การปรับปรุงระบบกำจัดฝุ่นไม้ในโรงฝึกงานวิชาอุตสาหกรรมของโรงเรียนแห่งหนึ่งในเขตกรุงเทพมหานคร

IMPROVEMENT OF WOOD DUST VENTILATION SYSTEM IN THE WORKSHOP OF INDUSTRIAL TRAINING SCHOOL IN BANGKOK

อธิพันธ์ ลอยเมืองกลาง

มหาวิทยาลัยบูรพา

2561

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของ อธิพันธ์ ลอยเมืองกลาง ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

..... อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(อาจารย์ ดร. ธีรยุทธ เสงี่ยมศักดิ์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ทนงศักดิ์ ยิ่งรัตนสุข)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร. สถาพร เชื้อเพ็ง)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร. ธีรยุทธ เสงี่ยมศักดิ์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ทนงศักดิ์ ยิ่งรัตนสุข)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. วรเชษฐ์ ภิรมย์ภักดิ์)

คณะสาธารณสุขศาสตร์อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย ของมหาวิทยาลัยบูรพา

..... คณบดีคณะสาธารณสุขศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร. ยุวดี รอดจากภัย)

วันที่ 24 เดือน มกราคม พ.ศ. 2562

การปรับปรุงระบบกำจัดฝุ่นไม้ในโรงฝึกงานวิชาอุตสาหกรรมของโรงเรียนแห่งหนึ่งในเขตกรุงเทพมหานคร

อธิพันธ์ ลอยเมืองกลาง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย
คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
2561

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยบูรพา

IMPROVEMENT OF WOOD DUST VENTILATION SYSTEM IN THE WORKSHOP OF INDUSTRIAL TRAINING SCHOOL IN BANGKOK

ATIPUNT LOYMUANGKLANG

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENTS FOR MASTER OF SCIENCE
IN OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY
FACULTY OF PUBLIC HEALTH
BURAPHA UNIVERSITY
2018

COPYRIGHT OF BURAPHA UNIVERSITY

59920295: สาขาวิชา: อาชีวอนามัยและความปลอดภัย; วท.ม. (อาชีวอนามัยและความปลอดภัย)
คำสำคัญ: ฝุ่นไม้/ ระบายอากาศ/ เก็บตัวอย่างฝุ่นไม้

อธิพันธ์ ลอยเมืองกลาง : การปรับปรุงระบบกำจัดฝุ่นไม้ในโรงฝึกงานวิชาอุตสาหกรรมของโรงเรียนแห่งหนึ่งในเขตกรุงเทพมหานคร. (IMPROVEMENT OF WOOD DUST VENTILATION SYSTEM IN THE WORKSHOP OF INDUSTRIAL TRAINING SCHOOL IN BANGKOK) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: ธีรยุทธ เสงี่ยมศักดิ์, Ph.D., ทนง ศักดิ์ ยิ่งรัตนสุข, Ph.D. ปี พ.ศ. 2561.

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาประสิทธิผลของการปรับปรุงระบบกำจัดฝุ่นไม้ ซึ่งทำการศึกษาทดลองกับเครื่องขัดงานไม้ โดยการใช้หลักการ แนวคิด และวิธีการออกแบบทางวิศวกรรมมาช่วยในการคำนวณค่าอัตราการไหลของอากาศ ขนาด และความยาวของท่อนำอากาศ โดยคำนึงถึงคุณสมบัติของวัสดุนั้น ๆ ต้นทุน รวมถึงสามารถผลิตใช้งานได้จริง และทำการเปรียบเทียบประสิทธิผลของการระบายฝุ่นไม้ ด้วยการตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นไม้ แบบฝุ่นรวม (Total dust) ก่อน และหลังการติดตั้งระบบระบายอากาศ ให้เป็นไปตามมาตรฐานตามวิธีการของ NIOSH 0500 (National Institute of Occupational Health and Safety [NIOSH], 1994) ซึ่งแบ่งชนิดของตัวอย่างฝุ่นไม้ออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ ไม้เนื้อแข็ง ไม้เนื้ออ่อน และแผ่นไม้ผสม

ผลที่ได้จากการศึกษาพบว่า ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นไม้ทั้ง 3 ประเภท ชนิดของแผ่นไม้ผสม มีประสิทธิผลของการกำจัดฝุ่นไม้มากที่สุด โดยมีปริมาณฝุ่นไม้ลดลงโดยเฉลี่ย 87 เปอร์เซ็นต์ ชนิดของไม้เนื้ออ่อนมีปริมาณฝุ่นไม้ลดลงโดยเฉลี่ย 66 เปอร์เซ็นต์ ชนิดของไม้เนื้อแข็งมีปริมาณฝุ่นไม้ลดลงโดยเฉลี่ย 59 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งหลังจากการทดลองพบว่าสามารถลดต้นทุนในการจัดสร้างได้มาก และยังสามารถนำไปพัฒนาใช้เป็นมาตรฐานสำหรับการควบคุมฝุ่นไม้ในโรงฝึกงานต่อไป

59920295: MAJOR: OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY; M.Sc. (OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY)

KEYWORDS: WOOD DUST/ VENTILATION/ TOTAL DUST/ DUSY SAMPLING

ATIPUNT LOYMUANGKLANG : IMPROVEMENT OF WOOD DUST VENTILATION SYSTEM IN THE WORKSHOP OF INDUSTRIAL TRAINING SCHOOL IN BANGKOK. ADVISORY COMMITTEE: TEERAYUT SA-NGIAMSAK, Ph.D., TANONGSAK YINGRATANASUK, Ph.D. 2018.

This research aimed to determine the effectiveness of the improvement wood dust ventilation system. The experiment was conducted on wood sanding machines by using the principles, concepts and engineering design methods to calculate the air flow rate, size and length of the air duct. The design was conducted by considering properties of the material and comparing the effectiveness of wood dust ventilation by measuring the concentration of wood dust (Total dust) before and after the installation of the ventilation system - according to NIOSH Method 0500 (NIOSH, 1994), wood dust samples included hardwood, softwood and manufactured board.

The results of the study showed that the concentration of all three types of wood dust decreased. Manufactured board had the highest reduction by 87 percent. Softwood had reduction by 66 percent. Hardwood had the lowest reduction by 59 percent. The experiment found that the cost of ventilation construction was low. It can be used as a standard for further control of wood dust in the workshop.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยการให้ความช่วยเหลือแนะนำของอาจารย์ ดร.ธีรยุทธ เสงี่ยมศักดิ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทนงศักดิ์ ยิ่งรัตนสุข อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ข้อคิดเห็น ตรวจสอบ และแก้ไขร่างวิทยานิพนธ์มาโดยตลอด ผู้เขียนจึงขอกราบขอบพระคุณไว้ ณ โอกาสนี้

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สถาพร เชื้อเพ็ง ที่กรุณาให้เกียรติเป็นประธานโดยมี รองศาสตราจารย์ ดร.วรเชษฐ์ ภิรมย์ภักดิ์ อาจารย์ ดร.ธีรยุทธ เสงี่ยมศักดิ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทนงศักดิ์ ยิ่งรัตนสุข เป็นกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้กรุณาตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้ถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ที่ให้คำปรึกษาแนะนำในทุก ๆ ด้าน ตลอดจนท่านรองศาสตราจารย์ ดร.อนามัย เทศกะทึก ที่คอยให้ความเมตตาติดตามผลงานมาโดยตลอด รวมถึงเจ้าหน้าที่บัณฑิตคณะสาธารสุขศาสตร์ ทุกท่านที่ให้ความสะดวกด้านอำนวยการ และประสานงาน ในการทำวิทยานิพนธ์ให้ผู้เขียนตลอดมาตลอดจนค้นคว้าหาข้อมูลในการจัดทำวิทยานิพนธ์ของผู้เขียนครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ท้ายนี้ผู้เขียนขอน้อมรำลึกถึงอำนาจบารมีของคุณพระศรีรัตนตรัย และสิ่งศักดิ์สิทธิ์ทั้งหลายที่อยู่ในสากลโลก อันเป็นที่พึ่งให้ผู้เขียนมีสติปัญญาในการจัดทำวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ผู้เขียนขอให้เป็นกตเวทิตาแด่บิดา มารดา ครอบครัวของผู้เขียน ตลอดจนผู้เขียนหนังสือ และบทความต่าง ๆ ที่ให้ความรู้แก่ผู้เขียนจนสามารถให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี

อธิพันธ์ ลอยเมืองกลาง

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ญ

บทที่ 1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3

สมมุติฐานของการวิจัย 3

กรอบแนวคิดในการวิจัย 4

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย 4

ขอบเขตของการวิจัย 4

นิยามศัพท์เฉพาะ 5

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 7

ฝุ่นไม้ 7

การเก็บตัวอย่างฝุ่น และการวิเคราะห์ฝุ่นไม้ 10

ระบบระบายอากาศเฉพาะที่ (Local exhaust ventilation) 17

หลักการออกแบบระบบระบายอากาศเฉพาะที่ 20

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 30

การวางแผนและเตรียมการ 30

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....32
วิธีการเก็บตัวอย่าง และตรวจวัดฝุ่น.....33
ขั้นตอนการออกแบบ.....36
การดำเนินการสร้าง.....59
การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ.....65
บทที่ 4 ผลการศึกษา.....66
ผลการออกแบบ และการจัดสร้าง.....67
การทดสอบประสิทธิผลของระบบกำจัดฝุ่นไม้.....68
การวิเคราะห์ประสิทธิผลของระบบกำจัดฝุ่นไม้.....74
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....82
สรุปผลการวิจัย.....82
อภิปรายผลการวิจัย.....84
ข้อเสนอแนะ.....86
บรรณานุกรม.....87
ประวัติย่อของผู้วิจัย.....91

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ระดับปริมาณฝุ่นไม้ของแต่ละกิจกรรม 8
ตารางที่ 2 ชิ้นส่วนวัสดุ และต้นทุนของระบบกำจัดฝุ่น 37
ตารางที่ 3 ค่า Capture velocity สำหรับการเคลื่อนที่ของสารปนเปื้อน 39
ตารางที่ 4 ลักษณะของฮูดชนิดต่าง ๆ และสูตรคำนวณอัตราการไหลของอากาศ 42
ตารางที่ 5 ค่าความเร็วที่ใช้ในการออกแบบท่อระบายอากาศ 46
ตารางที่ 6 ความเร็วลมต่ำสุดในท่อสำหรับสารปนเปื้อนลักษณะต่าง ๆ 46
ตารางที่ 7 การสูญเสียความดันที่ทางเข้าท่อดูดอากาศ 48
ตารางที่ 8 ค่าคงที่สำหรับสมการ 52
ตารางที่ 9 ตัวอย่างข้อมูลที่ได้จากการคำนวณ 53
ตารางที่ 10 เปรียบเทียบข้อดี-ข้อเสีย ของพัดลมชนิดแรงเหวี่ยง 55
ตารางที่ 11 เปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นไม้เนื้ออ่อน ก่อน และหลัง การติดตั้งระบบกำจัดฝุ่นไม้ 75
ตารางที่ 12 ค่าทางสถิติการเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นไม้เนื้ออ่อน 76
ตารางที่ 13 เปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นไม้เนื้อแข็ง ก่อน และหลังติดตั้งระบบ 77
ตารางที่ 14 ค่าทางสถิติการเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นไม้เนื้อแข็ง 78
ตารางที่ 15 เปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นแผ่นไม้ผสม ก่อน และหลังติดตั้งระบบ 79
ตารางที่ 16 ค่าทางสถิติการเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นแผ่นไม้ผสม 80

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย 4
ภาพที่ 2 อนุภาคของฝุ่นไม้และค่าเฉลี่ยปริมาณฝุ่นไม้ 9
ภาพที่ 3 ชุดสอบเทียบมาตรฐานแบบปฐมภูมิ บับเบิ้ลมิเตอร์ 11
ภาพที่ 4 เครื่องเก็บตัวอย่างอากาศส่วนบุคคล (Personal air pump) 13
ภาพที่ 5 แบบตลับกระดาษกรอง (Filter cassette) 14
ภาพที่ 6 การระบายอากาศแบบเฉพาะที่ (Local exhaust ventilation) (สภาวิศวกร, 2559) 18
ภาพที่ 7 ส่วนประกอบของระบบระบายอากาศเฉพาะที่ 20
ภาพที่ 8 หัวดูดแบบภายนอก 23
ภาพที่ 9 หัวดูดภายนอกแบบดูดลง 24
ภาพที่ 10 ผลกระทบของตำแหน่งการติดตั้งหัวดูด 25
ภาพที่ 11 ส่วนประกอบหลักของพัดลมแรงเหวี่ยง 27
ภาพที่ 12 ลำดับขั้นตอนการทำงาน 31
ภาพที่ 13 แผนผังพื้นที่เก็บตัวอย่างของโรงฝึกงานแผนกวิชาอุตสาหกรรม โรงเรียนนานาชาติ โชร์สเบอรี่ กรุงเทพ 33
ภาพที่ 14 ลักษณะและการใช้งานเครื่องขัดงานไม้ 34
ภาพที่ 15 ลักษณะชิ้นงานก่อนขัด และหลังขัด 35
ภาพที่ 16 ระบบระบายฝุ่นไม้ที่มีอยู่เดิม 38
ภาพที่ 17 ฝุ่นไม้ที่ไม่สามารถระบายได้ด้วยระบบระบายฝุ่นไม้ที่มีอยู่เดิม 38
ภาพที่ 18 อัตราการไหลของอากาศ และ Capture velocity ของสูดชนิดต่าง ๆ 40
ภาพที่ 19 แบบแปลนของหัวดูดที่ถูกออกแบบ 43
ภาพที่ 20 ตำแหน่งการวางสูดดูดอากาศ 44

ภาพที่ 21 ออกแบบลักษณะของหัวดูดด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์.....45
ภาพที่ 22 แฟคเตอร์การสูญเสียของท่อเลี้ยวหน้าตัดวงกลม.....53
ภาพที่ 23 ชนิดพัดลมแบบเหวี่ยงหนีศูนย์.....54
ภาพที่ 24 กราฟคุณลักษณะของพัดลม.....56
ภาพที่ 25 กราฟความดันสถิตที่ความเร็วรอบต่าง ๆ และช่วงที่พัดลมมีประสิทธิภาพสูงสุด.....57
ภาพที่ 26 จำลองบริเวณที่ทำการติดตั้งระบบระบายฝุ่นไม้.....59
ภาพที่ 27 ตัดแผ่น HIP ตามแบบและขนาดที่ออกแบบไว้.....59
ภาพที่ 28 ขึ้นรูปด้วยการให้ความร้อน แล้วพับให้ได้ตามตำแหน่งที่กำหนด.....60
ภาพที่ 29 เจาะช่องสำหรับติดตั้งท่อดูดอากาศเพื่อระบายฝุ่นออก.....60
ภาพที่ 30 ท่อดูดอากาศ ความยาว 1.5 m ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 45 mm.....61
ภาพที่ 31 ลักษณะการติดตั้งท่อดูดอากาศ พัดลม และถุงกรองฝุ่น.....61
ภาพที่ 32 ชุดพัดลมและถังเก็บฝุ่น.....62
ภาพที่ 33 ใช้เครื่องวัดความเร็วลม ทดสอบความเร็วลมที่หน้าฮูด.....63
ภาพที่ 34 ติดตั้งระบบระบายฝุ่นไม้เข้ากับเครื่องขัดงานไม้.....64
ภาพที่ 35 ต่อชุดพัดลมและท่อดูดอากาศเข้าทางด้านหลังของหัวดูด.....64
ภาพที่ 36 หัวดูดแบบฮูดเรียบ.....67
ภาพที่ 37 ลักษณะถังดักฝุ่น พัดลมมอเตอร์ไฟฟ้า ตัวกรองฝุ่น และถุงกระดาษกรอง.....68
ภาพที่ 38 การทดสอบความเร็วลมบริเวณหน้าหัวดูด.....69
ภาพที่ 39 ประเภทของไม้ที่ใช้ในการทดสอบ.....69
ภาพที่ 40 การทดลองเก็บตัวอย่างฝุ่นไม้ ก่อนการติดตั้งระบบกำจัดฝุ่นไม้.....70
ภาพที่ 41 การทดลองเก็บตัวอย่างฝุ่นไม้ หลังการติดตั้งระบบกำจัดฝุ่นไม้.....71
ภาพที่ 42 ลักษณะชิ้นงาน หลังทำการทดลอง.....71
ภาพที่ 43 ผลปริมาณความเข้มข้นฝุ่นในแต่ละครั้งของแต่ละตัวอย่าง ก่อนการติดตั้งระบบกำจัดฝุ่นไม้.....72

ภาพที่ 44 ผลปริมาณความเข้มข้นฝุ่นในแต่ละครั้งของแต่ละตัวอย่าง หลังการติดตั้งระบบกำจัดฝุ่นไม้ 73

ภาพที่ 45 กราฟเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นไม้เนื้ออ่อน ก่อน และหลัง การติดตั้งระบบ 76

ภาพที่ 46 กราฟเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นไม้เนื้อแข็ง ก่อน และหลังติดตั้งระบบ....78

ภาพที่ 47 กราฟเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นแผ่นไม้ผสม ก่อน และหลังติดตั้งระบบ .80

ภาพที่ 48 กราฟเปรียบเทียบประสิทธิผลของระบบกำจัดฝุ่นไม้โดยเฉลี่ยของไม้ทั้ง 3 ประเภท ก่อน และหลังติดตั้งระบบ 81

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศ ทั้งนี้เนื่องจากเป็นอุตสาหกรรมที่อาศัยการใช้วัตถุดิบภายในประเทศเป็นสำคัญ เน้นการจ้างงานช่างฝีมือภายในประเทศ และประมาณร้อยละ 90 ของผู้ประกอบการส่วนใหญ่ทำการผลิตเพื่อส่งออก จำนวนโรงงานทั้งหมดเกือบ 12,000 โรงงาน โดยจากข้อมูลของกระทรวงพาณิชย์ ประเทศไทยส่งออกเฟอร์นิเจอร์และผลิตภัณฑ์ไม้จำหน่ายทั่วโลกและมีมูลค่าการส่งออกต่อเนื่องเกือบทุกปี มีอัตราการขยายตัวเฉลี่ยร้อยละ 12 ต่อปี อุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์สามารถทำรายได้ต่อปีไม่ต่ำกว่า 62,000 ล้านบาท โดยมีตลาดส่งออกที่สำคัญ ได้แก่ สหรัฐอเมริกา สหภาพยุโรป และญี่ปุ่น (สถาบันวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมอุตสาหกรรมการผลิต (SMI), 2554) ในช่วง 5 ปีที่ผ่านมา การซื้อขายเฟอร์นิเจอร์ออนไลน์ในประเทศออสเตรเลียเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลาย ช่วงปี พ.ศ. 2553-2558 มีอัตราการขยายตัวเฉลี่ยร้อยละ 19.7 ต่อปี โดยในปี พ.ศ. 2557-2558 สินค้าเฟอร์นิเจอร์ออนไลน์ขยายตัวร้อยละ 20.1 มีมูลค่า 360.3 ล้านเหรียญ (กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ, 2559) โดยในประเทศไทยมีปริมาณการจ้างงานในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์และผลิตภัณฑ์ไม้ 280,000 คน จึงเป็นอุตสาหกรรมที่สร้างมูลค่าเพิ่มได้มากและเชื่อมโยงกับอุตสาหกรรมอื่น เช่น อุตสาหกรรมเกษตร ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมหลักของประเทศ และอุตสาหกรรมเครื่องตกแต่งบ้าน เป็นต้น ดังนั้นการพัฒนาความรู้ความสามารถ และฝีมือแรงงานจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง

