0.0872\ ft^2) \times (1062.992\ ft / min)$

= $(92.69\ ft^2 / min)$ หรือ 92.69 cfm

ดังนั้น อัตราการไหลของอากาศขณะทดสอบเท่ากับ 92.69 cfm #

2) 6.5 m/s ที่ระยะเลื่อน 4 ซม.

$$V = \frac{(6.25\ m/s) \times (1\ fpm)}{(0.00508\ m/s)}$$

$$= 1{,}279.527\ fpm$$

ดังนั้น V ที่ได้จากการทดสอบจะเท่ากับ 1279.527 fpm หรือ (ft / min)

แทนค่า Q = AV

= $(0.0872\ ft^2) \times (1279.527\ ft / min)$

= $(111.57\ ft^2 / min)$ หรือ 111.57 cfm

ดังนั้น อัตราการไหลของอากาศขณะทดสอบเท่ากับ 111.57 cfm #

3) 7.7 m/s ที่ระยะเลื่อน 5 ซม.

$$V = \frac{(7.7\ m/s) \times (1\ fpm)}{(0.00508\ m/s)}$$

$$= 1{,}5515.748\ fpm$$

ดังนั้น V ที่ได้จากการทดสอบจะเท่ากับ 15515.748 fpm หรือ (ft / min)

แทนค่า Q = AV

= $(0.0872\ ft^2) \times (15515.748\ ft / min)$

= $(132.17\ ft^2 / min)$ หรือ cfm

ดังนั้น อัตราการไหลของอากาศขณะทดสอบเท่ากับ 132.17 cfm #

4) 8.4 m/s ที่ระยะเลื่อน 6 ซม.

$$V = \frac{(8.4m/s) \times (1\ fpm)}{(0.00508\ m/s)}$$

$$= 1{,}653.593\ fpm$$

ดังนั้น V ที่ได้จากการทดสอบจะเท่ากับ 1,653.593 fpm หรือ (ft / min)

แทนค่า Q = AV

= (0.0872 ft^2) x (1,653.593 ft / min)

= (144.18 ft^2 /min) หรือ144.18 cfm

ดังนั้น อัตราการไหลของอากาศขณะทดสอบเท่ากับ 144.18 cfm #

5) 9.5 m/s ที่ระยะเลื่อน 7 ซม.

$$V = \frac{(9.5\ m/s) x (1\ fpm)}{(0.00508\ m/s)}$$

= 1,870.078 fpm

ดังนั้น V ที่ได้จากการทดสอบจะเท่ากับ 1,870.078 fpm หรือ (ft / min)

แทนค่า Q = AV

= (0.0872 ft^2) x (1,870.078 ft / min)

= (163.07 ft^2 /min) หรือ163.07 cfm

ดังนั้น อัตราการไหลของอากาศขณะทดสอบเท่ากับ 163.07 cfm #

6) 9.3 m/s ที่ระยะเลื่อน 8 ซม.

$$V = \frac{(9.3\ m/s) x (1\ fpm)}{(0.00508\ m/s)}$$

= 1,830.708 fpm

ดังนั้น V ที่ได้จากการทดสอบจะเท่ากับ 1830.708 fpm หรือ (ft / min)

แทนค่า Q = AV

= (0.0872 ft^2) x (1,830.708 ft / min)

= (159.63 ft^2 /min) หรือ cfm

ดังนั้น อัตราการไหลของอากาศขณะทดสอบเท่ากับ 159.63 cfm #

7) 9.5 m/s ที่ระยะเลื่อน 9 ซม.

$$V = \frac{(9.5\ m/s) x (1\ fpm)}{(0.00508\ m/s)}$$

= 1,870.078 fpm

ดังนั้น V ที่ได้จากการทดสอบจะเท่ากับ 1,870.078 fpm หรือ (ft / min)

แทนค่า Q = AV

= $(0.0872\ ft^2)$ x (1,870.078 ft / min)

= $(163.07\ ft^2$ /min) หรือ163.07 cfm

ดังนั้น อัตราการไหลของอากาศขณะทดสอบเท่ากับ 163.07 cfm #

8) 10 m/s ที่ระยะเลื่อน 10 ซม.

$$V = \frac{(10\ m/s) \times (1\ fpm)}{(0.00508\ m/s)}$$

= 1,968.503 fpm

ดังนั้น V ที่ได้จากการทดสอบจะเท่ากับ 1,968.503 fpm หรือ (ft / min)

แทนค่า Q = AV

= $(0.0872\ ft^2)$ x (1,968.503 ft / min)

= $(171.65\ ft^2$ /min) หรือ 171.65 cfm

ดังนั้น อัตราการไหลของอากาศขณะทดสอบเท่ากับ 171.65 cfm #

3.3 การจัดเตรียมชิ้นส่วนและการดำเนินการจัดสร้างเครื่องบำบัดมลภาวะทางอากาศจากกระบวนการเผาไหม้

3.3.1 ตัวโครงสร้างตัวถังสำหรับโครงสร้างตัวถังเครื่องบำบัดมลภาวะทางอากาศจากกระบวนการเผาไหม้แรงดันน้ำสูงเลือกใช้แผ่นสแตนเลสที่มีความหนา 2 มิลลิเมตร มาทำการม้วนขึ้นรูปให้เป็นถังทรงกลมให้ได้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 เซนติเมตรและเชื่อมด้วยวิธีการเชื่อมไฟฟ้าให้ได้ขนาดคือ 40 x 70 เซนติเมตรตกแต่งรอยเชื่อมด้วยเครื่องเจียระไนมือ

รูปที่ 3.1 โครงสร้างของการสร้างเครื่องบำบัดมลภาวะทางอากาศจากกระบวนการเผาไหม้

3.3.2 โครงสร้างสำหรับยึดติดอุปกรณ์ทำจากเหล็กกล่อง 1x1นิ้ว เพื่อรองรับติดกับตัวถังของเครื่องบำบัดมลภาวะทางอากาศจากกระบวนการเผาไหม้ แรงดันน้ำสูงทำการเชื่อม โครงสร้างสำหรับยึดติดอุปกรณ์ด้วยการเชื่อมระบบไฟฟ้าให้ได้ขนาดตามที่กำหนดไว้

รูปที่ 3.2 โครงสร้างสำหรับยึดติดอุปกรณ์เครื่องบำบัดมลภาวะทางอากาศจากกระบวนการเผาไหม้

3.3.3 ปั้มน้ำอัตโนมัติแรงดันสูงหลักการทำงานทางด้านการไหลเหมือนกับปั้มหอยโข่งทั่วๆ ไป กล่าวคือ ขณะของเหลวบรรจุเต็มเรือนโพรงเครื่องสูบ และใบพัดหมุนที่อัตราเร็วรอบหนึ่ง จะเกิดสุญญากาศใบบริเวณกลางใบพัด ผลของสุญญากาศจะดึงเอาของเหลวที่ไหลตามมาจากทางเข้าเครื่องสูบ ผลค่างระหว่างความดันทำให้เกิดการเคลื่อนที่ และไหลเข้าศูนย์กลางของใบพัดและถูกเหวี่ยงออกจากใบพัดด้วยความเร็วสูงมาก ของเหลวที่ไหลออกด้วยความเร็วสูงจะไหลผ่านช่องทางรอยม้วนรูปก้นหอยในเรือนโพรงเครื่องสูบ เนื่องจากพื้นที่หน้าตัดของช่องทางค่อยๆ เพิ่มขึ้นจึงทำให้พลังงานของของเหลวเปลี่ยนเป็นพลังงานศักย์ ทำให้ของเหลวมีความดันสูงขึ้นขณะไหลออกจากเครื่องสูบ

สำหรับปั้มน้ำอัตโนมัติแบบธรรมดาจะให้แรงดันที่ต่ำกว่าและจ่ายน้ำในปริมาณ 45-60 (ลิตร/นาที) ทำให้มีปริมาณการใช้น้ำที่สิ้นเปลืองกว่าปั้มน้ำอัตโนมัติแรงดันสูง

รูปที่ 3.3 ปั๊มน้ำแรงดันสูง

3.3.4 เกจวัดแรงดันน้ำวัดแรงดันได้ 0-200 บาร์ เกลียวทองเหลืองขนาด 2 หุน เมื่อน้ำไหลผ่านเกจวัดแรงดันเข็มของเกจวัดแรงดันจะเลื่อนไปยังตำแหน่งวัดระดับของแรงดันน้ำเมื่อผ่านหัวฉีดของเครื่องกำจัดฝุ่นแบบเปียกชนิดแรงดันน้ำสูง

รูปที่ 3.4 เกจวัดแรงดันวัดแรงได้ 0-200 บาร์

3.3.5 พัดลมดูดอากาศ UFO Fan รุ่น UF-240 ที่ใช้ในเครื่องบำบัดมลภาวะทางอากาศจากกระบวนการอบปาล์ม มอเตอร์ : 145/200 W 2P 1Phase ปริมาณลม : 5.3/6.1 m3/min Pressure : 38/56 mm.aq. เสียง : 63/66 dB.

รูปที่ 3.5 พัดลมดูดอากาศ UFO Fan รุ่น UF-240

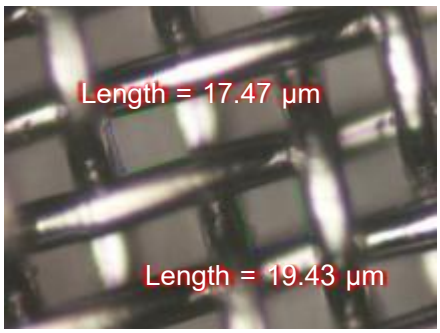
3.3.6 โรตามิเตอร์ (Rotameter) ที่ใช้ในเครื่องบำบัดมลภาวะทางอากาศจากกระบวนการอบปาล์ม

รูปที่ 3.6 โรตามิเตอร์

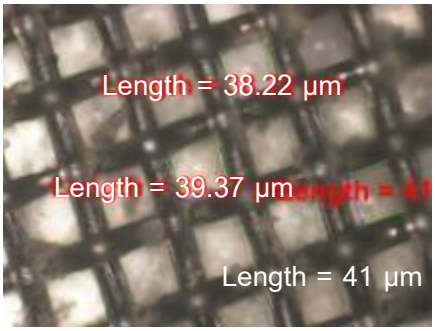
3.3.7 กรองอาการ ที่ใช้ในเครื่องบำบัดมลภาวะทางอากาศจากกระบวนการเผาไหม้

รูปที่ 3.7 กรองเลส Hurricane

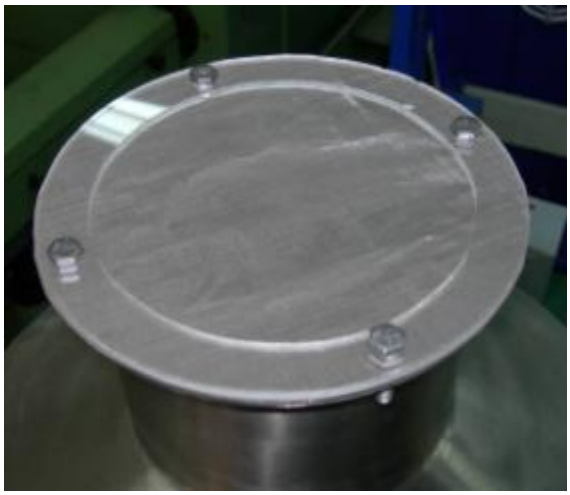
3.4 ฟิลเตอร์กรองฝุ่นวัสดุทำจากอลูมินั่มขนาดของแผ่นฟิลเตอร์ที่นำมาใช้ในการกรองผงฝุ่นอลูมินั่มมี 2 ขนาด (18ไมครอน และ 40 ไมครอน)



รูปที่ 3.8 ขนาดของฟิลเตอร์กรองฝุ่นที่ใช้ในการทดสอบ (18 ไมครอน)(กำลังขยาย 20X)



รูปที่ 3.9 ขนาดของฟิลเตอร์กรองฝุ่นที่ใช้ในการทดสอบ (40ไมครอน)(กำลังขยาย 20X)



รูปที่ 3. 10 ฟิลเตอร์กรองฝุ่นที่ใช้ในเครื่องกำจัดฝุ่นแบบเปียกชนิดแรงดันน้ำสูง

บทที่ 4
ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผลการทดสอบ

ผลการดำเนินโครงการพัฒนา เครื่องกำจัดฝุ่นแบบเปียกชนิดแรงดันน้ำสูงและประเมินผลงานวิจัย นอกจากพิจารณาการออกแบบโครงสร้างเครื่องกำจัดฝุ่นแบบเปียกชนิดแรงดันน้ำสูงแล้วผลจากการทดสอบใช้งานจริงจะเป็นข้อมูลที่นำมาใช้อ้างอิงถึงผลการดำเนินงานของเครื่องกำจัดฝุ่นแบบเปียกชนิดแรงดันน้ำสูงโดยแบ่งช่วง การทดสอบเป็นชุดละ 10 ครั้ง เพื่อให้ได้ค่าที่ดีที่สุด