ซึ่งในระบบการศึกษาของประเทศไทยในปัจจุบัน การจัดให้มีการเรียนการสอนวิชาอุตสาหกรรม มีความสำคัญเป็นอย่างมาก เพื่อตอบสนองต่อความต้องการบุคลากรที่มีคุณภาพในภาคอุตสาหกรรม และยังช่วยพัฒนาความรู้ความสามารถ รวมทั้งทักษะในการฝึกปฏิบัติงานในด้านอุตสาหกรรมให้กับนักเรียน ในกระบวนการผลิตสินค้าอุตสาหกรรมในปัจจุบัน สินทรัพย์ที่ไม่มีตัวตน หรือ สัมผัสไม่ได้ (Intangible assets) เช่น ความรู้ด้านการออกแบบ งานช่างฝีมือมีความสำคัญมากขึ้น รวมถึงประสิทธิภาพและความปลอดภัยในการผลิต ลักษณะการใช้งานเครื่องจักร ล้วนมีส่วนสำคัญต่อความสามารถในการแข่งขันของสินค้าอุตสาหกรรมทั้งสิ้น (สมศักดิ์ แต้มบุญเลิศชัย, 2558) จึงจำเป็นที่ต้องมีการจัดเตรียมเครื่องจักร อุปกรณ์ เครื่องมือ วัตถุดิบในการฝึกปฏิบัติงาน ในสภาพการของการเรียนการสอนวิชาอุตสาหกรรม ต้องมีการทำงานกับเครื่องจักรที่ทำให้เกิดฝุ่น โดยเฉพาะงานไม้ ในขั้นตอนการทำงานดังกล่าวมีปัญหาของฝุ่นไม้

ที่เกิดขึ้นจากการใช้เครื่องขัดไม้ จึงทำให้เกิดการฟุ้งกระจายของฝุ่นไม้ปริมาณมาก ซึ่งระบบกำจัดฝุ่นที่มีอยู่ไม่มีประสิทธิภาพ มีเพียงระบบระบายอากาศเพื่อกำจัดฝุ่นไม้ที่ตัวเครื่องจักรเท่านั้น และนอกจากนี้การกระจายตัวของฝุ่นไม้ยังส่งผลกระทบต่อสุขภาพอีกหลายด้าน

ฝุ่นไม้ที่เกิดขึ้นส่งผลต่อผู้ปฏิบัติงานในโรงฝึกงาน ซึ่งสามารถทำให้เกิดอาการภูมิแพ้ ผื่นคัน และยังเข้าถึงอวัยวะภายในด้วย ที่ผ่านมามีการศึกษาพบว่าในอุตสาหกรรมผลิตเครื่องเรือนไม้ขนาดกลางและขนาดย่อมในจังหวัดเชียงใหม่ คนที่ทำงานในอุตสาหกรรมนี้ มีการสัมผัสฝุ่นไม้ร้อยละ 96.10 และมีอาการ น้ำมูกไหล ไอ จาม แสบจมูก มีผื่นคันบริเวณผิวหนัง ร้อยละ 56.1 (ชื่นกมล สุขดี ชวพรพรรณ จันทร์ประสิทธิ์ และวันเพ็ญ ทรงคำ, 2553) หรือการศึกษาในต่างประเทศ โรงงานผลิตเฟอร์นิเจอร์ไม้ในซิมบับเว พบว่าคนทำงานที่สัมผัสฝุ่นไม้ มีอาการตาแดงระคายเคืองตามากกว่า ร้อยละ 74 (Jerie, 2012) แม้ว่าการศึกษาหลายครั้งจะบ่งชี้ว่าฝุ่นไม้มีความเกี่ยวข้องกับโรคมะเร็งทางเดินหายใจและทางเดินอาหาร ฝุ่นไม้ยังเชื่อมโยงไปถึงการเกิดโรคมะเร็งในโพรงจมูกอีกด้วย (Hancock, Langley, Chia, Woodman, & Shanahan, 2015) ขนาดของฝุ่นไม้มีหลายขนาด ตั้งแต่ขนาดเล็ก ๆ จนถึงเล็กที่สุดที่สามารถเข้าถึงระบบทางเดินหายใจส่วนล่างได้ (Inhalable dust) ส่วนฝุ่นที่มีขนาดใหญ่จะตกค้างในจมูกและคอ ซึ่งการหายใจเอาฝุ่นไม้เข้าไปจะทำให้เกิดความผิดปกติของระบบทางเดินหายใจเรื้อรัง (อนามัย (ธีรวิโรจน์) เทศกะทึก, 2556)

วิธีการที่จะแก้ปัญหาที่เกิดจากฝุ่นไม้นั้น สามารถดำเนินการได้ในสามวิธี โดยเรียงลำดับจากประสิทธิภาพและความจำเป็นเร่งด่วนในการดำเนินการ ได้ดังนี้ 1) การควบคุมที่แหล่งกำเนิด 2) การควบคุมที่ทางผ่าน 3) การควบคุมที่ตัวบุคคล ซึ่งการควบคุมที่แหล่งกำเนิดฝุ่นไม้โดยใช้หลักการการออกแบบและติดตั้งระบบระบายอากาศ เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด แต่ละขั้นตอนของการออกแบบ ผู้ออกแบบต้องมีความรู้เกี่ยวกับฝุ่นไม้ เครื่องจักรงานไม้ อุปกรณ์ในระบบกำจัด และต้องมีค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณอยู่เป็นจำนวนมาก รวมไปถึงความเหมาะสมในการเลือกชนิด ขนาด และคุณสมบัติของวัสดุอุปกรณ์ทั้งหมดในระบบ เช่น การเลือกใช้ขนาดของท่อดูดอากาศ กำลังของพัดลมดูดอากาศ และ Hood ที่ทำหน้าที่รับฝุ่นไม้เพื่อส่งผ่านไปยังท่อดุดอากาศ

ระบบระบายอากาศที่ใช้ดูดฝุ่นขี้เลื่อยจะประกอบไปด้วย หัวดูดฝุ่นขี้เลื่อย ท่อส่ง พัดลมดูดอากาศ (Blower) โดยพัดลมดูดอากาศต้องมีความสามารถในการทำให้ฝุ่นขี้เลื่อยสามารถถูกส่งไปกับลมในท่อจากต้นทางไปจนถึงปลายทางได้ (บัญญัติ นิยมวาส และประทีป ทิพย์ประชา, 2557) โดยปัจจัยที่ใช้ในการออกแบบระบบดูดฝุ่นขี้เลื่อยที่สำคัญประการหนึ่งคือ ความเร็วลมต่ำสุดในการขนส่งฝุ่นขี้เลื่อยให้ไปกับลมได้ตลอดทาง ไม่มีการตกสะสมภายในท่อ ซึ่งจะเกิดปัญหาการอุดตันของระบบได้ เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศ และลดปริมาณฝุ่นที่

เกิดขึ้น การออกแบบสร้างระบบระบายอากาศที่สามารถใช้งานได้จริงนั้น จะต้องรวบรวมความรู้ที่ได้จากการศึกษาและเก็บข้อมูล โดยการออกแบบที่ทำไว้นี้หากสามารถนำไปใช้งานได้จริงและมีประสิทธิภาพดี จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ทำงานด้านนี้ และจะทำให้การออกแบบจัดสร้างในครั้งต่อไปสามารถกระทำได้อย่างรวดเร็ว เพราะสามารถลดขั้นตอนของการออกแบบและการคำนวณลงได้มาก รวมถึงสามารถประหยัดงบประมาณในการจัดสร้าง โดยการเลือกใช้วัสดุที่หาได้ในพื้นที่

จากข้อมูลการวิจัยพบว่า ส่วนใหญ่เป็นข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาฝุ่นไม้ในภาคอุตสาหกรรมหรือในกระบวนการการผลิตของโรงงาน เป็นหลัก แต่ปัญหาฝุ่นไม้นั้นสามารถเกิดขึ้นได้ในสถานศึกษาที่มีในการเรียนการสอนวิชาอุตสาหกรรม และเกิดการสะสมจนเกิดปัญหาต่อสุขภาพได้เช่นกัน จากการสังเกตของผู้วิจัยพบว่า สถานศึกษาที่มีการจัดการเรียนการสอนที่เน้นให้นักเรียนมีการฝึกปฏิบัติงานกับวัสดุจริง ซึ่งกิจกรรมนั้นสามารถก่อให้เกิดฝุ่นละอองทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่เป็นจำนวนมาก ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาและออกแบบระบบระบายอากาศ เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการกำจัดฝุ่นไม้ ทั้งก่อนและหลังการออกแบบและติดตั้งระบบระบายอากาศ เพื่อลดความเสี่ยงต่อการเจ็บป่วยด้วยโรคระบบทางเดินหายใจของนักเรียนต่อไป

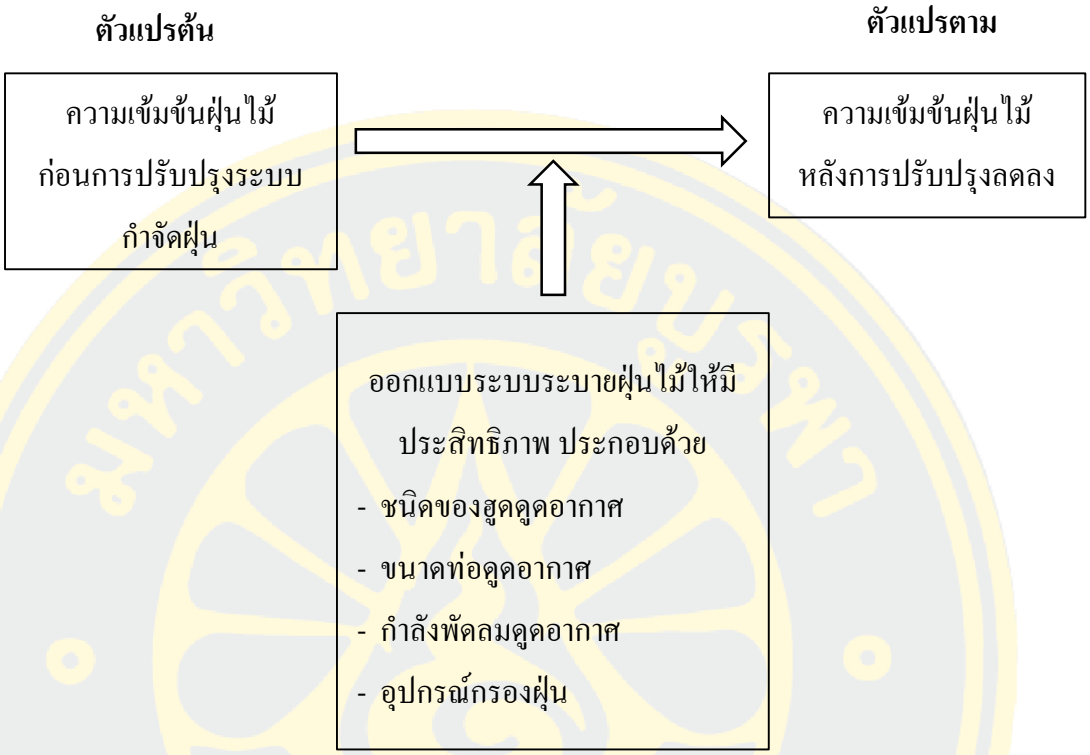
วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปริมาณฝุ่นไม้ที่เกิดขึ้นจากเครื่องขัดไม้ในโรงฝึกงาน
2. เพื่อออกแบบระบบระบายอากาศเฉพาะที่สำหรับงานขัดเตรียมไม้
3. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิผลของการระบายฝุ่นไม้ ก่อนและหลังการออกแบบและติดตั้งระบบระบายอากาศเฉพาะที่ในการทำงานกับเครื่องขัดไม้

สมมุติฐานของการวิจัย

ระบบระบายอากาศที่มีประสิทธิภาพจะสามารถระบายฝุ่นได้มากขึ้น และทำให้ปริมาณฝุ่นไม้ที่มีอยู่ในพื้นที่การทำงานลดลง เมื่อเปรียบเทียบปริมาณฝุ่นก่อน และหลังการออกแบบติดตั้งระบบระบายอากาศ

กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. ลดความเสี่ยงต่อการเจ็บป่วยด้วยโรคระบบทางเดินหายใจของนักเรียนได้
2. นำหลักการและเทคนิค มาใช้กับการออกแบบระบบกำจัดฝุ่นไม้ได้อย่างถูกต้องรวดเร็วในราคาที่ประหยัดและเป็นประโยชน์ต่อโรงฝึกงานอื่น ๆ ที่มีงบประมาณจำกัด
3. สามารถใช้เป็นมาตรฐานสำหรับการควบคุมฝุ่นไม้ในโรงฝึกงาน

ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตที่ศึกษาวิจัยเป็นโรงฝึกงานแผนกวิชาอุตสาหกรรม ที่มีนักเรียนหมุนเวียนเข้ามาฝึกปฏิบัติงานตามวันและเวลาที่มีการจัดการเรียนการสอน มีจำนวนนักเรียนที่ต้องเรียนและใช้งานโรงฝึกงานในปีการศึกษา 2561 ทั้งหมด 455 คน ซึ่งแบ่งเป็น 5 ระดับชั้น มีอายุระหว่าง 14-18 ปี โดยมีการเข้าเรียนฝึกปฏิบัติงาน 50-100 คนต่อวัน

สำหรับการออกแบบระบบกำจัดฝุ่นไม้ เป็นขอบเขตของการสร้างที่จำกัดอยู่เฉพาะในส่วนของฝุ่นที่เกิดจากการขัดไม้เท่านั้น ฝุ่นไม้ทุกชนิดถูกจัดว่ามีคุณสมบัติเหมือนกันในด้านความหนาแน่น แต่มีความแตกต่างกันในด้านของขนาด ผู้ออกแบบต้องเลือกใช้ชนิดวัสดุอุปกรณ์ แบบใดแบบหนึ่ง ตามความเหมาะสมและสามารถจัดหาได้ เพื่อให้สามารถนำไปใช้ในทางปฏิบัติและผลิตชิ้นส่วนได้จริง ตามที่ออกแบบได้ โดยมีขอบเขตวิธีการดำเนินการ ดังนี้

1. ฝุ่นไม้ที่อยู่ในอากาศ เลือกเก็บตัวอย่างแบบฝุ่นละอองรวม เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณฝุ่นละอองรวม
2. การตรวจวัดปริมาณฝุ่นไม้ ทำการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองรวมบริเวณพื้นที่ปฏิบัติงาน โดยทำการตรวจวัดภายในอาคาร
3. เลือกเก็บตัวอย่างเฉพาะวันและเวลาทำงาน วันจันทร์-วันศุกร์
4. ทำการเก็บข้อมูลในช่วงเวลาที่มีการใช้งานโรงฝึกงาน ในเวลา 8.00-16.00 น.
5. ใช้การออกแบบระบบระบายอากาศเฉพาะที่ เพื่อเปรียบเทียบการระบายฝุ่นไม้
6. ทำการศึกษาข้อมูลในช่วงเวลา ระหว่างเดือน สิงหาคม ถึง ตุลาคม พ.ศ. 2561
7. โรงฝึกงานแผนกวิชาอุตสาหกรรม ของโรงเรียนนานาชาติโชร์สเบอรี่ กรุงเทพ เป็นสถานที่ศึกษาวิจัย

นิยามศัพท์เฉพาะ

ฝุ่นไม้ หมายถึง ฝุ่นละอองในบรรยากาศ ที่เป็นแบบฝุ่นละอองรวม (Total dust) ที่อยู่ในบริเวณพื้นที่ปฏิบัติงาน ขณะที่มีการใช้งานเครื่องขัดไม้ ภายในอาคาร

การสอบเทียบอัตราการไหลของอากาศ (Air flow calibration) หมายถึง การสอบเทียบอัตราการไหลของอากาศผ่านอุปกรณ์เก็บอนุภาค ด้วยเครื่องวัดอัตราการไหลอากาศชนิดปฐมภูมิ (Primary standards flow meter) หรือเทียบเท่า หรือที่ผ่านการสอบเทียบกับเครื่องวัดอัตราการไหลอากาศชนิดปฐมภูมิ

ที่ระดับหายใจ (Breathing zone) หมายถึง ระยะห่างจากจมูกของผู้ปฏิบัติงานในรัศมี 30 เซนติเมตร (cm)

ฝุ่นรวม (Total dust) หมายถึง อนุภาคแขวนลอยในอากาศที่อาจสูดเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจได้

ประสิทธิผล หมายถึง ความเข้มข้นของฝุ่นที่เปลี่ยนแปลงไปจากการปรับปรุง วัดได้โดยใช้ความเข้มข้น

ระบบระบายอากาศเฉพาะที่ หมายถึง ระบบที่นำเอาฝุ่นไม้ที่กำลังเคลื่อนที่จากจุดที่ทำให้เกิดฝุ่นไปยังแหล่งจัดเก็บฝุ่น โดยระบบระบายอากาศ ถูกออกแบบมาเพื่อรวบรวมฝุ่นไม้ที่แหล่งหรือใกล้กับแหล่งกำเนิดของฝุ่นนั้น เพื่อรักษาคุณภาพของอากาศภายในอาคาร ไว้ในระดับที่ยอมรับได้ ประกอบด้วย

1. Hood (หัวดูดอากาศ) หมายถึง อุปกรณ์ที่ออกแบบให้ดูดอากาศที่ปนเปื้อนฝุ่นไม้เพื่อส่งออกไปทางท่อที่ระบายออก

2. ระบบท่อ (Duct system) จะเป็นช่องทางในการลำเลียงอากาศที่ปนเปื้อนฝุ่นไปยังแหล่งที่เก็บฝุ่น (Duct collector)

3. ความเร็วในท่อ (Duct velocity) หมายถึง ความเร็วของอากาศที่ไหลผ่านหน้าตัดท่อในกรณีที่ปนเปื้อนฝุ่นไม้ ปะปนมากับอากาศ ความเร็วในท่อต้องมีค่าเท่ากับหรือมากกว่าความเร็วต่ำสุดที่ต้องการสำหรับพาสิ่งปนเปื้อนดังกล่าว ให้ไหลไปพร้อมกับอากาศได้โดยไม่เกิดการตกค้างในระบบ