4.1 ลำดับขั้นตอนการทดสอบ

4.1.1 ขั้นตอนการเตรียมชุดทดสอบและอุปกรณ์ในการทดสอบวัดค่าแรงลม

1) จัดเตรียมแอนีโมมิเตอร์ที่ใช้ในการวัดค่าความเร็วลม

รูปที่ 4.1 แอนีโมมิเตอร์

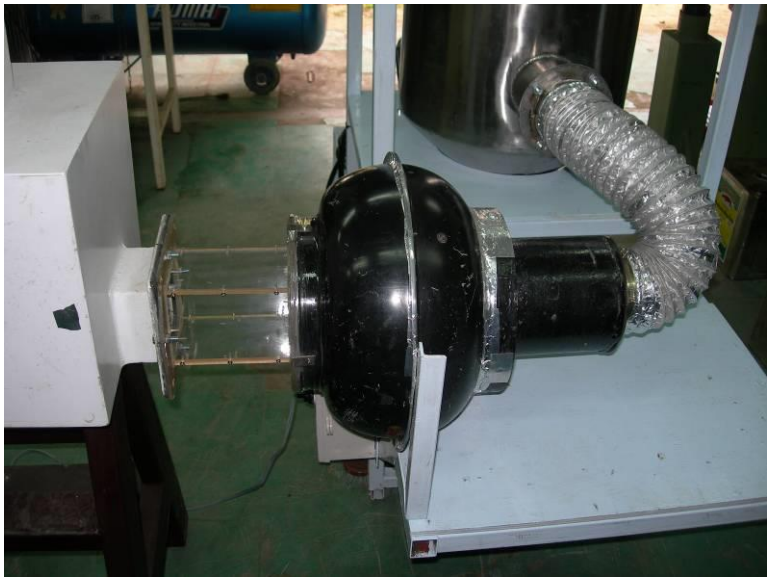
2) จัดเตรียมอุปกรณ์ เช่น ไขควง คีมล็อค

3) จัดเตรียมชุดห้องทดสอบและอุปกรณ์ชุดต่อเข้ากับตัวดูดอากาศ

รูปที่ 4.2 ชุดห้องทดสอบและอุปกรณ์ชุดต่อเข้ากับตัวดูดอากาศ

4.1.2 ขั้นตอนการทดสอบวัดค่าแรงลม

1) ติดตั้งชุดห้องทดสอบเข้ากับเครื่องดูดอากาศของเครื่องกำจัดฝุ่นแบบเปียกชนิดแรงดันน้ำสูงให้แน่นไม่ให้ลมรั่วออกได้



รูปที่ 4.3 ติดตั้งชุดห้องทดสอบเข้ากับตัวเครื่องกำจัดฝุ่นแบบเปียกชนิดแรงดันน้ำสูง

2) เปิดเครื่องดูดอากาศของเครื่องกำจัดฝุ่นแบบเปียกชนิดแรงดันน้ำสูง

3) นำแผ่นกั้นของชุดห้องทดสอบที่มี 10 ช่องขนาดช่องละ10 มิลลิเมตรออกทีละหนึ่งช่องจนครบ 10 ช่องเก็บข้อมูลที่ได้จำนวน 10 ครั้ง

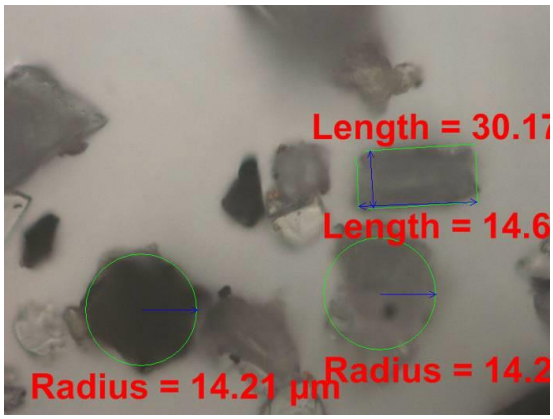
รูปที่ 4.4 แผ่นกั้นของชุดทดสอบจำนวน10 ช่อง ขนาดช่องละ 10 มิลลิเมตร

4) ทำการวัดค่าแรงลมด้วยเครื่องแอนีโมมิเตอร์และเก็บผลทดสอบตามค่าที่ได้จำนวน 10 ครั้ง บันทึกผลขณะที่แรงลมเสถียรที่สุด

รูปที่ 4.5 การวัดค่าแรงลมด้วยเครื่องแอนีโมมิเตอร์

4.1.3 จัดเตรียมวัสดุและอุปกรณ์ต่างๆ

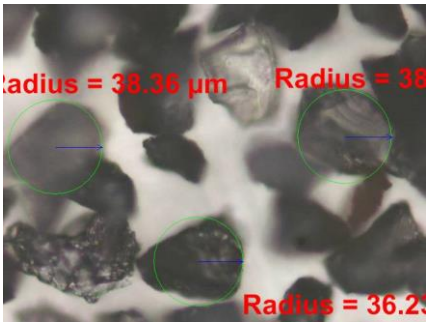
1) ผงฝุ่นอลูมินั่มขนาด 30 ไมครอนโดยประมาณมีรูปร่างเป็นเหลี่ยมคมไม่แน่นอน ดังภาพ



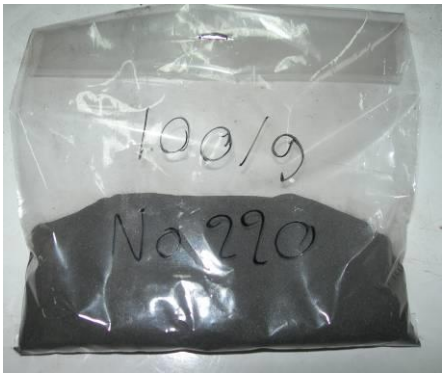
รูปที่ 4.6 แสดงรูปร่างของผงฝุ่นอลูมินั่ม ขนาด 30 ไมครอน (กำลังขยาย 20X)

รูปที่ 4.7 ผงฝุ่นอลูมินั่มขนาด 30ไมครอน น้ำหนัก 100 กรัม

2) ผงฝุ่นอลูมินั่มขนาด 80 ไมครอนโดยประมาณมีรูปร่างคล้ายเมล็ดถั่ว ดังภาพ

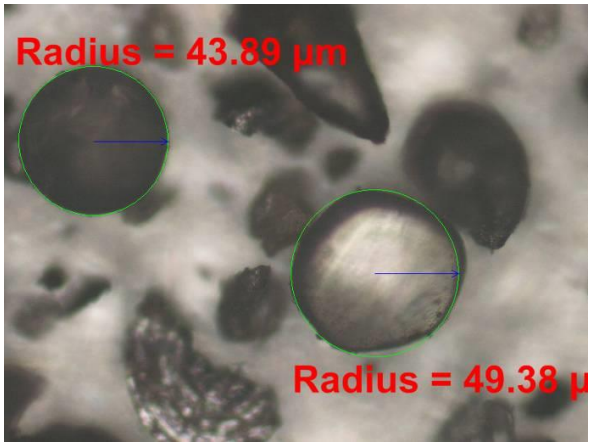


รูปที่ 4.8 แสดงรูปร่างของผงฝุ่นอลูมินั่ม ขนาด 80 ไมครอน(กำลังขยาย 20X)