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยในครั้งนี้ เป็นการศึกษาวิจัยโดยการตรวจวัดปริมาณฝุ่นและการออกแบบระบบระบายอากาศของเครื่องขัดงานไม้ ในโรงฝึกงาน เนื่องจากภายในโรงฝึกงานมีปัญหาเกี่ยวกับฝุ่นที่เกิดขึ้นมีปริมาณมาก โดยเฉพาะในการปฏิบัติงานที่มีวัสดุหลักเป็นไม้ การฝึกปฏิบัติงานภายในโรงฝึกงานได้มีการแปรรูปวัสดุที่เป็นไม้อยู่หลัก ๆ 3 ประเภท คือ ไม้เนื้อแข็ง ไม้เนื้ออ่อน และแผ่นไม้ผสม ซึ่งฝุ่นไม้ที่เกิดขึ้นส่งผลให้เกิดปัญหาสุขภาพและอาการเจ็บป่วยจากการรับสัมผัสฝุ่นไม้ภายในโรงฝึกงาน โดยมีข้อมูลพบว่ามีนักเรียนที่ฝึกปฏิบัติงานในโรงฝึกงานเข้ารับการรักษาอาการแพ้ฝุ่น ภูมิแพ้ ระคายเคือง ในห้องพยาบาลของทางโรงเรียนเป็นจำนวนมาก แม้ว่ามาตรการควบคุมฝุ่นที่มีอยู่จะมีการติดตั้งเครื่องดูดฝุ่นที่ติดมากับตัวเครื่องจักรงานไม้ แต่ก็ยังไม่เพียงพอในการควบคุมปริมาณฝุ่นไม้ที่เกิดขึ้น การออกแบบปรับปรุงระบบกำจัดฝุ่นไม้จึงมีความสำคัญในลำดับต้น โดยใช้หลักการออกแบบทางวิศวกรรมมาช่วยในการคำนวณค่าอัตราการไหลของอากาศ ขนาดและความยาวของท่อนำอากาศ การเลือกใช้วัสดุที่หาได้ภายในพื้นที่หรือท้องถิ่นโดยคำนึงถึงคุณสมบัติของวัสดุนั้น ๆ ต้นทุน รวมถึงสามารถผลิตใช้งานได้จริง และทำการเปรียบเทียบประสิทธิผลของการระบายฝุ่นไม้ ด้วยการตรวจวัดปริมาณฝุ่นไม้ แบบฝุ่นรวม (Total dust) ก่อน และหลังการติดตั้งระบบระบายอากาศที่ออกแบบขึ้นมา ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษานำเอาแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง มาเป็นแนวทางและกรอบในการศึกษาวิจัย ดังต่อไปนี้

1. ฝุ่นไม้
2. การเก็บตัวอย่างฝุ่นละออง และการวิเคราะห์ฝุ่นไม้
3. ระบบระบายอากาศเฉพาะที่ (Local exhaust ventilation)
4. หลักการออกแบบระบบระบายอากาศเฉพาะที่

ฝุ่นไม้

ฝุ่นไม้จัดเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดความเสี่ยงต่อโรค ซึ่งสามารถเข้าสู้ร่างกายและกระตุ้นให้เกิดภาวะภูมิแพ้และระคายเคืองต่อระบบทางเดินหายใจ ซึ่งเป็นผลมาจากการแปรรูปไม้ เช่น การตัด การเจาะ การขัดผิวงานด้วยกระดาษทราย องค์การวิจัยโรคมะเร็งนานาชาติ หรือ (IARC) ได้จัดลำดับของฝุ่นไม้ว่าเป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์ ซึ่งในการศึกษาส่วนใหญ่พบว่าการรับสัมผัสฝุ่นไม้ มีชนิดและขนาดของฝุ่นที่หลากหลาย ไม่สามารถคัดแยกขนาดหรือชนิดของฝุ่นไม้ได้ ระดับ

ความเป็นพิษจึงมีหลายระดับ (Tobin, Ediagbonya, Okojie, & Asogun, 2016) การสัมผัสฝุ่นไม้ทำให้เกิดการระคายเคืองที่ผิวหนัง เกิดโรคผิวหนังอักเสบ ผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจ เช่น ภาวะภูมิแพ้ หอบหืด โรคปอดอักเสบจากภูมิแพ้ โรคระบบทางเดินหายใจอุดกั้นเรื้อรัง และโรงมะเร็งปอด ดังนั้นผู้ที่ทำงานที่ต้องสูดอนุภาคฝุ่นไม้เข้าสู้ปอดอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจ

1. อนุภาคของฝุ่นไม้ ขึ้นอยู่กับวิธีการหรือขั้นตอนที่ทำให้เกิดฝุ่น เช่นในการตัด การขัด การเจาะ ลักษณะของเครื่องจักร รวมถึงประเภทและชนิดของไม้ที่นำมาแปรรูป ล้วนมีผลต่อขนาดของฝุ่นไม้ที่เกิดขึ้น จากข้อมูลพบว่ากิจกรรมที่ทำให้เกิดฝุ่นไม้มากที่สุดอยู่ในขั้นตอนของการขัด ซึ่งมีปริมาณฝุ่นไม้ต่อพื้นที่มากที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 1 จึงมีความสนใจในการแก้ปัญหาฝุ่นไม้ที่เกิดจากเครื่องขัดงานไม้เป็นลำดับต้น เพื่อเป็นแนวทางในการพิจารณาออกแบบระบบกำจัดฝุ่นไม้ที่ใช้กับเครื่องขัดงานไม้

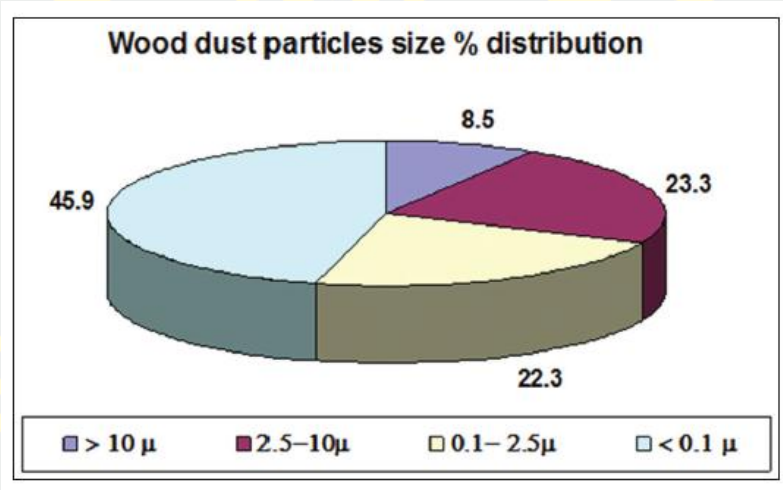
ตารางที่ 1 ระดับปริมาณฝุ่นไม้ของแต่ละกิจกรรม

Department	**Number of**	**Dust Levels (mg/m^3)**			
	Samples	**Mean**	**SD**	**Min**	**Max**
Raw material	11	5.08	2.95	1.49	8.68
Cutting	9	3.01	0.69	2.03	4.03
Drilling	3	4.07	0.60	3.38	4.42
Planning	5	3.60	1.17	2.50	5.60
Sanding	5	5.30	1.42	3.43	7.20
Assembly	12	4.61	2.76	1.69	11.17
Finishing	5	4.39	1.75	2.24	7.04
Office/clerical	8	2.11	1.13	1.15	4.11
Total	58	4.04	2.20	1.15	11.17

ที่มา: Thetkathuek et al. (2010)

จากตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่าในกิจกรรมของการขัดไม้มีค่าเฉลี่ยของระดับการเกิดฝุ่นสูงสุด ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะการทำงานของเครื่องขัดไม้ ที่ใช้ผ้าทรายติดกับแกนหมุน โดยหมุนด้วยความเร็วรอบสูง จึงทำให้ลักษณะของการเกิดฝุ่นเป็นแบบฟุ้งกระจาย และมีขนาดเล็กไปจนถึงเล็กที่สุด

ในกระบวนการแปรรูปไม้ แบ่งชนิดของไม้ออกเป็น 3 ประเภท คือ ไม้เนื้อแข็ง ไม้เนื้ออ่อน และแผ่นไม้ผสม (Manufactured board) ฝุ่นที่เกิดขึ้นมีอนุภาคแตกต่างกันไป ซึ่งฝุ่นไม้ที่มีขนาดเล็กที่สุดจะมีปริมาณฝุ่นในขั้นตอนของการแปรรูปไม้มากที่สุด ดังแสดงในภาพที่ 2 จากที่มีการศึกษารายงานพบว่าทั่วสหภาพยุโรปประมาณ 3.6 ล้านคนที่ทำงานในอุตสาหกรรมไม้มักสัมผัสกับฝุ่นไม้ในอุตสาหกรรม โดยมีการแบ่งลักษณะการแปรรูปไม้ เป็นไม้เนื้อแข็งและไม้เนื้ออ่อน ซึ่งเป็นหนึ่งในสาเหตุสำคัญของอันตรายจากอุตสาหกรรมงานไม้



ภาพที่ 2 อนุภาคของฝุ่นไม้และค่าเฉลี่ยปริมาณฝุ่นไม้

(Kulkani, Mahesh, & Manjunatha, 2016, p. 309)

จากภาพที่ 1 อนุภาคฝุ่นไม้มีการถูกจัดแบ่งช่วงของอนุภาคตามขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางของฝุ่นไม้ การสัมผัสกับฝุ่นไม้เป็นเวลานานทำให้มีความเสี่ยงต่อการเกิดอาการไม่พึงประสงค์ต่าง ๆ เช่น โรคผิวหนังระคายเคือง โรคหอบหืด หลอดลมอักเสบเรื้อรัง ถุงลมโป่งพอง เนื่องจากมีการสัมผัสกับฝุ่นไม้เนื้อแข็งและไม้เนื้ออ่อน ตามการจำแนกของ IARC ฝุ่นไม้เนื้อแข็งเป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์ ตามหลักฐานทางระบาดวิทยาแสดงให้เห็นถึงกลไกที่เกี่ยวข้องกับความเป็นพิษและสารก่อมะเร็งที่เกิดจากฝุ่นไม้ แม้ว่าฝุ่นไม้เนื้อแข็งจะถือว่าเป็นอันตรายมากกว่าไม้เนื้ออ่อน แต่การศึกษาเหล่านี้ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างความเป็นพิษของ

ไม้เนื้อแข็งและฝุ่นไม้เนื้ออ่อน (Kulkani, Mahesh, & Manjunatha, 2016)

พื้นที่ที่ทำการตรวจวัดฝุ่นไม้โดยการเก็บตัวอย่างฝุ่นแบบฝุ่นละอองรวม (Total dust) คือ บริเวณที่มีการใช้งานเครื่องขัดงานไม้ ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดฝุ่นที่สำคัญในพื้นที่โรงฝึกงาน โดยเก็บตัวอย่างเป็น 3 กลุ่มตัวอย่าง แบ่งตามประเภทของไม้ที่มีการใช้งานในโรงฝึกงาน ได้แก่ ไม้เนื้อแข็ง ไม้เนื้ออ่อน และแผ่นไม้ผสม โดยใช้วิธีเก็บตัวอย่างเป็นไปตามมาตรฐานตามวิธีการของ NIOSH 0500 (National Institute of Occupational Health and Safety [NIOSH], 1994) โดยวางตำแหน่งของอุปกรณ์ดักเก็บตัวอย่างฝุ่นไว้ที่ระดับหายใจ (Breathing zone) ที่ระยะห่างจากจมูกของผู้ปฏิบัติงานในรัศมี 30 cm

การเก็บตัวอย่างฝุ่น และการวิเคราะห์ฝุ่นไม้

1. วิธีเก็บตัวอย่างฝุ่น หลักการทั่วไปของการเก็บตัวอย่างฝุ่น ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมโดยประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมกำหนดเป็นแนวปฏิบัติในการเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ความเข้มข้นของอนุภาคแขวนลอยในอากาศในสภาวะแวดล้อมการทำงาน โดยเก็บตัวอย่างด้วยการดูดอากาศผ่านกระดาษกรองและวิเคราะห์ปริมาณอนุภาคด้วยการชั่งน้ำหนัก เพื่อคำนวณหาความเข้มข้นของอนุภาคในหน่วยน้ำหนักต่อปริมาตร (ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม, 2555)

วิธีการเก็บตัวอย่างอนุภาคในอากาศ ทำได้โดยการใช้เครื่องดูดอากาศผ่านกระดาษกรอง อนุภาคจะถูกกักเก็บไว้บนกระดาษกรอง จากนั้นนำกระดาษกรองมาชั่งน้ำหนัก เพื่อคำนวณความเข้มข้นของอนุภาคในหน่วยน้ำหนักต่อปริมาตรอากาศ แล้วนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิง จะทำการตรวจวัดในสภาวะที่มีผู้ปฏิบัติงานขณะทำงานกับเครื่องขัดงานไม้ ส่วนใหญ่จะทำการตรวจวัดเป็นค่าเฉลี่ย 8 ชั่วโมง เนื่องจากเป็นระยะเวลาทำงานหรือได้รับสัมผัสกับฝุ่นไม้

สำหรับวิธีการในการเก็บตัวอย่างฝุ่นสามารถแบ่งออกเป็นขั้นตอนต่าง ๆ ได้ 3 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนในการเตรียมอุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่าง ขั้นตอนในการเก็บตัวอย่าง และขั้นตอนสุดท้ายคือขั้นตอนในการเตรียมตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์

ขั้นตอนแรก เป็นขั้นตอนที่ต้องมีการเตรียมอุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างให้พร้อมที่จะใช้งานได้ตามที่กำหนดไว้ในวิธีการมาตรฐาน เช่น การเตรียมปั้มดูดอากาศ ต้องมีการสอบเทียบอัตราการไหลของอากาศ (Air flow calibration) ให้เป็นไปตามที่ระบุไว้ในมาตรฐาน เช่น ในการเก็บตัวอย่างฝุ่นแบบฝุ่นละอองรวม (Total dust) ตามวิธีการมาตรฐานของ NIOSH 0500 (NIOSH, 1994) ระบุให้ใช้อัตราการไหล 2 ลิตรต่อนาที ก็จะต้องปรับอัตราการไหลของปั้มให้ได้ตามที่กำหนด โดยการสอบเทียบกับชุดสอบเทียบอัตราการไหล ในปัจจุบันมีเครื่องสอบเทียบอัตราการไหลที่ใช้กัน

แพร่หลาย คือ ชุดสอบเทียบมาตรฐานแบบปฐมภูมิ (Primary standard) ดังแสดงในภาพที่ 3 ซึ่งเป็นชุดสอบเทียบที่มีความถูกต้องสูงมาก มีความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วงไม่เกินร้อยละ 2 เช่น บับเบิ้ลมิเตอร์ (Bubble meter)

ภาพที่ 3 ชุดสอบเทียบมาตรฐานแบบปฐมภูมิ บับเบิ้ลมิเตอร์

จากภาพที่ 3 แสดงการสอบเทียบอัตราการไหลของอากาศโดยใช้ปั้มดูดอากาศต่อเข้ากับชุดสอบเทียบบับเบิ้ลมิเตอร์ ทำการจับเวลาและปรับตั้งปั้มดูดอากาศให้เป็นไปตามที่ระบุไว้ในมาตาฐานที่กำหนด

สิ่งที่ต้องเตรียมไปใช้กับปั้ม คือ อุปกรณ์ดักเก็บอนุภาคสำหรับอนุภาคฝุ่นทุกขนาด ประกอบด้วย ตลับกระดาษกรอง (Filter cassette) ชนิด 3 ตอน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 37 mm กระดาษกรองชนิดพีวีซีที่มีขนาดรู (Pore size) ขนาด 5 μm และแผ่นรองกระดาษกรองกระดาษกรองดักฝุ่นต้องเป็นไปตามชนิดที่ระบุไว้ในวิธีการมาตรฐาน เช่น ชนิดของกระดาษกรองต้องเป็นแบบที่ไม่ดูดซึมความชื้น ทำการชั่งน้ำหนักกระดาษกรองด้วยเครื่องชั่งที่มีความละเอียดในการชั่ง 0.001 mg

ขั้นตอนการเก็บตัวอย่าง ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่สำคัญในการเลือกตำแหน่งที่จะเก็บตัวอย่าง ที่ต้องตอบวัตถุประสงค์ของการเก็บตัวอย่างให้ได้ว่า เหตุใดจึงเก็บตัวอย่างในตำแหน่ง

นั้น ๆ เช่น เก็บตัวอย่างเพื่อต้องการทราบระดับความเข้มข้นบริเวณที่ทำงาน หรือเก็บตัวอย่างเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการควบคุมทางวิศวกรรม คือการทดสอบประสิทธิภาพของการระบายอากาศ ดังนั้นวัตถุประสงค์ในการเก็บตัวอย่างเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องมีความชัดเจนก่อนเก็บตัวอย่าง โดยพิจารณาองค์ประกอบอื่น ๆ ร่วมด้วย เช่น เก็บตัวอย่างที่ตำแหน่งใด เก็บตัวอย่างเมื่อไหร่จึงเหมาะสม จะต้องเก็บกี่ตัวอย่างจึงจะเหมาะสม รูปแบบช่วงระยะเวลาการเก็บตัวอย่าง ต้องเก็บตัวอย่างมีปริมาณเท่าไร

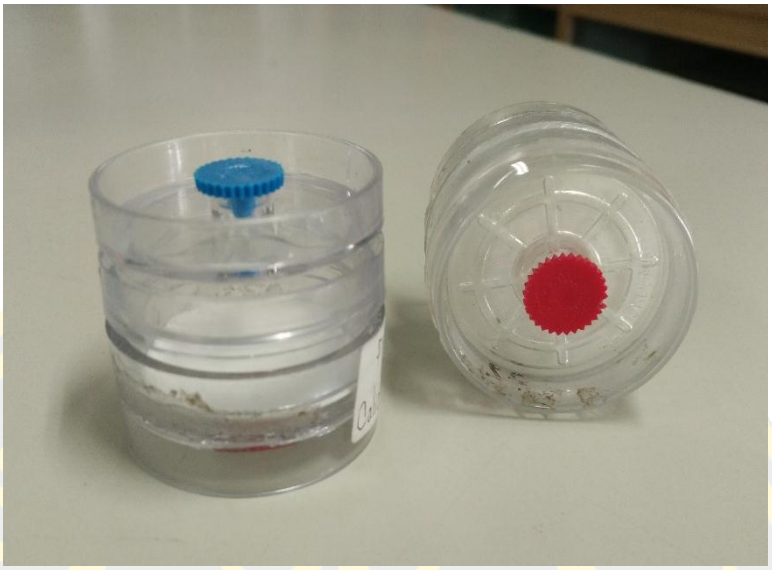
การเตรียมตัวอย่างก่อนวิเคราะห์ ต้องระวังในเรื่องของความชื้น จดบันทึก ชื่อผู้เก็บและวิเคราะห์ตัวอย่าง วันเดือนปี ที่เตรียมตัวอย่าง การปรับเทียบของอุปกรณ์ทั้งหมดที่เกี่ยวข้อง เช่น อัตราการดูดของปั๊ม เครื่องชั่ง ประเภทของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง รวมถึงระบุหมายเลขเครื่องและผลิตภัณฑ์ของบริษัทใด (ประมุข โอศิริ, 2556)

2. เครื่องมือที่ใช้เก็บตัวอย่าง

เครื่องเก็บตัวอย่างอากาศส่วนบุคคล (Personal air pump) ส่วนใหญ่ การเก็บตัวอย่างฝุ่นในสถานประกอบการ ใช้หลักการคล้ายกับการเก็บตัวอย่างฝุ่นในบรรยากาศด้วยกลไกการดูดและกรองฝุ่นละอองแขวนลอยด้วยอุปกรณ์ (ปั๊ม) ดูดอากาศและแผ่นกรองที่เหมาะสม อัตราการเก็บตัวอย่างต้องใกล้เคียงกับอัตราการหายใจของมนุษย์ เครื่องเก็บตัวอย่างส่วนบุคคลเป็นอุปกรณ์ที่นิยมใช้ทั่วไปในการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองในสถานประกอบการ วิธีเก็บตัวอย่างที่ใช้ในปฏิบัติการนี้มีพื้นฐานจากการศึกษาของ National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH) อัตราการดูดอากาศที่กำหนดไว้ คือ 1-2 l/m ซึ่งมักใช้สำหรับการเก็บตัวอย่างเฉพาะที่ภายในอาคาร และฝุ่นที่บุคคลรับสัมผัส (วีรนุช ปุยภิรมย์, 2556)

ภาพที่ 4 เครื่องเก็บตัวอย่างอากาศส่วนบุคคล (Personal air pump)

จากภาพที่ 4 เป็นเครื่องเก็บตัวอย่างอากาศ รุ่น SKC Model 224-PCXR4 โดยใช้การดูดตัวอย่างอากาศในบรรยากาศผ่านตลับกระดาษกรอง โดยที่ภายในบรรจุกระดาษกรองชนิด PVC ใช้เครื่องมือเก็บฝุ่น แบบตลับกระดาษกรอง (Filter cassette) ชนิด 3 ตอน กระดาษกรองชนิด PVC filters ขนาด 37 mm ดังแสดงในภาพที่ 5 ต่อเข้ากับ Personal Pump ซึ่งปรับให้มีอัตราการไหล 2.0 l/m ชุดเก็บตัวอย่างอากาศนี้จะติดไว้ที่ระดับหายใจ (Breathing zone) ตลอดระยะเวลาการเก็บตัวอย่าง โดยตลับกระดาษกรองจะถูกติดตั้งไว้ในพื้นที่ที่เครื่องขัดไม้ทำงาน ซึ่งเป็นบริเวณการหายใจของผู้ปฏิบัติงาน โดยวิธีเก็บเป็นไปตามมาตรฐานการเก็บตัวอย่าง NIOSH Method No.0500 (NIOSH, 1994)



ภาพที่ 5 แบบตลับกระดาษกรอง (Filter cassette)

ขณะทำการเก็บตัวอย่างจะต้องมีการสังเกตตัวอย่างและอุปกรณ์ตลอดเวลา หลังการเก็บตัวอย่างแต่ละวัน Personal pump จะถูกเช็คอัตราการไหลอีกครั้งเพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของอัตราการไหล และการหาความเข้มข้นฝุ่นจะได้จากวิธีการชั่งน้ำหนัก โดยกระดาษกรองที่ใช้เก็บตัวอย่างจะถูกชั่งน้ำหนักก่อนและหลังการเก็บตัวอย่าง

3. ขั้นตอนการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างฝุ่น

3.1 ติดตั้งอุปกรณ์ดักเก็บอนุภาคฝุ่นไม้แบบพื้นที่ โดยวางขาตั้งสามขาหรือที่ตั้งมั่นคงและไม่เป็นอุปสรรคต่อการทำงานของผู้ปฏิบัติงานกับเครื่องขัดไม้ ซึ่งยึดอุปกรณ์ดักเก็บอนุภาคกับขาตั้งให้มั่นคง ให้อุปกรณ์ดักเก็บอนุภาคอยู่ในระดับเดียวหรือใกล้เคียงกับระดับการหายของผู้ปฏิบัติงานส่วนใหญ่ในพื้นที่นั้น

3.2 เปิดการทำงานของเครื่องดูดอากาศและเก็บตัวอย่างให้ได้ปริมาตรอากาศ 7 ลิตร ถึง 133 ลิตร โดยพิจารณาจากปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นไม้ในอากาศ สังเกตจากปริมาตรอากาศ 7 ลิตร เป็นปริมาตรต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์ตัวอย่างอนุภาคได้ และ 133 ลิตร เป็นปริมาตรอากาศสูงสุดที่อนุภาคสะสมบนแผ่นกระดาษกรองโดยไม่ทำให้กระดาษกรองล้นหรืออุดตันจนไม่สามารถนำวิเคราะห์ได้ เมื่อปริมาณความเข้มข้นของอนุภาคในอากาศประมาณ 15 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (mg/m^3) (ค่ามาตรฐานสำหรับอนุภาคที่อาจถูกสูดเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจได้)

3.3 ชักตัวอย่างอุปกรณ์ดักเก็บอนุภาคอย่างน้อย 2 ตัวอย่าง ถึง 4 ตัวอย่าง ต่อการเตรียมและเก็บตัวอย่าง 1 ครั้ง เพื่อเป็นอุปกรณ์ดักเก็บอนุภาคเปล่าภาคสนาม และให้ปฏิบัติกับ

อุปกรณ์ดักเก็บอนุภาคเปล่าภาคสนามเช่นเดียวกับตัวอย่างทุกประการ ยกเว้นไม่ดูดอากาศผ่านกระดาษกรองและไม่เปิดจุกตลับกระดาษกรองไว้ขณะเก็บตัวอย่างอากาศ

3.4 บันทึกข้อมูลก่อนการเก็บตัวอย่าง เช่น หมายเลขรหัสตัวอย่าง พื้นที่ติดตั้งอุปกรณ์ อัตราการไหลอากาศก่อนเก็บตัวอย่างอากาศ (F_1) เวลาเริ่มต้นการเก็บตัวอย่างอากาศ (t_1) ข้อมูลอื่น ๆ ที่อาจมีผลต่อการวิเคราะห์

3.5 ปิดเครื่องดูดอากาศ เมื่อการเก็บตัวอย่างสิ้นสุด ปิดจุกรูทางอากาศเข้าของตลับกระดาษกรองทันที ทำความสะอาดภายนอกตลับกระดาษกรองหากมีอนุภาคฝุ่นไม้เกาะอยู่ เพื่อป้องกันการปนเปื้อนตัวอย่าง แล้วถอดตลับกระดาษกรองออกจากเครื่องดูดอากาศ ปิดจุกรูทางอากาศเข้าของตลับกระดาษกรองทันที ทำความสะอาดภายนอกตลับกระดาษกรองหากมีอนุภาคฝุ่นไม้เกาะติดอยู่ด้านนอกตลับกระดาษกรอง เพื่อป้องกันการปนเปื้อนของตัวอย่าง หลังจากนั้นถอดตลับกระดาษกรองออกจากสายนำอากาศและปิดจุกรูทางออกอากาศ นำอุปกรณ์ดักเก็บอนุภาคฝุ่นไม้ออกจากพื้นที่และตรวจสอบอัตราการไหลอากาศหลังการเก็บตัวอย่างอีกครั้ง

3.5 บันทึกข้อมูลหลังการเก็บตัวอย่างอีกครั้ง เช่น อัตราการไหลอากาศหลังเก็บตัวอย่างอากาศ (F_2) เวลาสิ้นสุดการเก็บตัวอย่างอากาศ (t_2) บันทึกระยะเวลาการเก็บตัวอย่าง ($t = t_2 - t_1$) ข้อมูลอื่น ๆ ที่อาจมีผลต่อการวิเคราะห์

การขนส่งตัวอย่างไปยังห้องปฏิบัติการ ให้ทำการบรรจุตลับกระดาษกรองในภาชนะที่เหมาะสมป้องกันการขยับเขยื้อนขณะขนส่ง ซึ่งอาจส่งผลทำให้อนุภาคหลุดออกจากกระดาษกรอง ทั้งนี้ กล่องที่ใช้บรรจุตัวอย่างควรทำด้วยไม้หรือวัสดุซึ่งไม่เหนี่ยวนำไฟฟ้าสถิต โดยทำการจดบันทึกข้อมูลสำหรับการส่งตัวอย่าง เช่น ชื่อสถานประกอบการ/หน่วยงาน/โรงงานที่เก็บตัวอย่าง ที่อยู่ ผู้เก็บตัวอย่าง วันที่เก็บตัวอย่าง ชนิดของอุปกรณ์เก็บตัวอย่าง และจำนวนตัวอย่าง

วิธีการวิเคราะห์ฝุ่นไม้

เมื่อได้ตัวอย่างฝุ่นไม้มาแล้ว ให้ถอดจุกปิดตลับกระดาษกรองส่วนบนและล่างออก วางตลับกระดาษกรองไว้ในอุปกรณ์ดูดความชื้นเป็นเวลาอย่างน้อย 2 ชั่วโมง หลังจากนั้นให้เปิดตลับกระดาษกรอง และใช้ปากคีบหยิบกระดาษกรองออกจากตลับกระดาษกรองโดยไม่ให้อนุภาคของฝุ่นไม้หลุดออกจากกระดาษกรอง แล้วจึงนำกระดาษกรองไปชั่ง โดยใช้เครื่องชั่งเครื่องเดียวกันกับการชั่งน้ำหนักก่อนเก็บตัวอย่าง จากนั้นจึงนำมาคำนวณหาค่าน้ำหนักเฉลี่ย โดยน้ำหนักกระดาษกรองเฉลี่ยสำหรับการเก็บตัวอย่างให้บันทึกค่าเป็น m_2 ส่วนกระดาษกรองเปล่าให้บันทึกค่าเป็น m_{b2} และส่วนสุดท้ายทำการจดบันทึกสภาพของกระดาษกรองที่เห็นได้ชัดเจน เช่น ฉีกขาด เปียก หรือมีฝุ่นล้นกระดาษกรอง (Overload)

วิเคราะห์หาปริมาณฝุ่นด้วยวิธี Gravimetric method โดยการชั่งน้ำหนักกระดาษกรองฝุ่นทั้งก่อนและหลังการเก็บตัวอย่าง และหาความแตกต่างของน้ำหนักนั้นมาคำนวณหาปริมาณความเข้มข้นของฝุ่น

การคำนวณค่าความเข้มข้นของอนุภาคฝุ่นไม้

ค่าปริมาตรอากาศที่เก็บได้ คำนวณด้วยสูตร

$$V = \frac{\left(\frac{(F_1 + F_2)}{2}\right) \times t}{1000}$$

เมื่อ V คือ ปริมาตรอากาศที่เก็บได้ เป็น m^3

F_1 คือ อัตราการไหลอากาศก่อนเก็บตัวอย่าง เป็น l/m

F_2 คือ อัตราการไหลอากาศหลังเก็บตัวอย่าง เป็น l/m

t คือ ระยะเวลาการเก็บตัวอย่าง ($t = t_2 - t_1$) เป็น m

t_1 คือ เวลาเริ่มต้นการเก็บตัวอย่างอากาศ m

t_2 คือ เวลาสิ้นสุดการเก็บตัวอย่างอากาศ m

ค่าความเข้มข้นของอนุภาค คำนวณด้วยสูตร

$$c = \frac{(m_2 - m_1) - (m_{b2} - m_{b1})}{V}$$

เมื่อ c คือ ความเข้มข้นของอนุภาค เป็น mg/m^3

m_1 คือ น้ำหนักเฉลี่ยของกระดาษกรองก่อนเก็บตัวอย่าง เป็น mg

m_2 คือ น้ำหนักเฉลี่ยของกระดาษกรองหลังเก็บตัวอย่าง เป็น mg

m_{b1} คือ น้ำหนักเฉลี่ยของกระดาษกรองตัวอย่างเปล่าภาคสนามก่อนเก็บตัวอย่าง เป็น mg

m_{b2} คือ น้ำหนักเฉลี่ยของกระดาษกรองตัวอย่างเปล่าภาคสนามหลังเก็บตัวอย่าง เป็น mg

V คือ ปริมาตรอากาศที่เก็บได้ เป็น m^3 (ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม, 2555)

โดยเป้าหมายหลักของการศึกษาวิจัยคือการศึกษาปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นไม้ในการใช้งานเครื่องขัดไม้และเพื่อเป็นข้อมูลอ้างอิง ใช้ในการตรวจสอบตามมาตรฐานโรงฝึกงานต่อไป

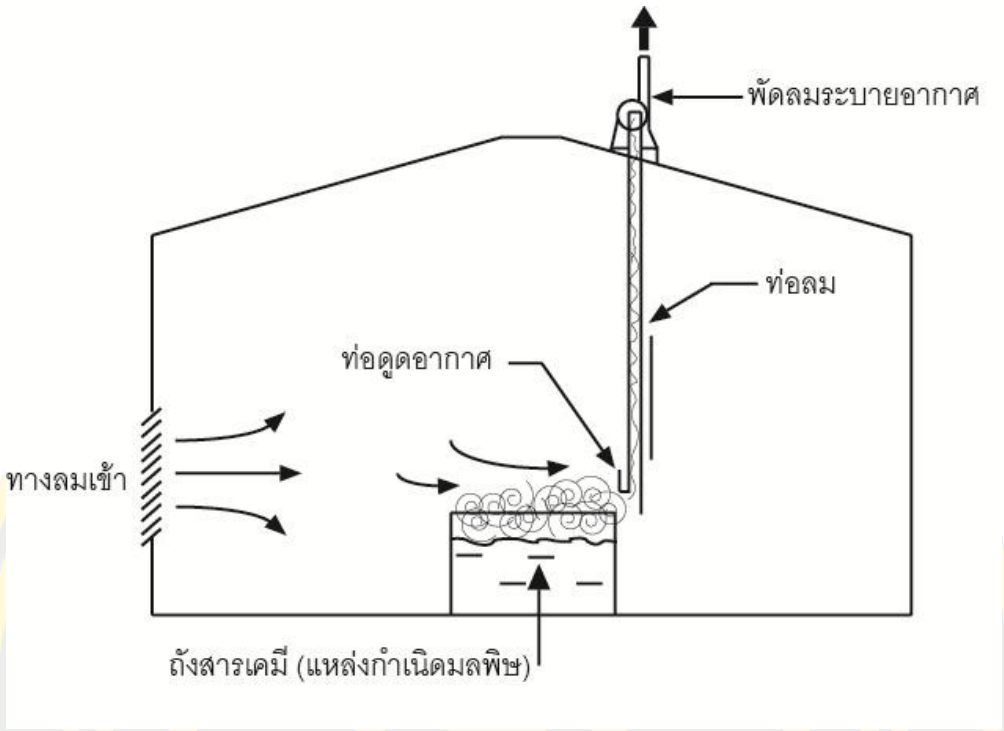
ส่วนเป้าหมายรองคือการออกแบบระบบระบายอากาศขึ้นมาให้เหมาะสม เพื่อควบคุมปริมาณฝุ่นไม้ที่ตกค้างในอากาศ ให้เป็นไปตามแนวคิดและทฤษฎี ที่สามารถใช้งานได้จริง

ระบบระบายอากาศเฉพาะที่ (Local exhaust ventilation)

ชนิดของการระบายอากาศที่ทำการศึกษาและออกแบบเป็นระบบการระบายอากาศเฉพาะที่ (Local exhaust ventilation) เป็นการระบายอากาศโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะป้องกันอันตรายต่อสุขภาพ ควบคุมปัญหาเดือดร้อนรำคาญภายในสถานประกอบการ เป็นวิธีการที่นับว่าได้ผลมากที่สุด เป็นการแก้ไขปัญหามลพิษทางอากาศที่แหล่งกำเนิดโดยตรง ก่อนที่ฝุ่นไม้จะฟุ้งกระจายขึ้นสู่อากาศในระดับหายใจของผู้ปฏิบัติงาน (กฤษณา ศุภจิตรานท์ และนันทิยา หาญศุภลักษณ์, 2554) ซึ่งอาศัยหลักการความดันอากาศที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ โดยการดูดอากาศที่ถูกปนเปื้อนกับฝุ่นไม้พร้อมทั้งกับอากาศส่วนใหญ่ภายในห้อง โดยการติดตั้งระบบระบายอากาศเฉพาะที่ประกอบด้วยส่วนประกอบใหญ่ 5 ส่วนหลัก คือ

1. ทางเข้าของอากาศ (Hoods หรือ Inlet) เป็นส่วนสำคัญที่ทำหน้าที่รวบรวมสิ่งปนเปื้อนทางอากาศให้เข้าสู่ระบบระบายอากาศ การเลือกใช้หรือการออกแบบ โดยการสร้างต้องคำนึงถึงชนิด วัสดุอุปกรณ์ ที่เหมาะสม สามารถจัดหาได้ และมีประสิทธิภาพมากที่สุด
2. ท่อนำอากาศ (Ducts) เป็นส่วนที่ทำหน้าที่นำอากาศ ส่งต่ออากาศที่รวบรวมโดยฮูดผ่านต่อไปในระบบเพื่อเข้าสู่ระบบจัดเก็บ หรือปล่อยออกสู่ภายนอก
3. พัดลมดูดอากาศ (Exhaust fan หรือ Blower) ทำหน้าที่ในการดูดอากาศ เป่าอากาศหรือทำให้มีการเคลื่อนที่ของอากาศในระบบระบายอากาศ
4. เครื่องอุปกรณ์ควบคุมสิ่งปนเปื้อน (Air cleaning equipments) ทำหน้าที่ในการขจัดสิ่งปนเปื้อนทางอากาศที่รวบรวมมาได้ให้อยู่ในมาตรฐานควบคุมก่อนปล่อยออกสู่บรรยากาศภายนอก ระบบระบายอากาศบางชนิดไม่จำเป็นต้องมีระบบขจัดอากาศติดตั้งอยู่ด้วย
5. ทางออก (Outlet หรือ Stack) ทางออกของอากาศผ่านการบำบัดแล้ว หรือปล่องระบายอากาศเป็นส่วนสุดท้ายของระบบระบายอากาศ (เสาวภา เพชรสังฆาต, 2550)

การระบายอากาศแบบเฉพาะที่ ที่นำมาใช้ คือ การระบายอากาศแบบเฉพาะที่ใช้หลักการดูดระบายอากาศที่ถูกปนเปื้อนออกจากบริเวณที่เป็นจุดกำเนิดโดยตรงก่อนที่ฝุ่นไม้นั้นจะเข้าปนเปื้อนกับอากาศในห้อง ทั้งนี้ด้วยการทำงานของ 3 ส่วนใหญ่ ๆ คือ ท่อดูดอากาศ ท่อลม และพัดลมระบายอากาศ



ภาพที่ 6 การระบายอากาศแบบเฉพาะที่ (Local exhaust ventilation) (สภาวิศวกร, 2559)