รูปที่ 4.9 ผงฝุ่นอลูมินั่มขนาด 80ไมครอน น้ำหนัก 100 กรัม

3) ผงฝุ่นอลูมินั่ม ขนาด 100 ไมครอนโดยประมาณ มีลักษณะเป็นทรงกลมและแบบเหลี่ยม ดังรูป



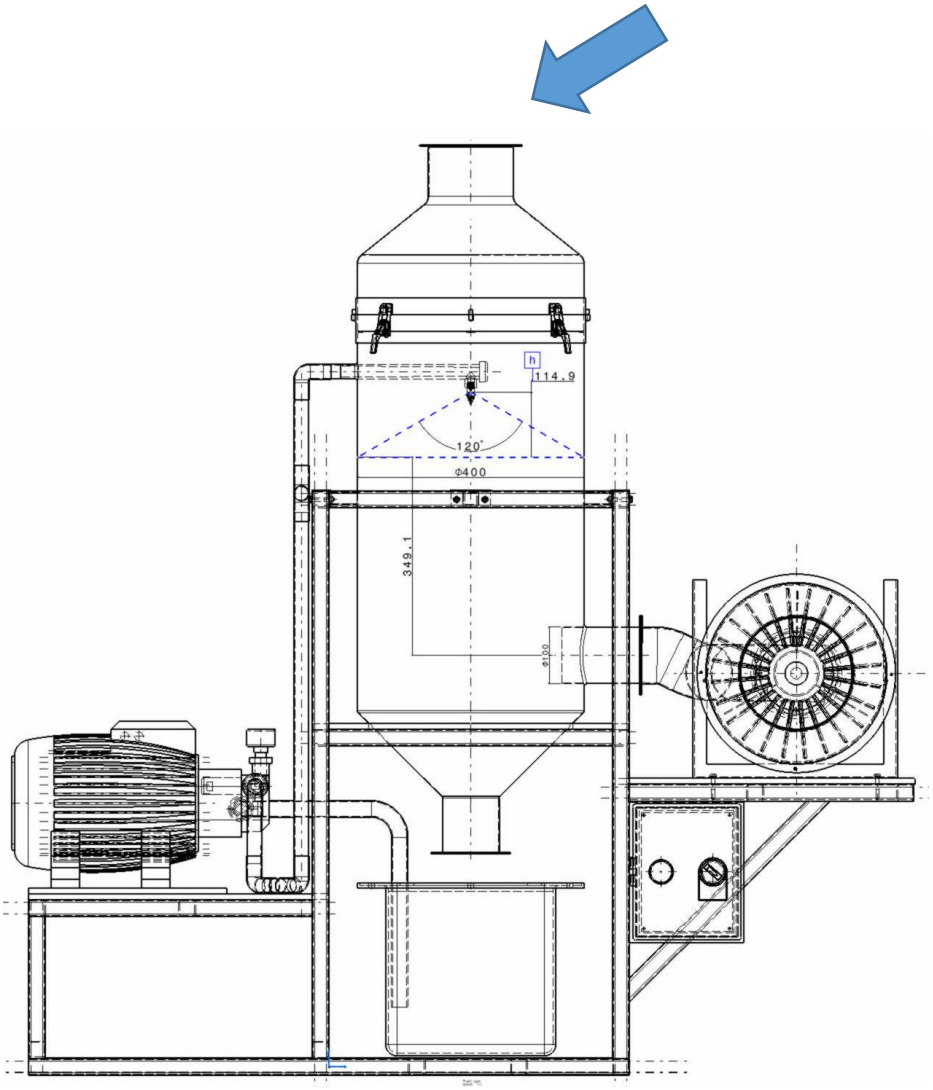
รูปที่ 4.10 แสดงรูปร่างของผงฝุ่นอลูมินั่ม ขนาด 100 ไมครอน(กำลังขยาย 20X)

รูปที่ 4.11 ผงฝุ่นอลูมินั่มขนาด 100 ไมครอน น้ำหนัก 100 กรัม(กำลังขยาย 20X)

4) หัวฉีดแบบเดือยหมูขนาด 120องศา

หัวฉีดเดือยหมู “Full Cone Spray Nozzle” หัวฉีดสเปรย์ทรงกรวยเต็ม ลักษณะของสเปรย์จะเป็นทรงโคน เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับเพิ่มกระจายตัวของอนุภาคของเหลว โดยการทำให้เป็นละอองซึ่งเป็นการเพิ่มพื้นที่หน้าสัมผัส มีให้เลือกทั้งแบบมุมสเปรย์ธรรมดาและแบบมุมกว้าง ทำให้ฉีดน้ำได้เป็นวงกลมเต็มพื้นที่ ประโยชน์ของหัวฉีดน้ำแบบทรงกรวยเต็มมักจะใช้เพื่อดักฝุ่น ลดความร้อน

วัสดุของหัวฉีดที่ใช้เป็น Stainless เกรด S316, ขนาดมุมสเปรย์ 120 องศา, รัศมีด้านในของตัวถังเท่ากับ 199 mm. ความสูงของระดับการ Spray น้ำ (h) จะเท่ากับ 114.9 mm.



รูปที่ 4.12 แสดงขนาดมุมสเปรย์120 องศาของหัวฉีด, ความสูงของระดับการ Spray น้ำ (h) และระยะในการคลุกเคล้าระหว่างน้ำกับอากาศ 349.1 mm.

รูปที่ 4.13 แสดงตัวอย่างหัวฉีดเดือยหมู “Full Cone Spray Nozzle”