จากภาพที่ 6 ระบบระบายอากาศเฉพาะที่นี้จะนำมาใช้ในการควบคุมฝุ่นไม้ เมื่อแหล่งกำเนิดฝุ่นไม้อยู่ใกล้กับบริเวณที่ผู้ปฏิบัติงานหายใจ และมีฝุ่นไม้ออกมาจากแหล่งกำเนิดที่อยู่กับที่ในปริมาณมาก ซึ่งเป็นข้อดีของการติดตั้งระบบระบายอากาศเฉพาะที่ รวมถึงมีผลทำให้ฝุ่นไม้ไม่ปนไปกับอากาศในห้อง และยังสามารถใช้ได้ผลดีกับสิ่งปนเปื้อนหลาย ๆ ชนิด ที่มีระดับความเป็นพิษมาก โดยที่ปริมาณอากาศที่นำออกไป หรือนำเข้ามาแทนที่มีไม่มาก ซึ่งทำให้ประหยัดพลังงาน มีความปลอดภัยในสถานที่ทำงาน และผู้ปฏิบัติงานมีสุขภาพอนามัยดีขึ้น

หลักการทำงานของระบบระบายอากาศเฉพาะที่

ระบบระบายอากาศเฉพาะที่ทำหน้าที่นำสารปนเปื้อนซึ่งฟุ้งกระจายจากแหล่งของสารนั้นออกไปจากสิ่งแวดล้อมการทำงาน โดยอาศัยหลักการที่ว่าของไหลจะเคลื่อนที่จากที่ซึ่งมีความดันสูงไปยังที่ซึ่งมีความดันต่ำกว่าเสมอ การทำงานของพัดลมทำให้เกิดความดันต่ำที่ด้านหน้าพัดลม ดังนั้น อากาศที่อยู่ด้านนอกบริเวณช่องเปิดของท่อ ซึ่งมีความดันสูงกว่าจึงเคลื่อนที่เข้ามาในท่อ ในขณะที่ด้านหลังพัดลมมีความดันสูงกว่าอากาศภายนอกท่อ ทำให้อากาศสามารถเคลื่อนที่ออกสู่ภายนอกได้ ดังนั้น จึงอาจกล่าวได้ว่าพลังงานที่พัดลมสร้างขึ้นอยู่ในรูปของความดัน ความดันในระบบระบายอากาศมี 3 ชนิด คือ ความดันสถิต ความดันจลน์ และความดันรวม

(วันทนี พันธุ์ประสิทธิ์, 2557)

ความดันของอากาศ

ความดันที่เกี่ยวข้องกับการไหลของอากาศ ได้แก่ ความดันสถิต (Static Pressure: SP) ความดันจลน์ (Velocity Pressure: VP) และความดันรวม (Total Pressure: TP) โดย SP คือ แรงอัดที่ทำให้อากาศกระจายตัวเพื่อเอาชนะแรงเสียดทานภายในท่อลม VP คือความดันที่ต้องการเพื่อทำให้อากาศที่ไม่เคลื่อนที่มีความเร่งจนกระทั่งมีความเร็วระดับหนึ่งและเป็นสัดส่วนกับพลังงานกลของกระแสอากาศ TP คือ เป็นค่าความดันที่ใช้ในการเริ่มต้นและรักษาระดับการไหลของอากาศ (TP = SP + VP) สำหรับการไหลของอากาศจากจุดหนึ่งไปอีกจุดหนึ่ง ผลรวมของทั้งสองจุดต้องเท่ากัน ดังนั้นสำหรับระบบระบายอากาศเฉพาะที่อย่างง่ายในภาพที่ 7 กฎการอนุรักษ์พลังงานระหว่างสองจุดในระบบ (จุดที่ 1 และ 2 คือ บริเวณหน้าท่อดูดอากาศและบริเวณทางออกของปล่องระบายอากาศ ตามลำดับ) เป็นดังสมการที่ 1

$$TP_1 + FTP = TP_2 \qquad (1)$$

FTP คือ ความดันรวมของพัดลม

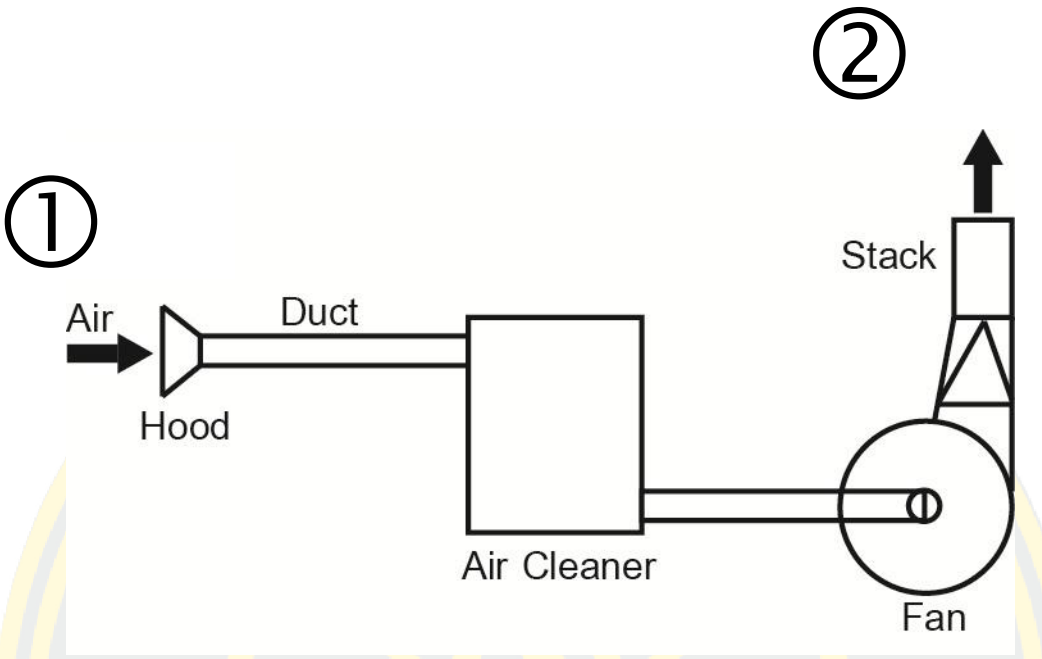
TP_1 และ TP_2 คือ ความดันรวมที่จุด 1 และ 2 ตามลำดับ

โดยคำนวณได้จาก (i = 1, 2)

$$TP_i = SP_i + VP_i \qquad (2)$$

$$VP_i = \left(\frac{V_i}{1.29}\right)^2 \qquad (3)$$

V_i คือ ความเร็วลม (m/s) ที่จุด i (กฤษณา ศุภจิตรานท์ และนันทิยา หาญศุภลักษณ์, 2554)



ภาพที่ 7 ส่วนประกอบของระบบระบายอากาศเฉพาะที่
(วันทนี พันธุ์ประสิทธิ์, 2557)

หลักการออกแบบระบบระบายอากาศเฉพาะที่

จากการศึกษาพบว่าการออกแบบโดยใช้หลักการออกแบบที่ถูกต้องมีส่วนทำให้สิ่งแวดล้อมในอาคารดีขึ้นรวมถึงความปลอดภัยของสุขภาพของผู้ปฏิบัติงาน ฝุ่นไม้จากเครื่องขัดงานไม้เป็นปัญหาสำคัญของโรงฝึกงาน โดยเฉพาะฝุ่นไม้ที่มีขนาดเล็กที่สามารถหายใจเข้าไปในปอดได้ จำเป็นต้องหาวิธีการควบคุม ซึ่งหลักการของการควบคุมไม่ให้ฝุ่นไม้ทำอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานที่ดีที่สุดคือ การควบคุมที่ต้นตอหรือแหล่งกำเนิดฝุ่นหรืออนุภาคต่าง ๆ โดยใช้วิธีการทางวิศวกรรมควบคุม วิธีการที่ใช้โดยทั่วไปคือ

1. การใช้วิธีการปิดคลุมต้นตอ หรือจุดที่เกิดฝุ่นมาก เช่น ติดตั้งระบบระบายอากาศเฉพาะที่และระบบนี้จะต้องมีการคำนวณขนาดที่เหมาะสม ไม่มีการรั่วไหล ท่อระบายอากาศจะนำฝุ่นที่เกิดขึ้นไปเก็บกำจัดต่อไป

2. แยกขบวนการหรือเครื่องจักรที่มีฝุ่นมากออกไปจากบริเวณที่มีผู้ปฏิบัติงานอยู่มาก หรือถ้าไม่สามารถแยกขบวนการนั้นออกไปได้ก็ต้องหาทางแยกหรือลดจำนวนคนใช้งานในขบวนการนั้นให้มีน้อยลง

3. ใช้วิธีแทนที่ โดยเลือกวัสดุที่มีอันตรายน้อยเข้ามาแทนวัสดุที่มีอันตรายมาก ๆ

4. การสร้างระบบกำจัด หรือระบบระบายอากาศที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดฝุ่น เช่น ขบวนการขัดไม้มีที่ดูดเอาฝุ่นไปเก็บไว้ หรือที่บรรจุถุง ก็ติดตั้งระบบดูดเอาฝุ่นที่เกิดไปเก็บไว้

5. การทำความสะอาดเป็นประจำจะช่วยลดฝุ่นที่เกิดขึ้นอย่างมาก

6. ลดระยะเวลาการทำงานที่ต้องสัมผัสกับฝุ่น (เสาวภา เพชรสังฆาต, 2550)

แนวคิดหลักการการออกแบบระบบระบายอากาศเฉพาะที่ ที่สำคัญ คือ ฮูดดูดอากาศ ท่อลม และพัดลมระบายอากาศ ซึ่งฮูดดูดอากาศที่ใช้ในระบบคือ ฮูดที่ครอบปิดแหล่งกำเนิดของฝุ่นและที่ติดตั้งอยู่ใกล้กับแหล่งของฝุ่นไม้ที่ปนเปื้อน ในการเลือกและติดตั้ง ฮูดจะต้องคำนึงถึงปัจจัยสำคัญหลายปัจจัย รวมทั้งปัจจัยสำคัญในการออกแบบฮูดด้วย ปัจจัยสำคัญในการเลือกฮูดสำหรับออกแบบระบบระบายอากาศเฉพาะที่ คือ พลังงานที่ใช้ในการทำให้อากาศเคลื่อนที่เข้าไป ความเร็วลมต่ำสุดในท่อ พัดลมระบายอากาศ เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของระบบระบายอากาศเฉพาะที่จึงจำเป็นต้องเลือกพัดลมให้เหมาะสม ซึ่งจะต้องคำนึงถึงกฎของพัดลม ตารางพัดลม ชนิดของพัดลม และการเลือกพัดลมสำหรับระบบระบายอากาศเฉพาะที่

1. ขั้นตอนการออกแบบระบบระบายอากาศเฉพาะที่

การออกแบบระบบระบายอากาศเฉพาะที่ สำหรับระบบที่มีหัวดูดหลายจุดและระบบที่มีหัวดูดจุดเดียว จะมีหลักการที่แตกต่างกัน ขั้นตอนการออกแบบที่จะกล่าวต่อไปนี้ สามารถนำไปใช้กับระบบระบายอากาศทั้งสองลักษณะ โดยหากเป็นระบบแบบหัวดูดจุดเดียวก็สามารถข้ามบางขั้นตอนของการออกแบบได้ (ฉัตรชัย นิมมล, 2550) สำหรับรายละเอียดสามารถแบ่งเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

1.1 กำหนดชนิดของวัสดุที่ใช้ทำท่อและความหนาของท่อแต่ละช่วง ซึ่งขึ้นอยู่กับคุณลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของอากาศและสารปนเปื้อน

1.2 เลือกชนิดหรือออกแบบหัวดูดให้เหมาะกับการใช้งานพร้อมกับหาอัตราการไหลความเร็วต่ำสุดของอากาศที่ต้องการ โดยชนิดของหัวดูดสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดใหญ่ ๆ คือ หัวดูดปิดล้อม และหัวดูดภายนอก โดยหัวดูดทั้งสองชนิดจะทำงานด้วยหลักการที่แตกต่างกัน รวมถึงมีความเหมาะสมต่อการใช้งานในลักษณะที่แตกต่างกัน

1.3 เริ่มพิจารณาจากหัวดูดที่อยู่ห่างจากพัดลมมากที่สุดเป็นลำดับแรก จากนั้นจึงพิจารณาหัวดูดหรือช่วงของท่อที่อยู่ใกล้พัดลมเข้ามาตามลำดับในกรณีที่มีหลายหัวดูด โดยช่วงท่อที่กล่าวถึงในที่นี้หมายถึงความยาวของท่อที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง หรือพื้นที่หน้าตัด คงที่ ซึ่งพิจารณาแยกจากหัวดูด ท่อแยก หรือทางเข้าของพัดลม

1.4 หาพื้นที่หน้าตัดท่อโดยการหาอัตราการไหลที่หัวดูดด้วยความเร็วต่ำที่สุดของอากาศสำหรับสารปนเปื้อนแต่ละชนิด จากนั้นให้เปลี่ยนพื้นที่หน้าตัดท่อที่หาได้เป็นขนาด

เส้นผ่าศูนย์กลาง หากขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อเป็นขนาดที่หาไม่ได้หรือไม่เป็นไปตามขนาดมาตรฐาน แนะนำให้ใช้ท่อที่มีขนาดเล็กกว่าที่คำนวณได้ เพื่อจะได้ความเร็วที่แท้จริงของอากาศในท่อ มีค่าสูงกว่าความเร็วต่ำสุดที่ต้องการ

1.5 คำนวณค่าการสูญเสียความดันทุกกรณีที่เกิดขึ้นในช่วงท่อหรือท่อแยกแต่ละเส้น เมื่อรวมการสูญเสียความดันทุกกรณีข้างต้นเข้าด้วยกันก็จะได้ค่าการสูญเสียความดันสถิตของท่อช่วงนั้น

1.6 คำนวณค่าการสูญเสียความดันในท่อช่วงอื่นต่อไปตามขั้นที่ 5 ในกรณีระบบที่ใช้หัวดูดเพียงหัวเดียว

1.7 สำหรับจุดเชื่อมต่อท่อแยกและท่อหลัก ในกรณีระบบมีหัวดูดหลายจุด ให้ตรวจสอบอัตราส่วนของความดันสถิตระหว่างท่อแยกทั้งสองเส้นที่วิ่งมาพบกันที่จุดเชื่อมต่อ ($SP_{larger}/SP_{smaller}$) ว่าจำเป็นต้องทำการสมดุลความดันหรือไม่ โดยอาศัยกฎเกณฑ์และวิธีการกระจายการไหลของอากาศ

1.8 เลือกความดันสถิตค่ามากสำหรับท่อแยกที่กล่าวในขั้นตอนที่ 7 เป็นความดันเป็นความดันสถิตที่เกิดขึ้นที่จุดเชื่อมต่อ และให้คำนวณค่าการสูญเสียความดันในช่วงท่อที่อยู่ติดกับจุดเชื่อมต่อนี้ต่อไปด้วยวิธีการเช่นเดียวกับในขั้นตอนที่ 5

1.9 ตรวจสอบว่าต้องปรับแก้ค่าความดันสถิตของอากาศในท่อช่วงที่เป็นจุดเชื่อมต่อหรือไม่โดยใช้หลักการ การปรับแก้เมื่อความเร็วของอากาศเปลี่ยนแปลง

1.10 คำนวณค่าการสูญเสียความดันของท่อในช่วงทางออกของพัดลมด้วยวิธีการเช่นเดียวกับขั้นตอนที่ 5

1.11 หาความดันสถิตของพัดลม (FSP) โดยใช้สมการ

$$FSP = FTP - VP_{out}$$

$$= [(SP_{out} + VP_{out}) - (SP_{in} + VP_{in})] - VP_{out}$$

$$= SP_{out} + VP_{out} - SP_{in} - VP_{in} - VP_{out}$$

$$= SP_{out} - SP_{in} - VP_{in}$$

หรือ $$FSP = |SP_{in}| + |SP_{out}| - VP_{in}$$

เมื่อ FSP = ความดันสถิตของพัดลม

$|SP_{in, out}|$ = ความดันสถิตที่ทางเข้าและออกของพัดลมโดยไม่คำนึงถึงเครื่องหมาย

VP_{in} = ความดันเคลื่อนที่ของอากาศที่ทางเข้าพัดลม

1.12 เลือกขนาดของพัดลมที่ใช้จากตารางหรือเส้นโค้งพิกัดสมรรถนะของพัดลมที่ผู้ผลิตพัดลมจัดเตรียมให้โดยอาศัยอัตราการไหล และความดันสถิตของพัดลมที่คำนวณได้ในขั้นตอนที่ 11 เป็นเกณฑ์

ข้อสังเกตว่าในกรณีของระบบหัวดูดหลายจุด ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อจะค่อย ๆ ใหญ่ขึ้น เพื่อรักษาระดับความเร็วของอากาศในท่อให้มีค่าคงที่ ในกรณีของฝุ่น ระบบท่อที่ออกแบบต้องพยายามรักษาความเร็วของอากาศไม่ให้น้อยกว่าค่าต่ำสุดที่ต้องการสำหรับฝุ่นชนิดนั้น ทั้งนี้เพื่อไม่ให้ฝุ่นตกค้างหรืออัดตันในระบบ (ฉัตรชัย นิมมล, 2550)

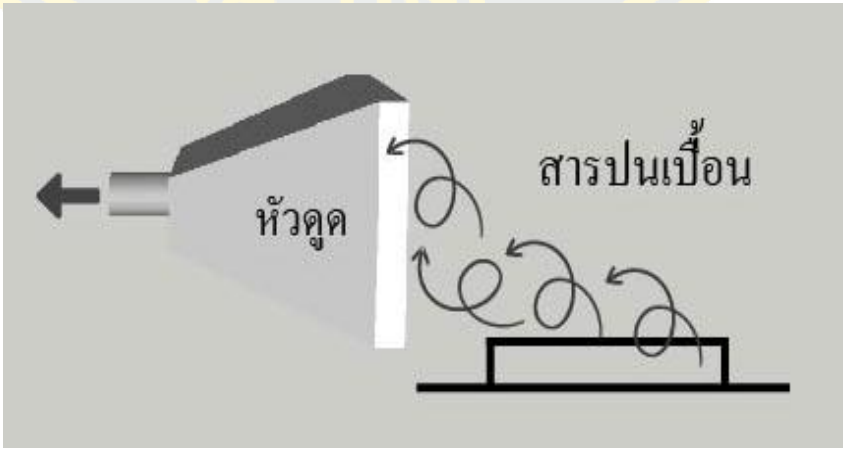
2. การออกแบบและเลือกใช้หัวดูด

ในการออกแบบหรือเลือกใช้หัวดูดให้ได้ผลการทำงานเป็นที่น่าพอใจตามที่มุ่งหวังนั้น ผู้ออกแบบต้องพิจารณาองค์ประกอบ หรือปัจจัยแวดล้อมที่อาจส่งผลกระทบต่อการทำงานของหัวดูดซึ่งสามารถทำให้โดยอาศัยแนวทางดังต่อไปนี้