5) เครื่องดูดอากาศ

6) ปั๊มน้ำขนาดแรงดัน 80, 100 และ 115 บาร์

7) ชุดตัวถังขนาดรัศมีภายใน 199 มิลลิเมตร

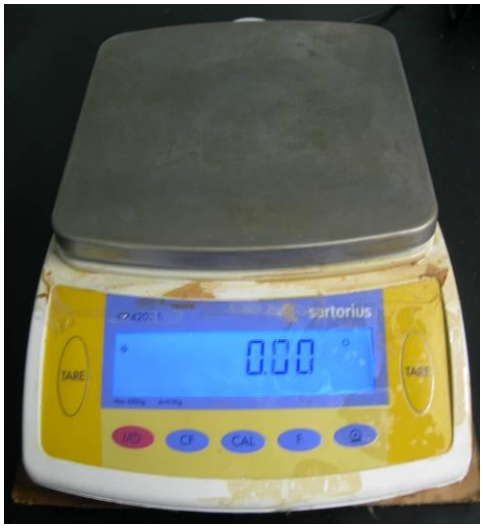
8) แผ่นดักจับละอองน้ำ

9) ฟิลเตอร์ขนาด 18 และ 40 ไมครอน

10) จัดเตรียมอุปกรณ์ เช่น ไขควง คีมล็อคประแจ

11) จัดเตรียมนาฬิกาจับเวลา เพื่อทำการจับเวลาในการทดสอบ

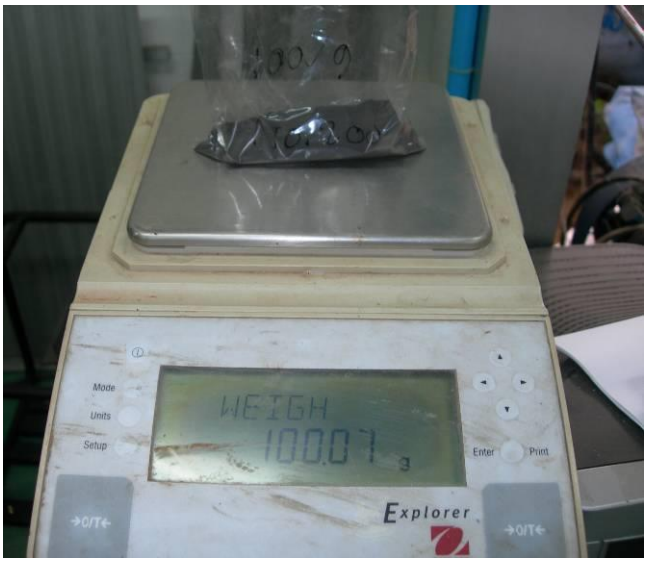
12) จัดเตรียมตาชั่งดิจิตอล และ เครื่องจับเวลา



รูปที่ 4.14 ตาชั่งดิจิตอล

4.1.4 วิธีการทดสอบแบบแห้งด้วยผงฝุ่นอลูมินั่ม

- เซตเครื่องชั่งดิจิตอลให้เป็นค่าศูนย์แล้วนำผงฝุ่นอลูมินั่มที่เตรียมไว้มาชั่งกับตาชั่งดิจิตอลโดยชั่งผงฝุ่นอลูมินั่มให้มีน้ำหนัก 100 กรัม

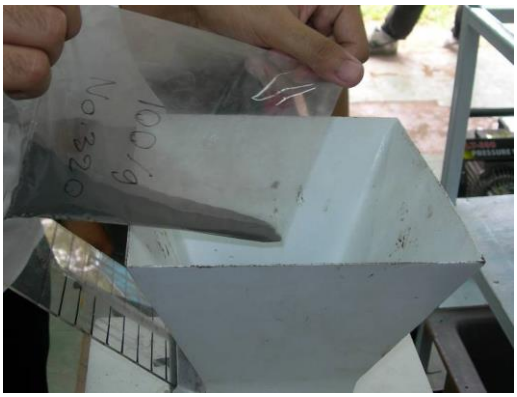


รูปที่ 4.15 นำผงฝุ่นอลูมินั่มมาชั่งกับตาชั่งดิจิตอล

- เปิดเครื่องดูดอากาศ

รูปที่ 4.16 เครื่องดูดอากาศ

- นำผงฝุ่นอลูมินั่มที่ชั่งแล้วเทใส่ลงในชุดทดสอบ



รูปที่ 4.17 นำผงฝุ่นทรายมาเทใส่ชุดห้องทดสอบ

- จับเวลา 10 นาที/ครั้ง แล้วทำการบันทึกข้อมูล

4.1.5 วิธีการทดสอบแบบเปียกด้วยผงฝุ่นอลูมินั่ม

- ทดสอบด้วยผงฝุ่นอลูมินั่มชนิดละครั้ง
- เปิดเครื่องดูดอากาศ
- เปิดปั๊มน้ำ และ เครื่องฉีดน้ำเพื่อให้หัวฉีดทำงาน
- ดึงแผ่นกั้นชุดทดสอบไปที่ระยะ 90 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นระยะที่แรงลมเสถียรที่สุด
- เทผงฝุ่นอลูมินั่มลงในช่องทดสอบพร้อมจับเวลา 10 นาที/ครั้ง
- ปิดเครื่องดูดอากาศ
- ปิดปั๊มน้ำ
- บันทึกผลทดสอบผงฝุ่นอลูมินั่ม

4.2 วิธีการทดสอบ

ในการทดสอบประสิทธิภาพในการดักฝุ่นขนาด 30, 80 และ 100 ไมครอน ที่แรงดัน 80, 100 และ 115 บาร์ วัดประสิทธิภาพในการดักฝุ่นโดยการสังเกตจากขนาดอนุภาคที่ฟิลเตอร์ ขนาด 18 และ 40 ไมครอนสามารถดักจับได้ต่อ 1 ตารางหน่วย

แบ่งการทดสอบออกเป็น 3 การทดสอบดังนี้

1) ผงฝุ่นอลูมินั่มขนาด 30 ไมครอน ขนาดฟิลเตอร์ 18 ไมครอน แรงดัน 80, 100 และ 115 บาร์

2) ผงฝุ่นอลูมินั่มขนาด 80 ไมครอน ขนาดฟิลเตอร์ 40 ไมครอน แรงดัน 80, 100 และ 115 บาร์

3) ผงฝุ่นอลูมินั่มขนาด 100 ไมครอน ขนาดฟิลเตอร์ 40 ไมครอน แรงดัน 80, 100 และ 115 บาร์

เริ่มการทดสอบโดยเปิดปั๊มแรงดันน้ำสูง แล้วปรับแรงดันให้ได้ตามผลการทดสอบ 80, 100 และ 115 บาร์ ค่อยๆ ปล่อยฝุ่นจำนวน 100 กรัมเป็นเวลา 10 นาที เพื่อให้อากาศเป็นตัวกลางพาฝุ่นเข้าไปในระบบ โดยกำหนดอัตราการไหลของอากาศที่ 8.7 m/s จากนั้นนำฟิลเตอร์ไปอบแห้งเป็นเวลา 1-2 ชั่วโมง เพื่อหาขนาดของอนุภาคฝุ่นที่ดักจับได้ใน 1ตารางหน่วยด้วยกล้อง Microscopeต่อไป

4.3 ผลการทดสอบ

4.3.1 การทดสอบความเร็วแรงลม

การทดสอบความเร็วแรงลมและการทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพที่ดีที่สุดของเครื่องกำจัดฝุ่นแบบเปียกชนิดแรงดันน้ำสูงว่ามีประสิทธิภาพในการดักจับผงฝุ่นมากน้อยเพียงใด จะทำการทดสอบ10 ครั้ง โดยในแต่ละครั้งจะใช้เวลาในการทดสอบ5นาทีได้ผลการทดสอบดังนี้

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดสอบความเร็วแรงลม

ระยะแผ่นเลื่อน (เมตร)	ความเร็วที่วัดได้ (เมตรต่อวินาที)	พื้นที่หน้าตัดช่องเปิด (ตารางเมตร)	อัตราการไหลของอากาศ(ลูกบาศก์ฟุตต่อนาที)
0.01	04.4	0.001	75.527
0.02	06.1	0.002	104.708
0.03	07.0	0.003	120.157
0.04	07.6	0.004	130.456
0.05	08.0	0.005	137.322
0.06	08.2	0.006	140.756
0.07	08.4	0.007	144.188
0.08	08.5	0.008	144.189
0.09	08.7	0.009	149.450
0.10	08.7	0.010	149.450

4.3.2 ผลจากการทดสอบแบบแห้ง

1) คำนวณหาน้ำหนักโดยเฉลี่ยของผงฝุ่นแต่ละขนาดที่เข้าไปในระบบชุดทดสอบแบบแห้ง โดยใช้ผงฝุ่นอลูมินั่มปริมาณ100 กรัม ขนาด30, 80 และ 100 ไมครอนแรงลม 8.7m/sทำการทดสอบ 9ครั้งใช้เวลาในการทดสอบ 10 นาที/ครั้ง

2) คำนวณหาปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นที่เข้าไปในระบบ(กรัม/นาที) จากน้ำหนักผงฝุ่นของโดยเฉลี่ยภายในเวลา 10 นาที

หาได้จาก ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่น = ค่าเฉลี่ยของฝุ่น/ 10 นาที

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดสอบแบบแห้ง

ครั้งที่	ขนาดของผงฝุ่นอลูมินั่ม (ไมครอน)	ค่าเฉลี่ยผงฝุ่นที่เข้าไปในเครื่อง ปริมาณทั้งหมด-ปริมาณฝุ่นที่เหลืออยู่ (กรัม)	ค่าเฉลี่ยของฝุ่นที่เข้าไปในระบบ (กรัม/10 นาที)	ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นที่เข้าไปในระบบ (กรัม/นาที)
1	100	60.65	**62.03**	**6.20**
2	100	62.33		
3	100	63.12		
4	80	49.22	**50.47**	**5.05**
5	80	51.46		
6	80	50.74		
7	30	47.55	**44.45**	**4.45**
8	30	42.58		
9	30	43.22		

4.3.3 การทดสอบแบบเปียก

1) การคำนวณหาน้ำหนักโดยเฉลี่ยของผงฝุ่นแต่ละขนาดที่เข้าไปในระบบชุดทดสอบภายในระยะเวลาทดสอบ 10 นาที

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการคำนวณหาน้ำหนักโดยเฉลี่ยของผงฝุ่นแต่ละขนาด

ครั้งที่	แรงดันน้ำ (บาร์)	ขนาดผงฝุ่น 30 ไมครอน	ขนาดผงฝุ่น 80 ไมครอน	ขนาดผงฝุ่น 100 ไมครอน
1	80	40.21	39.74	62.02
2	100	42.05	41.69	63.48
3	115	41.00	40.52	65.82
ค่าเฉลี่ย		**41.08**	**40.65**	**63.77**

2) เพื่อหาขนาดของอนุภาคฝุ่นอลูมินั่มปริมาณ 100 กรัมที่สามารถดักจับได้ในตาราง 1 หน่วยของฟิลเตอร์ขนาด18 ไมครอน ภายในเวลา 10 นาที โดยที่ขนาดของช่องทดสอบและแรงลมเท่ากับ 0.09 m. และ 8.7 m/s ตามลำดับ

ตารางที่ 4.4แสดงผลการทดสอบแบบเปียก

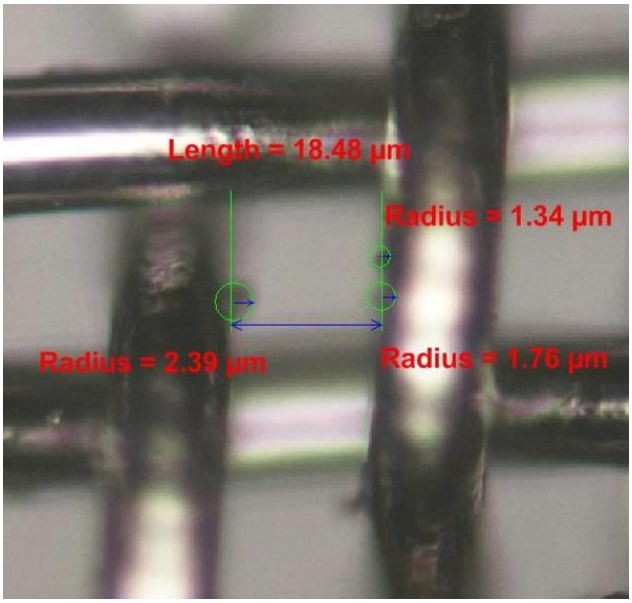
ขนาดผงฝุ่น (ไมครอน)	แรงดันน้ำ (บาร์)	INPUT (เข้าเครื่อง) (กรัม)	OUTPUT (ออกจากเครื่อง) (กรัม)	ขนาดอนุภาคฝุ่นที่เกาะอยู่บนฟิลเตอร์ (ไมครอน)
30	80	40.21	N/A	3-6
30	100	42.05	N/A	3-6
30	115	41.00	N/A	3-6

3) เพื่อหาขนาดของอนุภาคฝุ่นอลูมินั่มปริมาณ 100 กรัม ที่สามารถดักจับได้ในตาราง 1 หน่วยของฟิลเตอร์ขนาด 40ไมครอน ภายในเวลา 10นาที โดยที่ขนาดของช่องทดสอบและแรงลมเท่ากับ 0.09 m. และ 8.7 m/s ตามลำดับ

ตารางที่ 4.5 แสดงผลการทดสอบแบบเปียก

ขนาดผงฝุ่น (ไมครอน)	แรงดันน้ำ (บาร์)	INPUT (เข้าเครื่อง) (กรัม)	OUTPUT (ออกจากเครื่อง) (กรัม)	ขนาดอนุภาคฝุ่นที่เกาะอยู่บนฟิลเตอร์ (ไมครอน)
100	80	62.02	N/A	3-6
100	100	63.48	N/A	3-6
100	115	65.82	N/A	3-6
80	80	39.74	N/A	3-6
80	100	41.69	N/A	3-6
80	115	40.52	N/A	3-6