2.1 พยายามลดปริมาณหรือความเข้มข้นของสารปนเปื้อนที่แหล่งกำเนิดให้เหลือน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ก่อน ซึ่งอาจทำได้ด้วยการดัดแปลงกระบวนการ เปลี่ยนชนิดของวัตถุดิบ หรือดัดแปลงเครื่องจักร เป็นต้น

2.2 ตำแหน่งของหัวดูดควรอยู่ใกล้กับแหล่งกำเนิดสารปนเปื้อนให้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ทั้งนี้เพื่อไม่ให้ปริมาณอากาศที่ใช้มีมากเกินไป ซึ่งจะช่วยให้ขนาดของระบบไม่ใหญ่เกินไป

2.3 พยายามออกแบบหัวดูดให้มีพื้นที่เปิดน้อยที่สุด ซึ่งต้องพิจารณาลักษณะของงานเป็นสำคัญ



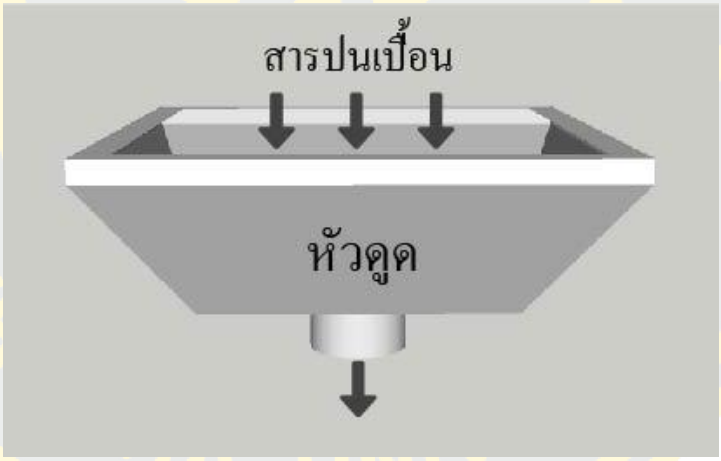
ภาพที่ 8 หัวดูดแบบภายนอก

จากภาพที่ 8 แสดงลักษณะของการติดตั้งหัวดูดแบบภายนอก ที่ติดตั้งด้านข้างและใกล้บริเวณของแหล่งกำเนิดสารปนเปื้อน ทำให้มีพื้นที่เปิดของการกระจายตัวน้อย ซึ่งเป็นแนวทางการแก้ปัญหาหลักของการควบคุมปริมาณฝุ่นไม้ให้น้อยลง

2.4 เลือกใช้ความเร็วของอากาศที่ผ่านแหล่งกำเนิดสารปนเปื้อน และความเร็วของอากาศ ซึ่งพุ่งตรงเข้าสู่หัวดูดที่มีค่ามากพอที่จะไม่ทำให้สารปนเปื้อนเล็ดลอดออกสู่บริเวณทำงาน

2.5 การเลือกตำแหน่งติดตั้งหัวดูดให้พิจารณาจากการเคลื่อนที่ของสารปนเปื้อน เช่น ฟุ้งกระจายไปทุกทิศทุกทาง หรือพุ่งตรงไปยังทิศทางใดทิศทางหนึ่ง ทั้งนี้เพื่อจะได้กำหนดตำแหน่งติดตั้งหัวดูดได้อย่างเหมาะสม

2.6 ตำแหน่งติดตั้งหัวดูดต้องไม่อยู่ระหว่างแหล่งกำเนิดสารปนเปื้อน และคนงาน ซึ่งอาจทำให้คนงานหายใจเอาสารปนเปื้อนเข้าสู่ร่างกายได้ ประเด็นนี้เกี่ยวข้องกับการเลือกใช้ชนิดของหัวดูดให้เหมาะสมกับงาน

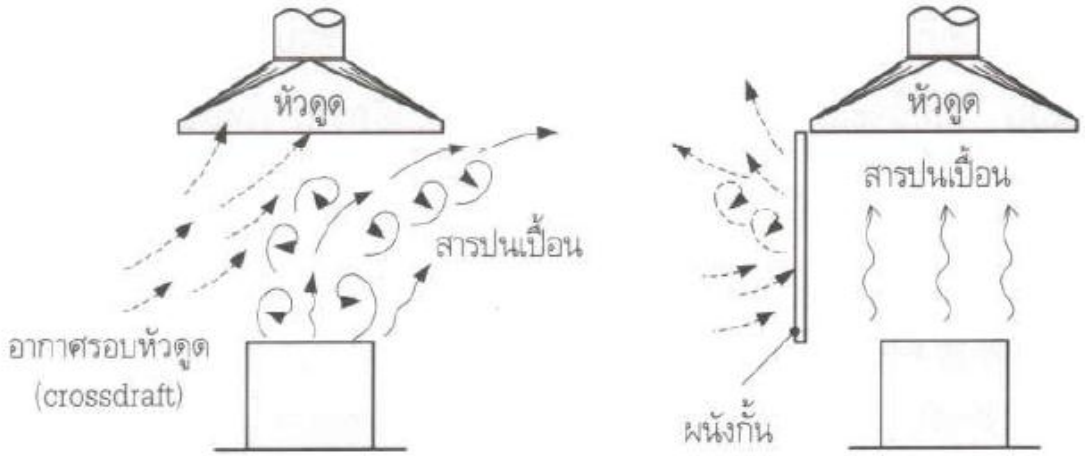


ภาพที่ 9 หัวดูดภายนอกแบบดูดลง

จากภาพที่ 9 เป็นหัวดูดแบบดูดลง คือ หัวดูดจะติดตั้งที่ด้านล่างของแหล่งกำเนิดสารปนเปื้อน ในบางกรณีอาจต้องใช้ช่องเปิดของหัวดูดซึ่งมีการติดตั้งตะแกรงเอาไว้มาใช้เป็นบริเวณปฏิบัติงาน ตัวอย่างเช่น กระบวนการขัดผิวชิ้นงานซึ่งจะเกิดฝุ่นที่มีน้ำหนักมาก โดยฝุ่นจะตกลงสู่ด้านล่างผ่านตะแกรงและถูกดูดเข้าสู่ระบบต่อไป

2.7 พยายามกำจัดปัจจัยที่อาจทำให้การเคลื่อนที่ของอากาศภายนอกไปรบกวนการไหลของอากาศ และสารปนเปื้อนที่กำลังไหลเข้าสู่หัวดูด ทั้งนี้เพื่อให้ปริมาณอากาศที่ต้องการมีค่าไม่มากเกินไป ซึ่งอาจทำโดยการใช้ผนังหรือคอกกั้น แต่ในกรณีที่ไม่สามารถใช้ผนังกั้น

หรือคอกกั้นได้ ก็ต้องออกแบบให้อากาศไหลผ่านหัวดูดในปริมาณมากกว่าปกติ



ภาพที่ 10 ผลกระทบของตำแหน่งการติดตั้งหัวดูด

(ปิยะพงษ์ หล้าคำเปียง วัชรพล กาวิตา และอภิรมณ์ ทิสาระ, 2550)

จากภาพที่ 10 เป็นผลกระทบของการที่มีอากาศภายนอกไปรบกวนการไหลของอากาศ และสารปนเปื้อนที่กำลังไหลเข้าสู่หัวดูด ทำให้เกิดการฟุ้งกระจายของสารปนเปื้อน ซึ่งสามารถแก้ไขได้โดยการหาสิ่งปิดกั้นการรบกวนของอากาศภายนอก หรือต้องออกแบบให้มีอัตราการไหลของอากาศไหลเข้าสู่หัวดูดในปริมาณมากกว่าปกติ

2.8 หัวดูดต้องมีขนาดใหญ่พอที่จะรองรับปริมาณ หรืออัตราการไหลของอากาศที่ไหลเข้า ในกรณีที่หัวดูดที่ใช้มีขนาดเล็กเกินไป อัตราการไหลที่ใช้ก็ควรจะมีค่ามากกว่าปกติ นั้นหมายความว่าความเร็วของอากาศที่ใช้ก็ต้องสูงขึ้นตามไปด้วย ซึ่งมีผลทำให้เกิดการสูญเสียความดันมากขึ้น

2.9 หัวดูดต้องไม่ติดตั้งกีดขวางการทำงานของคนงาน หรือเครื่องจักรในกระบวนการผลิต รวมถึงกีดขวางการซ่อมบำรุงอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต

3. การออกแบบและเลือกใช้ท่อ

การเลือกใช้หรือการออกแบบระบบท่อดูเหมือนเป็นเรื่องง่ายและไม่มีความซับซ้อน แต่หากการเลือกใช้เป็นไปอย่างไม่เหมาะสม ก็อาจก่อให้เกิดปัญหามากมาย เช่น ราคาของระบบแพงเกินไป หรือระบบไม่สามารถทำงานได้ตามที่ต้องการ ซึ่งส่งผลต่อค่าใช้จ่ายส่วนอื่น ได้แก่ค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน หรือค่าใช้จ่ายด้านการซ่อมบำรุง เป็นต้น ในที่นี้จะขอกล่าวถึงแนวทางสำหรับการเลือกใช้และออกแบบระบบท่อ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.1 เลือกใช้ชนิดของท่อให้เหมาะสมกับงานราคาของระบบท่อที่ใช้เปลี่ยนแปลงไปตามชนิดของวัสดุที่ใช้ทำท่อรวมถึงค่าแรงงานที่ใช้ในการประกอบและติดตั้งระบบ เหล็กแผ่นเคลือบสังกะสี และเหล็กดำเป็นวัสดุที่นิยมนำมาใช้ทำท่อมากที่สุด ตั้งแต่ท่อขนาดเล็กเรื่อยไปจนถึงท่อขนาดใหญ่ แต่ในบางกรณีอาจใช้เหล็กสแตนเลสมาทำท่อก็ได้ แต่ราคาจะแพงมาก สำหรับงานที่สารปนเปื้อนไม่มีความคมและเป็นระบบที่ไม่ใหญ่นัก เราสามารถนำท่อพีวีซีมาใช้ได้ ในกรณีที่สารปนเปื้อนมีความสามารถในการเผาไหม้ หรือมีความสามารถในการระเบิดได้ดี เช่น ขี้เลื่อย ท่อที่ใช้ก็ไม่ควรเป็นท่อพีวีซี เนื่องจากการไหลของอากาศผ่านท่อพีวีซีจะทำให้เกิดประจุไฟฟ้าที่ผิวด้านในท่อ ซึ่งอาจเกิดประกายไฟและทำให้สารปนเปื้อนระเบิด หรือลุกไหม้ได้

3.2 เลือกใช้ความเร็วของอากาศในท่อให้เหมาะสมหากความเร็วที่เลือกใช้มีมากเกินความจำเป็นก็จะทำให้ความต้านทานการไหลมีมาก พัดลมที่ใช้ก็จะมีขนาดใหญ่ ซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน นอกจากนี้ยังทำให้ขนาดของระบบท่อใหญ่เกินความจำเป็นด้วย หากติดตั้งระบบระบายอากาศเฉพาะจุดในสถานที่ซึ่งต้องการความเงียบ เช่น ในโรงพยาบาล การใช้ความเร็วของอากาศในท่อที่สูงเกินไปจะก่อให้เกิดเสียงดังขณะระบบทำงาน ในทางตรงกันข้าม หากเลือกใช้ความเร็วของอากาศต่ำเกินไป ก็อาจทำให้เกิดปัญหาเรื่องการตกค้าง หรืออุดตันของสารปนเปื้อนในระบบท่อได้ ปัญหานี้จะส่งผลกระทบโดยตรงต่อประสิทธิภาพการทำงานของระบบระบายอากาศเฉพาะจุด นอกจากนี้ยังทำให้ค่าใช้จ่ายด้านการบำรุงรักษาระบบเพิ่มขึ้นด้วย และยังอาจทำให้ระบบการผลิตต้องหยุดทำงานบ่อยครั้ง อันเนื่องจากการทำความสะอาดภายในระบบท่อ ซึ่งถือเป็นความสูญเสียที่ไม่ควรจะเกิดขึ้น

3.3 ท่อควรเป็นท่อเรียบไม่มีข้อหักงอมากเกินไปเพราะข้อหักศอกจะกักฝุ่นได้และทำให้อากาศภายในมีการปั่นป่วน สิ้นเปลืองพลังงาน และความเร็วลมก็จะลดลง ถ้าหากท่อมีขนาดเล็กเกินไปก็จะเกิดมีแรงต้านทานมากกว่าท่อขนาดใหญ่

3.4 การติดตั้งท่อ บ่อยครั้งที่พบว่า การติดตั้งระบบท่ออย่างไม่ถูกต้องเป็นสาเหตุที่ทำให้ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของระบบเพิ่มขึ้น แม้ว่าการออกแบบจะเป็นไปอย่างระมัดระวัง หรือกระทำอย่างรอบคอบแล้วก็ตาม ตัวอย่าง เช่น ท่อแยกกับท่อหลักต่อเชื่อมกันด้วยมุมที่ไม่เหมาะสม การใช้ท่อเลี้ยวที่มีรัศมีความโค้งน้อย หรือใช้ท่อที่มีการขยายหน้าตัดอย่างทันทีทันใด เป็นต้น ลักษณะเช่นนี้ ล้วนทำให้ความต้านทานในระบบเพิ่มสูงขึ้นทั้งสิ้น

3.5 หลีกเลี่ยงการใช้ท่อขนาดเล็กและยาว การใช้ท่อที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยเป็นระยะทางยาว หรือการใช้ท่อที่ทำจากวัสดุที่มีความต้านทานในการไหลมาก ก็ถือเป็นสาเหตุที่ทำให้ความต้านทานในการไหลมีมาก ซึ่งส่งผลให้ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่ต้องป้อนให้แก่พัดลมในระบบเพิ่มขึ้นเมื่อเริ่มต้นวางผัง หรือแบบร่างของระบบท่อควรพิจารณาถึงระยะทางของท่อที่ใช้ใน

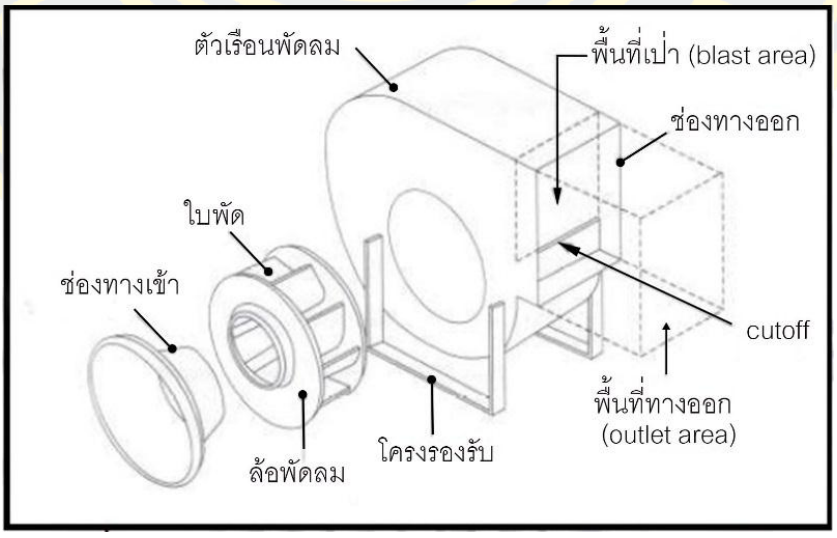
ระบบซึ่งควรจะสั้นที่สุด ในทางปฏิบัติสามารถเลี่ยงการใช้ท่อที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยเป็นระยะทางยาวได้ด้วยการแบ่งระบบระบายอากาศเฉพาะจุดออกเป็นหลายระบบย่อย ซึ่งทำให้ขนาดของพัดลม ที่ใช้ในแต่ละระบบมีขนาดเล็กลง ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานก็ลดลงด้วย อย่างไรก็ตามการแยกเป็นระบบย่อยนี้อาจทำให้ต้นทุนในส่วนของเครื่องแยกสารปนเปื้อนเพิ่มขึ้น

4. พัดลม

4.1 ชนิดของพัดลมที่ใช้ในระบบระบายอากาศ ใช้สำหรับระบบระบายอากาศโดยทั่วไปสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ ตามทิศทางการไหลของอากาศผ่านพัดลม คือ พัดลมแรงเหวี่ยง และพัดลมไหลตามแนวแกน

4.2 พัดลมแรงเหวี่ยง

การลำเลียงอากาศของพัดลมแรงเหวี่ยง (บางครั้งอาจเรียกว่า พัดลมหอยโข่ง) จะอาศัยกลไกของแรงเหวี่ยง ซึ่งเกิดจากการหมุนของใบพัดที่ติดตั้งอยู่บนล้อพัดลม การหมุนของล้อพัดลมจะเกิดจากต้นกำลังขับจากภายนอก เช่น มอเตอร์ไฟฟ้า อากาศจากภายนอกจะถูกดึงเข้าสู่ตัวพัดลมในแนวแกนหมุน และถูกเร่งให้มีความเร็วสูงขึ้น จากนั้นอากาศจะถูกเหวี่ยงออกไปปะทะกับตัวเรือนพัดลม ที่มีลักษณะคล้ายก้นหอยและไหลออกจากพัดลมในแนวรัศมีของใบพัด (ตั้งฉากกับแกนของพัดลม) ซึ่งความดันเนื่องจากความเร็ว หรือพลังงานจลน์ของอากาศจะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานในรูปของความดันของพัดลมที่ช่องทางออก



ภาพที่ 11 ส่วนประกอบหลักของพัดลมแรงเหวี่ยง

(ปิยะพงษ์ หล้าคำเปียง และคณะ, 2550)

จากภาพที่ 11 ช่องทางออกของพัดลมจะทำการติดตั้งแผ่นโลหะ โดยถูกม้วนปลายคล้ายก้นหอยขนาดเล็กยื่นเลยเข้ามาในตัวของพัดลม ซึ่งเราจะเรียกแผ่นโลหะนี้ว่า cutoff การติดตั้ง cutoff มีจุดประสงค์เพื่อป้องกันอากาศไหลย้อนกลับบริเวณช่องทางออก เข้าสู่ล้อพัดลม ซึ่งหากอากาศสามารถไหลย้อนกลับเข้าสู่ล้อพัดลมได้ก็จะส่งผลให้พัดลมดูดอากาศได้น้อยลง โดยปกติ cutoff จะยื่นเลยเข้ามาในตัวพัดลม (บริเวณช่องทางออก) ระยะประมาณ 20 – 30 % ของความสูงช่องทางออก เมื่อเทียบกับพัดลมไหลตามแนวแกนพัดลม แรงเหวี่ยงจะลำเลียงอากาศได้ในปริมาณที่น้อยกว่า แต่สามารถสร้างความดันสถิตได้สูงกว่า ด้วยเหตุนี้พัดลมแรงเหวี่ยงจึงถูกนำมาใช้ในระบบระบายอากาศเฉพาะจุดมากกว่าพัดลมไหลตามแนวแกน นอกจากนี้ยังเกิดเสียงดังน้อยกว่าขณะทำงาน และมีต้นทุนในการติดตั้งต่ำกว่า รวมถึงค่าใช้จ่ายในระหว่างใช้งานก็ต่ำกว่าด้วย ถึงแม้ว่าพัดลมแรงเหวี่ยงจะจัดการกับปัญหาในเรื่องความไม่แน่นอน หรือการแกว่งตัวของอัตราการไหลของอากาศได้ดีกว่าพัดลมไหลตามแนวแกน แต่โดยปกติมักจะมีประสิทธิภาพในการทำงานต่ำกว่า