จากผลการทดสอบในตารางที่ 4.3 และ 4.4พบว่าอนุภาคฝุ่นที่สามารถหลุดรอดออกมาจากการดักจับด้วยระบบ Sprayน้ำได้นั้นมีขนาดอยู่ระหว่าง 3-6 ไมครอน นับจำนวนอนุภาคฝุ่นที่เกาะบนฟิลเตอร์โดยเฉลี่ยได้จำนวน 3-4 เม็ด ต่อ 1 ตารางหน่วยและไม่พบอนุภาคของฝุ่นขนาด 30, 80 และ 100 ไมครอนเกาะบนฟิลเตอร์แสดงว่า ระบบSprayน้ำที่ใช้ความเร็วของน้ำที่แรงดัน 80, 100 และ 115 บาร์ มีประสิทธิภาพในการดักจับฝุ่นขนาด18ไมครอนขึ้นไปได้มากกว่า 90%



รูปที่ 4.18 ภาพจากกล้อง Microscope แสดงให้เห็นถึงการเกาะติดของอนุภาคฝุ่น บนฟิลเตอร์ขนาด 18 ไมครอน (กำลังขยาย 20X)

4.4 การทดสอบผลของอัตราส่วนระหว่างอัตราการไหลของน้ำกับอัตราการไหลของอากาศ (L/G) ต่อประสิทธิภาพการกำจัดผงฝุ่นอลูมินั่ม

1) จากการคำนวณอัตราการไหลของอากาศในบทที่ 3 ได้อัตราการไหลของอากาศขณะทดสอบ เท่ากับ 149.45 ft^3/ minหรือ 45.55 m^3/ min

2) อัตราการไหลของของเหลว (น้ำ) ใน 1 นาที

แรงดัน (บาร์)	อัตราการไหล (L/min)
80	6.54
100	6.31
115	6.30

3) ความเข้มข้นของผงฝุ่นอลูมินั่มขณะไหลผ่านช่องดูดสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 270 m^3 เมื่อปริมาณของผงฝุ่นที่เทใส่เข้าไปในระบบเท่ากับ 100 กรัม จะมีความเข้มข้นของฝุ่นขณะผ่านช่องดูดเท่ากับ 0.37 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร

4) ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วน L/G ที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการกำจัดฝุ่น

อัตราส่วน L/G สามารถคำนวณได้ดังนี้

ที่แรงดัน 80 บาร์ อัตราส่วน L/G $= \frac{6.54\ \mathrm{L/min}}{149.45\ \mathrm{ft3/min}} =$ 0.04376

ที่แรงดัน 100 บาร์ อัตราส่วน L/G $= \frac{6.31\ \mathrm{L/min}}{149.45\ \mathrm{ft3/min}} =$ 0.04222

ที่แรงดัน 115 บาร์ อัตราส่วน L/G $= \frac{6.30\ \mathrm{L/min}}{149.45\ \mathrm{ft3/min}} =$ 0.04215

จากการทดสอบที่แรงดัน 80, 100 และ 115 บาร์ จะเห็นว่าที่แรงดันสูงขึ้นอัตราการไหลลดลง เท่ากับ 6.54 , 6.31 และ 6.30 L/min ตามลำดับ แสดงว่ายิ่งอัตราการจ่ายแรงดันสูงขึ้นจะมีผลทำให้ปริมาณการใช้น้ำมีแนวโน้มลดลงสัมพันธ์กับอัตราส่วน L/G ที่ได้จากการคำนวณ 0.04376, 0.04222 และ 0.04215 ตามลำดับ

สามารถสรุปได้ว่า แรงดันที่ 80 บาร์ขึ้นไปจะช่วยทำให้อัตราการใช้น้ำลดลง และทำให้มีประสิทธิภาพในการกำจัดฝุ่นมากขึ้น เพราะอนุภาคฝุ่นมีโอกาสสัมผัสกับอนุภาคของหยดน้ำมากขึ้นผงฝุ่นที่นำมาใช้ในการทดสอบจึงถูกดักจับได้เกือบทั้งหมด

บทที่ 5
สรุปผลการดำเนินงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ พัฒนาเครื่องกำจัดฝุ่นแบบเปียกชนิดแรงดันน้ำสูง หลักการทำงานคือ ฝุ่นจะถูกป้อนลงมาทางชุดป้อนฝุ่น ซึ่งมีแผ่นวาล์วเลื่อนปรับอัตราการป้อนของฝุ่นลงในห้องจำลองฝุ่น และฝุ่นจะถูกดูดด้วยชุดโบเวอร์เข้าไปยังถังสคับเบอร์ ซึ่งภายในถังสคับเบอร์ จะมีหัวฉีดสเปรย์เพียง 1 หัว ทำการพ่นน้ำที่แรงดันสูง จนน้ำที่ออกจากหัวฉีดกลายเป็นละอองฝอย เมื่อฝุ่นที่ใช้ในการทดสอบเข้ามาจากท่อดูดมาเจอกับละอองน้ำจะเกิดการสัมผัสกันและจับตัวกันกลายเป็นหยดน้ำตกตะกอนลงไปในถังด้านล่างเพื่อให้ง่ายต่อการทดสอบ การทำงาน จึงสรุปขั้นตอนและปัญหาที่พบในการจัดทำโครงการรวมถึงข้อเสนอแนะต่างๆ ที่น่าสนใจและประโยชน์ได้ดังต่อไปนี้

5.1 วัตถุประสงค์ของการดำเนินการวิจัย

5.1.1 เพื่อสร้างชุดทดสอบการกำจัดฝุ่นแบบเปียกชนิดแรงดันน้ำสูง

5.1.2 เพื่อทดสอบสมรรถนะการทำงานของเครื่องกำจัดฝุ่นแบบเปียกชนิดแรงดันน้ำสูง

5.2 สรุปผลการดำเนินการวิจัย

จากการออกแบบชุดทดสอบการกำจัดฝุ่นแบบเปียกชนิดแรงดันน้ำสูงนั้น ผลที่ได้ออกมาเป็นที่น่าพอใจเพราะสามารถดูดผงฝุ่นที่นำมาใช้ในการทดสอบได้

จากการทดสอบแบบที่ 1 การทดสอบความเร็วแรงลมพบว่าความเร็วลมคงที่สูงสุด เท่ากับ 8.6 – 8.7 เมตรต่อนาที เมื่อแผ่นเปิดอยู่ที่ระยะ 0.09 เมตร

จากการทดสอบแบบที่ 2 การทดสอบแบบแห้งเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของ Blower ที่ใช้ในการดูดฝุ่นพบว่า Blower สามารถดูดฝุ่นขนาดอนุภาค 30 ไมครอนได้ดีที่สุด

จากการทดสอบแบบที่ 3 หาขนาดของอนุภาคฝุ่นอลูมินั่มปริมาณ 100 กรัม ที่สามารถดักจับได้ในตาราง 1 หน่วยของฟิลเตอร์ขนาด 18 และ 40 ไมครอน ที่แรงดัน 80, 100 และ 115 บาร์ โดยที่ขนาดของช่องทดสอบและแรงลมเท่ากับ 0.09 m. และ 8.7 m/s ตามลำดับ ไม่พบอนุภาคของฝุ่นขนาด 30, 80 และ 100 ไมครอน เกาะบนฟิลเตอร์ แสดงว่า เครื่องกำจัดฝุ่นแบบเปียกชนิดแรงดันน้ำสูงนี้ มีประสิทธิภาพในการดักจับฝุ่นขนาด 18 ไมครอนขึ้นไปได้มากกว่า 90%

5.3 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินการวิจัย

5.3.1 ชิ้นส่วนและอุปกรณ์บางอย่างของชุดทดสอบไม่ได้เป็นไปตามที่กำหนดจึงต้องมีการแก้ไขภายหลังทำให้เสียเวลาในการดำเนินงาน

5.3.2 ไม่สามารถดูดเอาผงฝุ่นอลูมินั่มภายในห้องชุดทดสอบได้ทั้งหมด

5.3.3 ไม่สามารถวัดปริมาณของผงฝุ่นที่ดักจับได้ภายในระบบ

5.4 ข้อเสนอแนะในการพัฒนางานวิจัย

5.4.1 วัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นควรซื้อไว้ก่อนการทดสอบ ควรตั้งงบประมาณเพิ่ม 10 – 15 %

5.4.2 หากต้องการให้พื้นที่ในการคลุกเคล้าของฝุ่นระหว่างละอองน้ำกับตัวเม็ดฝุ่นเพิ่มมากขึ้น ควรเพิ่มปริมาณความสูงของตัวถังสครับเบอร์

5.4.3 ลักษณะของเม็ดผงฝุ่นที่นำมาใช้ในการทดสอบเป็นเหลี่ยมคมและทรงกลมปะปนกันอยู่ ซึ่งไม่เหมาะกับการทดสอบแบบผ้ากรองเพราะจะทำให้เกิดการเสียดสีจนผ้ากรองขาดได้

5.4.4 ควรหาเครื่องมือวัดปริมาณการดักจับอนุภาคฝุ่นที่มีประสิทธิภาพเพื่อเพิ่มความแม่นยำในการทดสอบ

บรรณานุกรม

กรมโรงงานอุตสาหกรรม.(2545). **หลักปฏิบัติเพื่อการป้องกันมลพิษ(เทคโนโลยีการผลิตที่สะอาดสำหรับอุตสาหกรรมรายสาขาชุบโลหะ.**กรุงเทพฯ**:** กรมโรงงานอุตสาหกรรม

กรมควบคุมมลพิษ. (2542). **โครงการพัฒนาต้นแบบระบบกำจัดอากาศเสียและน้ำเสียกระบวนการชุบโลหะขนาดเล็ก.** กรุงเทพฯ **:** กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม.

กอบกุล รายะนาคร.(2550). **กฎหมายกับสิ่งแวดล้อม**. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์วิญญูชน

ฝ่ายทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดลอม สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย**.** (2547)**.การสัมมนาวิชาการประจำป 2547 เรื่อง เหลียวหลังแลหนา: ยี่สิบปเศรษฐกิจสังคมไทยหัวข้อ การจัดการสิ่งแวดลอม: เครื่องมือทางเศรษฐศาสตร.**ชลบุรี : กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดลอม

ปราณี พันธุมสินชัย (2548) **มลพิษทางอากาศ** กรุงเทพฯ : สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย

ฉัตรชัย นิมมล (2548) ระบบกำจัดฝุ่นและระบายอากาศ กรุงเทพฯ : ระบบฐานข้อมูลและระบบสืบค้นข้อมูลสิ่งแวดล้อม. รวบรวมจากกองอนามัยสิ่งแวดล้อม สำนักอนามัยกรุงเทพมหานคร

เชาว์ สงวนศักดิ์ (2548) ระบบปั๊มน้ำ กรุงเทพฯ :: เจริญรัฐการพิมพ์,

งานเชื่อมโลหะ สมบูรณ์ เต็งหงษ์เจริญ หนังสือ : วิศวกรรมงานเชื่อมโลหะสำนักพิมพ์ : ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ, สนพ.ปีที่พิมพ์ : พิมพ์ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2549

Visvanthan C.,Kumar S. **Issues for better implementation of cleaner production in Asian Journal of Cleaner**. Production,Vol.7 ,pp 127-134.

Wayne T. Davis.(2000). **Air Pollution Engineering Manual**.New York : Wiley-Interscience.

National Occupational Health and Safety Commission.(1989). **ELECTROPLATING** .

Australian : Government Publishing Service Canberra

U.S.EPA. (1971).**Guidelines : air quality surveillance networt,publication A-P-98.**Research Triaugh Park North Coroline,USA.

R.E.MUM.(1981). **The Design of Air Quality Monitoring Networks.** Macmillan Publishers Ltd,USA.

B. Raj Mohana, R.K. Jainb, B.C. Meikapa (2008). **Comprehensive analysis for prediction of dust removal efficiency**. National Institute of Technology,India.

using twin-fluid atomization in a spray scrubber

Wayne T. Davis.(2000). **Air Pollution Engineering Manual**. New York : Wiley-Interscience.

J.W. Santavicca. (2005). **Wet Flue Gas Desulfurization (WFGD) Slurry Spray Header Design System.**Presented to:ASME PowerApril 5 - 7, Chicago, Illinois, U.S.A Conference Paper Number: PWR 2005-50126

Yi Zhong, Xiang Gao*, Wang Huo, Zhong-yang Luo, Ming-jiang Ni and Ke-fa Cen Wayne T.**A model for performance optimization of wet flue gas desulfurization systems of power plants.** Zhejiang University. China .FUPROC-02345; No of Pages 8 .pp 1-8.

B.Raj Mohan,P.K.Jain and B.C. Meikep.(2008).**Comprehensive analysis for prediction of dust removal efficiency using twin-fluid atomization in spray scrubber**.India.GModel seppur-9247; No of Pages 9 .pp 1-9.

F. Haase and H. Koehne.(1999). **Design of scrubbers for condensing boilers**. Germany. Progress in Energy and Combustion Science 25.pp.305–337

R. Rahimi,D. Abbaspour.(2007). **Determination of pressure drop in wire mesh mist eliminator by CFD.** University of Sistan and Baluchestan, Iran. Chemical Engineering and Processing 47 (2008) 1504–1508

Air Washer & Wet Gas Scrubbers Overview .www.DustcollectorExperts.com

Spray Towers for Acid Gas Removal .www.turbosonic.com

Wet Scrubbers for Acid Gas Absorption. Air Pollution Control Systems THE ULTIMATE CHOICE.

Air Washer & Wet Gas Scrubbers Overview .www.DustcollectorExperts.com

Spray Towers for Acid Gas Removal .www.turbosonic.com

Wet Scrubbers for Acid Gas Absorption. Air Pollution Control Systems THE ULTIMATE CHOICE.