4.3 พัดลมไหลตามแนวแกน

แนวการไหลเข้าและออกจากพัดลมจะขนานกับแกนเพลาของใบพัด จุดเด่นของพัดลมแบบนี้คือ สามารถลำเลียงอากาศได้ในปริมาณมาก ราคาถูก ขนาดเล็กพอเหมาะ และมีประสิทธิภาพในการทำงานสูง ส่วนจุดด้อยที่สำคัญของพัดลมแบบนี้ คือ ต้องทำงานด้วยความเร็วรอบในการหมุนสูงส่งผลให้เกิดเสียงดังมากขณะทำงาน สร้างความดันสถิตได้ค่อนข้างต่ำ นอกจากนี้ยังไม่เหมาะที่จะนำไปใช้กับระบบที่อากาศมีการปนเปื้อนของฝุ่น โดยปกติพัดลมแบบนี้มีลักษณะโครงสร้างหลายรูปแบบ ซึ่งมีความเหมาะกับงานในลักษณะที่แตกต่างกัน

การเลือกใช้พัดลม

การเลือกใช้พัดลมที่กล่าวในที่นี้ไม่เพียงจะเกี่ยวข้องกับการจัดหาพัดลมให้เหมาะสมกับความต้องการของระบบที่ได้ออกแบบไว้เท่านั้น แต่ยังเกี่ยวข้องกับการติดตั้ง อุณหภูมิของอากาศในระบบ คุณลักษณะของกระแสการไหลของอากาศ รวมถึงลักษณะการจัดวาง หรือการติดตั้งชุดต้นกำลังขับ โดยก่อนที่จะทำการเลือกใช้พัดลม เราต้องทราบข้อมูลพื้นฐานบางอย่างเสียก่อน ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะมีส่วนช่วยให้การตัดสินใจเลือกใช้พัดลมเป็นไปอย่างถูกต้อง และรวดเร็ว ดังจะกล่าวในรายละเอียดต่อไปนี้

1. อัตราการไหลของอากาศที่ระบบต้องการ จะเป็นตัวกำหนดความสามารถของพัดลม ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อขนาดและชนิดของพัดลมที่ใช้

2. ความดันที่ระบบต้องการ โดยอาจแทนด้วยความดันสถิตของพัดลมหรือความดันรวมของพัดลมก็ได้

3. ชนิดของสารปนเปื้อนที่ปะปนกับกระแสการไหลของอากาศ ซึ่งเป็นตัวกำหนดชนิดของพัดลมที่ใช้ หากสารปนเปื้อนเป็นควัน หรือฝุ่นปริมาณเล็กน้อย เราสามารถใช้พัดลมแรงเหวี่ยงแบบซี่ใบพัดเอียงหลัง หรือพัดลมไหลตามแนวแกนได้ แต่ถ้าสิ่งปนเปื้อนเป็นฝุ่นที่มีน้ำหนังเบาหรือเป็นละอองไอ พัดลมแรงเหวี่ยงแบบซี่ใบพัดเอียงหลัง หรือแบบซี่ใบพัดหน้าตรงจะมีความเหมาะสมในการใช้งานมากกว่า แต่ในกรณีที่สิ่งปนเปื้อนมีลักษณะเป็นฝุ่นซึ่งมีปริมาณ หรือความเข้มข้นมากเราควรใช้พัดลมแรงเหวี่ยงแบบซี่ใบพัดหน้าตรง (ปิยะพงษ์ หล้าคำเปียง และคณะ, 2550)

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

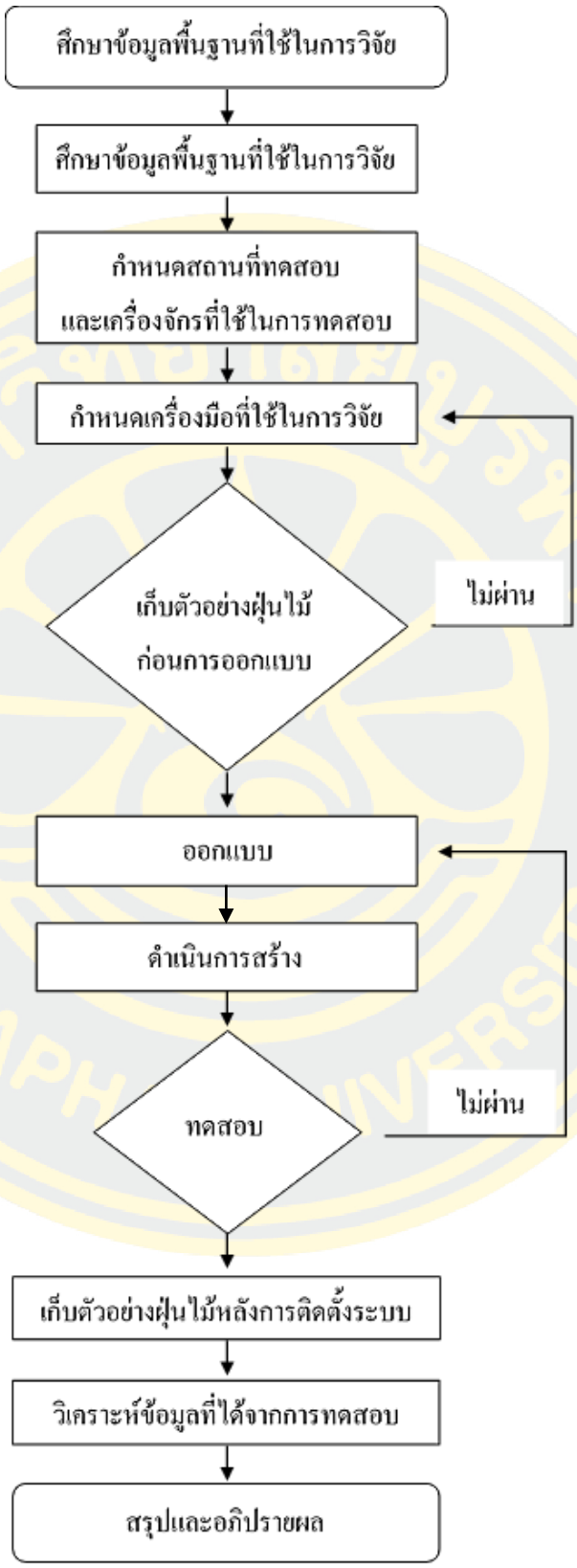
การศึกษานี้เป็นการศึกษาวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) โดยเก็บข้อมูลแบบภาคตัดขวาง (Cross sectional study) เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิผลของการระบายฝุ่นไม้แบบเฉพาะที่ ด้วยการแบ่งชนิดของตัวอย่างฝุ่นไม้ออกเป็น 3 ประเภท คือ ฝุ่นไม้เนื้อแข็ง ฝุ่นไม้เนื้ออ่อน และฝุ่นจากแผ่นไม้ผสม (Manufactured board) ระยะเวลาในการเก็บข้อมูลอยู่ระหว่างเดือนกรกฎาคม ถึง เดือนกันยายน โดยมีระเบียบวิธีวิจัยดังนี้

1. การวางแผนและเตรียมการ
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. วิธีการเก็บตัวอย่าง และตรวจวัดฝุ่น
4. ขั้นตอนการออกแบบ
5. การดำเนินการสร้าง
6. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวางแผนและเตรียมการ

1. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวกับการตรวจวัดปริมาณฝุ่นไม้ เครื่องมือที่ใช้เก็บตัวอย่างฝุ่นไม้ การวิเคราะห์ฝุ่นไม้ให้เป็นไปตามมาตรฐาน ศึกษาหลักการทำงานของเครื่องขัดงานไม้ ศึกษาค้นคว้าจากเอกสาร ศึกษาค้นคว้าจากระบบเครือข่ายเทคโนโลยีสารสนเทศ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ข้อมูลที่ได้จะถูกนำมาทำการออกแบบ และสร้างระบบระบายอากาศที่สามารถกำจัดฝุ่นไม้ให้มีประสิทธิภาพ

2. กำหนดลำดับขั้นตอนการทำงาน ลำดับขั้นตอนทั้งหมดได้ดำเนินงานอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ขั้นตอนในการทำงานดำเนินไปอย่างถูกต้อง โดยมีขั้นตอนที่ชัดเจนก่อนหลังอย่างเหมาะสม จึงได้กำหนดลำดับขั้นตอนของการทำงานดังแสดงในภาพที่ 12



ภาพที่ 12 ลำดับขั้นตอนการทำงาน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การตรวจวัดปริมาณฝุ่นรวมนั้น จะทำการตรวจวัดภายในโรงฝึกงาน โดยการเก็บตัวอย่างอากาศ รวมทั้งฝุ่นภายในพื้นที่ปฏิบัติงาน เนื่องจากฝุ่นไม้มีขนาดที่แตกต่างกันมากจึงทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นเป็นแบบฝุ่นรวม (Total dust) ซึ่งเป็นสภาพแวดล้อมที่ผู้ปฏิบัติงานทำงานและได้รับสัมผัสกับฝุ่นในอากาศจริง ๆ เป็นการเก็บตัวอย่างที่เรียกว่า Personal sampling ซึ่งตัวอย่างอากาศที่ตรวจวัดนั้นจะเป็นอากาศ ณ บริเวณที่ผู้ปฏิบัติงานหายใจเข้าไป โดยจะเป็นอากาศบริเวณระหว่างช่วงอกถึงศีรษะ เครื่องมืออุปกรณ์ที่ใช้เก็บตัวอย่างจะเป็นปั๊มเก็บตัวอย่างขนาดเล็กที่ไว้ดูดอากาศโดยผ่านกระดาษกรอง ได้โดยติดตั้งปั๊มไว้ที่บริเวณพื้นที่ปฏิบัติงาน จากนั้นจึงนำตัวอย่างอากาศไปวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณของฝุ่นต่อไป โดยวิธีการนี้ใช้อ้างอิงในการเก็บตัวอย่างอากาศและวิธีการวิเคราะห์นั้นอ้างอิงมาจากวิธีการของ NIOSH (The National Institute of Occupational Safety and Health) ของประเทศสหรัฐอเมริกา (สุดารัตน์ ปาหลวง, 2558) และในการวิจัยครั้งนี้เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล มีรายละเอียดดังนี้

1. เครื่องเก็บตัวอย่างอากาศ รุ่น SKC Model 224-PCXR4 เครื่องดูดอากาศ ควรมีลักษณะเฉพาะ (Specification) ดังนี้

   1.1 ทำงานด้วยอัตราการไหลอากาศคงที่ แปรผันในขณะเก็บตัวอย่างไม่เกิน ± 5%

   1.2 สามารถชดเชยอัตราการไหลอากาศ (Back compensation) ได้เมื่อความต้านทานในระบบเพิ่มขึ้น และหยุดทำงานเมื่ออัตราการไหลอากาศลดลงมากกว่าหรือเท่ากับ 5%

2. เครื่องมือเก็บตัวอย่างฝุ่น แบบตลับกระดาษกรอง (Filter cassette) ชนิด 3 ตอน กระดาษกรองชนิด PVC filters ที่มีขนาดรู (Pore size) 5μm และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 37 mm (ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม, 2555)

3. ข้อต่อและสายยางที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเหมาะสมกับข้อต่อยาวประมาณ 1 m

4. ตัวหนีบยึดอุปกรณ์ดักเก็บอนุภาคกับขาตั้งแบบ 3 ขา (Tripod)

5. ปากคีบปลายมน (Forcep)

6. โถดูดความชื้น (Desicator) เพื่อป้องกันความชื้นจากสิ่งแวดล้อมขณะวัด

7. เครื่องชั่งน้ำหนัก ทศนิยม 4 ตำแหน่ง

8. เทปกระดาษกาว (เทปหนังไก่)

9. ชุดปรับอัตราการไหลของอากาศ (Calibrator)

10. ชุดพัดลมและถังดูดฝุ่น

11. สายท่อดูดฝุ่น

ในส่วนของการออกแบบระบบระบายอากาศเฉพาะที่นั้น ได้มีการใช้เครื่องมือในการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบระบายอากาศ คือ

12. เครื่องวัดความเร็วลม

วิธีการเก็บตัวอย่าง และตรวจวัดฝุ่น

วิธีการเก็บตัวอย่าง และตรวจวัดฝุ่น ทำการศึกษาและสำรวจโดยเลือกพื้นที่โรงฝึกงานแผนกวิชาอุตสาหกรรมของโรงเรียนนานาชาติโชร์สเบอรี่ กรุงเทพ ซึ่งพิจารณาเลือกพื้นที่ และเครื่องขัดงานไม้ ที่ทำให้เกิดฝุ่นไม้เป็นจำนวนมาก และเป็นเครื่องจักรที่มีระบบระบายฝุ่นที่ไม่มีประสิทธิภาพ ดังแสดงในภาพที่ 13

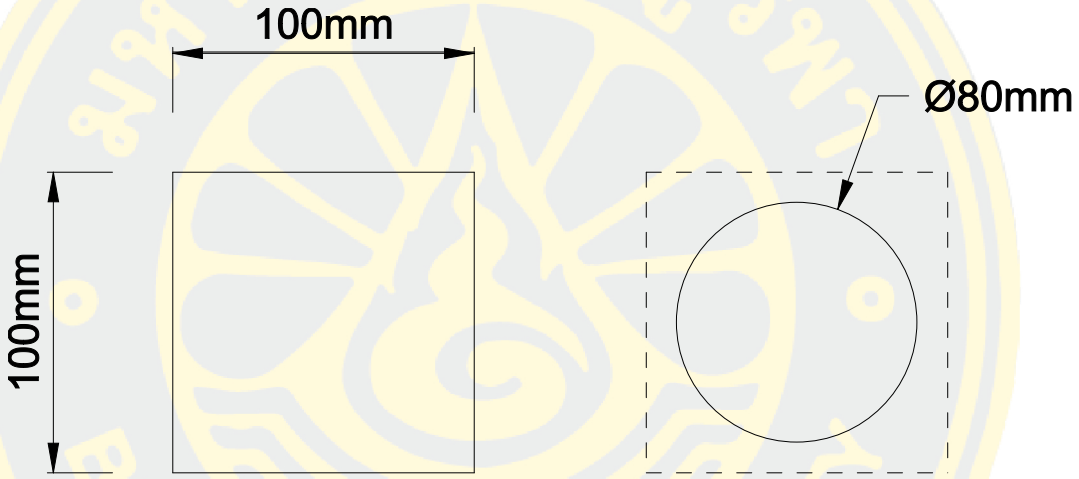
ภาพที่ 13 แผนผังพื้นที่เก็บตัวอย่างของโรงฝึกงานแผนกวิชาอุตสาหกรรม โรงเรียนนานาชาติโชร์สเบอรี่ กรุงเทพ

จุดเก็บตัวอย่างปริมาณฝุ่น เป็นการเก็บตัวอย่างแบบฝุ่นละอองรวม โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างฝุ่นไม้ออกเป็น 3 ประเภท คือ ไม้เนื้อแข็ง ไม้เนื้ออ่อน และแผ่นไม้ผสม ดำเนินการตามวิธีมาตรฐานของ NIOSH 0500 (NIOSH, 1994) ที่กำหนด ซึ่งวิธีการตรวจวัดปริมาณฝุ่นละอองรวมภายในโรงฝึกงานโดยเป็นวิธีการเก็บตัวอย่างฝุ่นรวมแบบเดียวกับการศึกษาและเก็บตัวอย่างฝุ่นไม้ยางพาราในโรงเลื่อยไม้ ทางภาคใต้ของประเทศไทย (Phayong Thepaksorn, Vivien Fe F. Fadrilan-Camacho, & Wattasit Siriwong, 2017) ก่อนเก็บตัวอย่างจะต้องนำกระดาษ PVC มาไว้ในเครื่องดูดความชื้นเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำกระดาษไปชั่งน้ำหนักเพื่อหาน้ำหนักของกระดาษกรองก่อนเก็บตัวอย่าง พร้อมจดค่าไว้ แล้วนำมาใส่ตลับเก็บตัวอย่างต่อเข้ากับเครื่อง Personal pump ด้วยสายยาง ซึ่งได้มีการปรับเทียบอัตราการไหลของอากาศของเครื่อง Personal pump อยู่ที่ 2 ลิตร/นาที ขณะเก็บตัวอย่างจะทำการติดตั้งเครื่อง Personal pump ไว้ในพื้นที่ที่มีการใช้งานเครื่องขัดไม้ เปิดและปิดปั้มดูดอากาศตามการทำงานของเครื่องขัดไม้ จะเริ่มดำเนินการตรวจวัดในช่วงเวลาตั้งแต่ 8.00-16.00 น. โดยกำหนดให้การเก็บตัวอย่างฝุ่นไม้ทั้ง 3 ชนิด แต่ละชนิด 1 ครั้ง ใช้เวลา 15 นาที จำนวน 5 ครั้ง ทำการการเก็บตัวอย่างฝุ่นไม้ โดยไม่มีการติดตั้งอุปกรณ์กำจัดฝุ่นไม้ที่ออกแบบ รวมทั้งหมด 15 ตัวอย่าง แล้วนำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยเพื่อใช้เป็นค่าตั้งต้นในการเปรียบเทียบประสิทธิผลของอุปกรณ์ (Welling et al., 2008)

ภาพที่ 14 ลักษณะและการใช้งานเครื่องขัดงานไม้

จากภาพที่ 14 เป็นงานใช้งานเครื่องขัดไม้ ที่มีลักษณะเป็นแกนหมุด พันด้วยกระดาษทราย หมุนด้วยความเร็วรอบสูง พร้อมทั้งเคลื่อนที่ขึ้นลงในแนวแกนด้วย

โดยให้ลักษณะรอบการปฏิบัติงานกับเครื่องขัดงานไม้ที่เหมือนกันในทุก ๆ ครั้งของการเก็บตัวอย่าง ซึ่งกำหนดขนาดของชิ้นงานไม้ที่ทำการขัดให้มีขนาดเท่ากัน โดยมีขนาด 100 x 100 mm และทำการขัดชิ้นงานกับเครื่องขัดงานไม้ให้ออกมาได้ชิ้นงานตามแบบและขนาดที่เท่ากันทุกครั้งของการเก็บตัวอย่าง โดยกำหนดให้ชิ้นงานที่ขัดออกมาเป็นวงกลม มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 80 mm



ภาพที่ 15 ลักษณะชิ้นงานก่อนขัด และหลังขัด

จากภาพที่ 15 เป็นรูปแบบและขนาดของชิ้นงานที่เตรียมไว้ มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมจตุรัส และทำการขัดชิ้นงานด้วยเครื่องขัดไม้ ที่มีลักษณะเป็นแกนหมุด พันด้วยกระดาษทราย หมุนด้วยความเร็วรอบสูง พร้อมทั้งเคลื่อนที่ขึ้นลงในแนวแกน ให้ชิ้นงานออกมาเป็นวงกลมตามขนาดที่กำหนด

ทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นไม้ด้วยอุปกรณ์เก็บตัวอย่างอากาศชนิด Filter cassette ก่อนและหลังการติดตั้งระบบระบายฝุ่นไม้ พร้อมบันทึกค่าที่ได้ จากนั้นทำการวิเคราะห์ปริมาณฝุ่นทุกขนาดโดยวิธีการชั่งน้ำหนักตามวิธีการมาตรฐานขององค์การอาชีวอนามัยและความปลอดภัยแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา NIOSH Method 0500 (NIOSH, 1994) แล้วนำมาคำนวณเป็นปริมาณฝุ่นละอองรวมในอากาศ ในหน่วย มก./ลบ.ม. และหาค่าความแตกต่างของน้ำหนักแล้วนำมาคำนวณหาปริมาณความเข้มข้นของฝุ่น โดยมุ่งเน้นการวิเคราะห์ประสิทธิผลของระบบระบายฝุ่นไม้ไปที่ร้อยละ

ของปริมาณฝุ่นที่ลดลง (ศิริวรรณ วันทอง, 2559) โดยใช้สูตร

ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่น (มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร)

$$C = \frac{(W_1 - W_2) - (B_2 - B_1)}{V} \times 10^3, \text{ mg/m}^3,$$

W_1 = น้ำหนักแผ่นของตัวกรองก่อนการเก็บตัวอย่าง (mg)

W_2 = น้ำหนักแผ่นของตัวกรองหลังการเก็บตัวอย่าง (mg)

B_1 = น้ำหนักเฉลี่ยของตัวกรองเปล่า (mg)

B_2 = น้ำหนักเฉลี่ยของตัวกรองเปล่าหลังการเก็บตัวอย่าง (mg)

V = ตัวอย่างปริมาตรอากาศ, (L) :, mg/m^3

ซึ่งจะทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรวม ในช่วง เดือน สิงหาคม ถึง ตุลาคม พ.ศ. 2561 โดยเก็บตัวอย่างละ 5 ครั้ง ครั้งละ 15 นาที รวมจำนวนตัวอย่างทั้งหมด 30 ตัวอย่าง ทั้งก่อน และหลังการติดตั้งระบบระบายอากาศที่ออกแบบขึ้นมา โดยสอดคล้องกับการใช้ตัวกรอง แผ่นกรองแบบเปิด 37 mm (เซลลูโลสเอสเทอร์แบบผสมขนาดรูพรุน 0.8 ไมครอน) และทำการเก็บตัวอย่างความเข้มข้นของฝุ่นแบบฝุ่นรวม โดยการไหลของฝุ่นละอองในอากาศขาเข้าและด้านหลังแผ่นกรองถูกกำหนดตามมาตรฐานยุโรป EN 13284-1 เก็บตัวอย่างจากจุดสำรวจตัวอย่างหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งในท่อ ซึ่งจำนวนและตำแหน่งของจุดเก็บตัวอย่างถูกเลือกเพื่อให้เป็นไปตามข้อกำหนดของการไหลที่ระบุไว้ในมาตรฐาน ในแต่ละจุดระยะเวลาการสุ่มตัวอย่าง 15 นาที และทำการตรวจวัดปริมาณฝุ่นของอากาศในช่วงขาเข้าไม่ใช่อากาศขากลับ (Welling et al., 2008)

ขั้นตอนการออกแบบ

มีวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลในงานวิจัยนี้ มาจากหลายแหล่งความรู้ นอกจากนี้ยังต้องทราบข้อมูลหรือลักษณะเฉพาะต่าง ๆ ของเครื่องจักรและอุปกรณ์ โดยเริ่มตั้งแต่การเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ที่สามารถจัดหาได้ในพื้นที่และที่มีจำหน่ายอยู่ทั่วไป เพื่อจะได้ลดต้นทุนด้านราคาค่าวัสดุอุปกรณ์ เมื่อเปรียบเทียบกับระบบกำจัดฝุ่นที่มีจำหน่ายอยู่ในท้องตลาด ราคาประมาณ 36,600 บาท และยังไม่ตรงตามความต้องการของการใช้งานในโรงฝึกงาน ระบบกำจัดฝุ่นไม้ที่มีขายอยู่ในปัจจุบัน มีต้นทุนแต่ละชิ้นส่วน ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ชิ้นส่วนวัสดุ และต้นทุนของระบบกำจัดฝุ่น

No	ชิ้นส่วน	วัสดุ	ต้นทุน (บาท)
1	Locking Bands for Filter and Dust Collection Bags	PVC + อลูมิเนียม	1600
2	Filter Bag	พลาสติก PE PP fiber Glass	1500
3	Dust Collection Bag	พลาสติก	200
4	Filter Bag Support Rod	เหล็ก	300
5	Extension Rod	เหล็ก	150
6	Clamps	อลูมิเนียม	150
7	6" Flexible Hose	PVC	1125
8	Drum Support	เหล็ก	300
9	Casters	ยาง อลูมิเนียม เหล็ก	600
10	“U” Bracket for Filter Bag Support Rod	เหล็ก	100
11	Lower Dust Bag retaining Clips	เหล็ก	400
12	Blower and Motor Assembly	เหล็ก พลาสติก	22000
13	Clamp	สแตนเลส	500
14	4" Flexible Hose	พลาสติก	1500
15	Intake Port	PVC	2500
16	Base	เหล็ก	1000
17	Intake Caps	PVC	300
18	Drum	สแตนเลส	3500
	ราคารวม		36,600

ที่มา: พรเทพ แก้วเชื้อ (2555)

ภาพที่ 16 ระบบระบายฝุ่นไม้ที่มีอยู่เดิม

จากภาพที่ 16 เป็นระบบระบายฝุ่นไม้ที่มีช่องดูดฝุ่นออกจากตัวเครื่องทางด้านล่างโดยผ่านท่อลมและเข้าสู่ถังดักเก็บฝุ่น ซึ่งลักษณะของงานขัดไม้ ฝุ่นไม้จะฟุ้งกระจายลอยตัวขึ้นด้านบนจากความเร็วของการหมดของแกนขัด

ภาพที่ 17 ฝุ่นไม้ที่ไม่สามารถระบายได้ด้วยระบบระบายฝุ่นไม้ที่มีอยู่เดิม

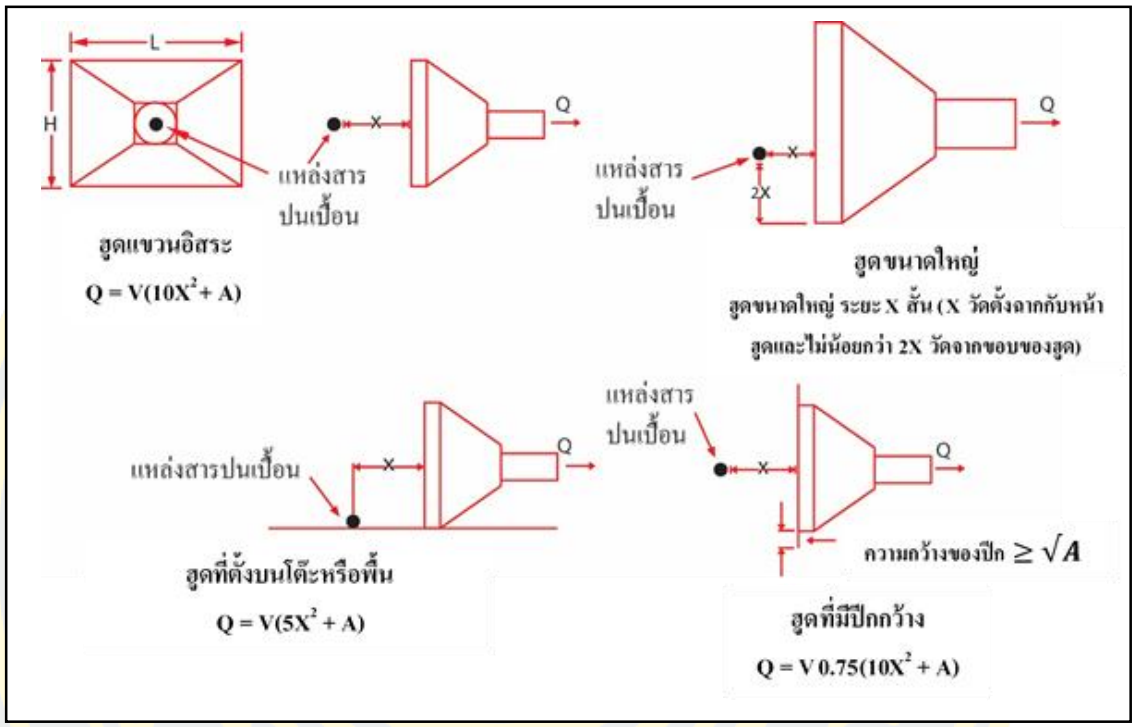
โดยการออกแบบขึ้นมาใหม่นั้น ต้องคำนึงถึงวัตถุประสงค์ เป้าหมายหลักของการวิจัย ที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพ และจัดสร้างให้ใช้งานได้จริง ดังนั้นจึงต้องเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับสิ่งที่ต้องนำมาใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณงานในงานวิจัยในครั้งนี้ โดยในการออกแบบฮูดจะต้องคำนึงถึงรูปร่าง ขนาด จุดที่ติดตั้งฮูด และรวมถึงอัตราการไหลของอากาศเข้าสู่ฮูด โดยมีปัจจัยที่ต้องพิจารณาได้แก่ ความเร็วลมที่พื้นที่หน้าตัดของช่องเปิดของฮูด (Capture velocity) คือ ความเร็วต่ำสุดที่อากาศ ณ จุดกำเนิดสารปนเปื้อน ซึ่งอยู่ห่างไกลฮูดที่สุดถูกดูดเข้าสู่ระบบ ความเร็วนี้ขึ้นอยู่กับอัตราการไหลของอากาศเข้าสู่ฮูดและรูปร่างของฮูด จากตารางที่ 3 แสดงค่า Capture velocity ที่เสนอแนะสำหรับสารปนเปื้อนจากกระบวนการผลิตในลักษณะต่าง ๆ

ตารางที่ 3 ค่า Capture velocity สำหรับการเคลื่อนที่ของสารปนเปื้อน

แหล่งกำเนิดสารปนเปื้อน	**ลักษณะการฟุ้งของสารปนเปื้อน**	**ค่า Capture velocity**	
		m/s	**fpm**
1. การระเหยจากแทงค์สารเคมี	ไม่มีความเร็ว อากาศนิ่ง	0.25-0.5	50-100
2. การเชื่อมโลหะ ชุบโลหะ บรรจุสารเคมี บูธพ่นสี	ความเร็วต่ำ อากาศนิ่งปานกลาง	0.5-1.0	100-200
3. งานบดย่อย พ่นสีในบูธที่แคบ ๆ ทสารเคมีลงในถัง	มีความเร็วพอสมควร อากาศเคลื่อนที่เร็ว	1.0-2.5	200-500
4. งานเจียร ขัด	ออกมาด้วยความเร็วสูง ในบริเวณที่อากาศเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง	2.5-10.0	500-2000
ปัจจัยที่ใช้ในการพิจารณาเลือกใช้งานของช่วงความเร็วลมที่จุดใด ๆ			
เลือก Capture velocity ช่วงต่ำ		เลือก Capture velocity ช่วงสูง	
1. กระแสอากาศในห้องต่ำหรือง่ายต่อการดูด		1. กระแสอากาศในห้องถูกรบกวนมาก	
2. สารปนเปื้อนไม่มีพิษ หรือมีน้อย		2. สารปนเปื้อนมีปริมาณสูง	
3. ใช้งานเป็นช่วง ๆ ผลผลิตต่ำ		3. ผลผลิตสูง ใช้งานมาก	
4. หัวดูด)Hoodใหญ่ มวลอากาศเคลื่อนที่มาก (		4. หัวดูด)Hoodขนาดเล็กควบคุมเฉพาะจุด (	

ที่มา: American Conference of Governmental Industrial Hygienist [ACGIH] (2003)

จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่าในกิจกรรมของการขัดไม้ มีค่า Capture velocity อยู่ในช่วง 2.5-10.0 m/s โดยปัจจัยที่ใช้พิจารณาเลือกช่วงของความเร็วลมอยู่ในช่วงสูง เนื่องจากหัวดูดมีขนาดเล็กและควบคุมเฉพาะจุด



ภาพที่ 18 อัตราการไหลของอากาศ และ Capture velocity ของสูดชนิดต่าง ๆ (วันทนี พันธุ์ประสิทธิ์, 2557)

Q = อัตราการไหลของอากาศที่ต้องการ (m^3/s)

X = ระยะห่างจากหน้าสูดถึงจุดที่ไกลที่สุด หรือฟุ้งกระจายขึ้นสู่อากาศ (m)

A = พื้นที่หน้าตัดของสูด (m^2)

V = ความเร็วลมที่จุด X (Capture velocity) (m/s)

หมายเหตุ : อัตราการไหลของอากาศต้องเพิ่มขึ้นตามระยะทางระหว่างแหล่งและหน้าสูดยกกำลังสอง การติดตั้งแผ่นกั้นหรือปีกหรือวางสูดบนโต๊ะหรือบนพื้นทำให้ V ที่จุดเดิมเพิ่มขึ้น

จากภาพที่ 18 อัตราการไหลของอากาศเข้าหัวดูด (Hood flow rate determination) หัวดูดแต่ละชนิดหรือที่มีรูปแบบและลักษณะที่แตกต่างกันจะส่งผลโดยตรงกับอัตราการไหลของอากาศขึ้นอยู่กับรูปร่างของหัวดูดอากาศ

ความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างจากหัวดูด (Hood) ถึงแหล่งสารปนเปื้อน (X) อัตราการไหลของอากาศ (Q) และอัตราความเร็วในการดูดจับ (Capture velocity, V) ซึ่งสามารถใช้ในการประเมินภาพรวมได้ในเบื้องต้นได้ รูปทรงเรขาคณิตและความเร็วของอากาศสามารถพิจารณาจากลักษณะของหัวดูด (Hood) รูปทรงกลมและสี่เหลี่ยม การคำนวณหาค่าอัตราการไหลของอากาศตามลักษณะของหัวดูด (Hood) แบบต่างๆ มีรายละเอียดดังนี้

1. กรณีหัวดูดอากาศทั่วไป

$$Q = AV$$

Q = อัตราการไหลของอากาศ (m^3/s)

A = พื้นที่หน้าตัดของช่องเปิดของฮูด (m^2)

V = ความเร็วลมที่พื้นที่หน้าตัดของช่องเปิดของฮูด (m/s)

2. กรณีหัวดูด (Hood) รูปทรงกลมและสี่เหลี่ยม

$$Q = V (10X^2+A)$$

Q = อัตราการไหลของอากาศ, (m^3/s)

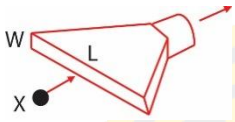
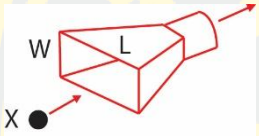
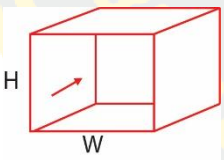
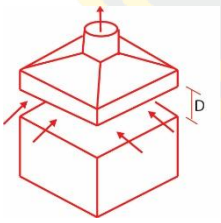
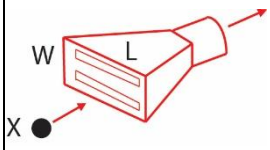
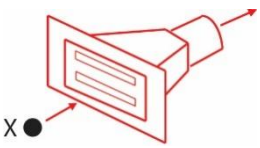
V = ความเร็มลมที่แนวกึ่งกลางของหัวดูด (Hood) ณ จุด X, (m/s)

A = พื้นที่หน้าตัดของหัวดูด (Hood), (m^2)

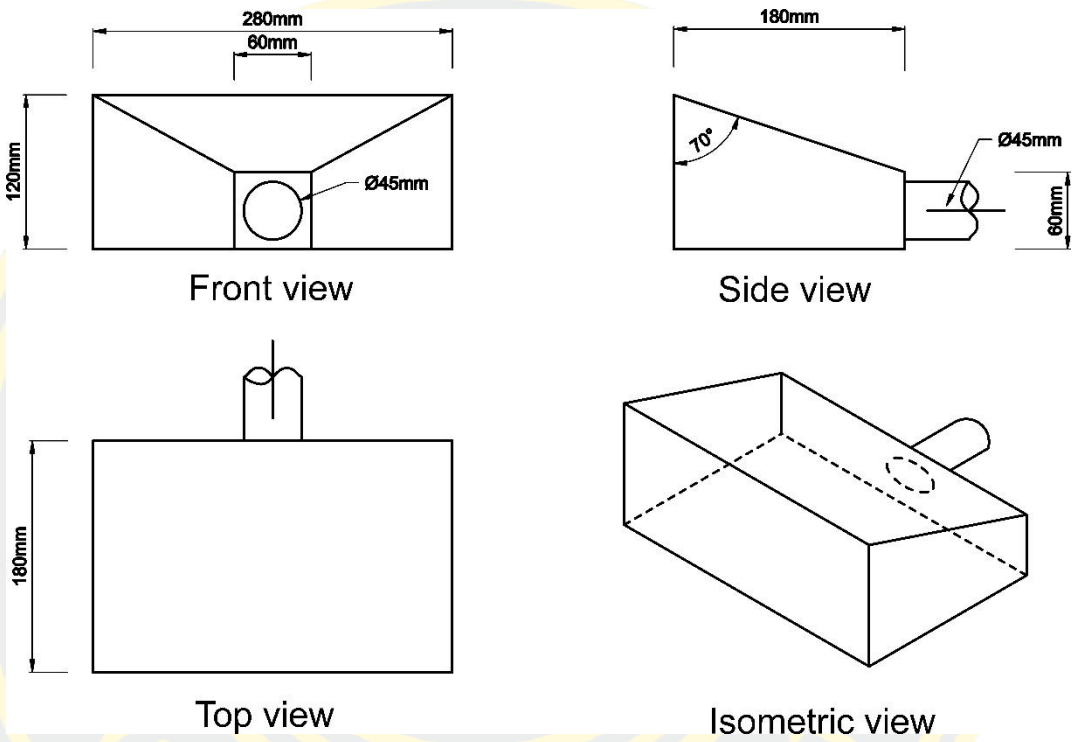
X = ระยะห่างจากแกนของหัวดูด (Hood) (โดยที่ $X < 1.5D$), (m)

D = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหัวดูด (Hood) ทรงกลม หรือ ความยาวด้านหน้าของหัวดูด (Hood) สี่เหลี่ยม, (m) (วันทนี พันธุ์ประสิทธิ์, 2557)

ตารางที่ 4 ลักษณะของฮูดชนิดต่าง ๆ และสูตรคำนวณอัตราการไหลของอากาศ
(วันทนี พันธุ์ประสิทธิ์, 2557)

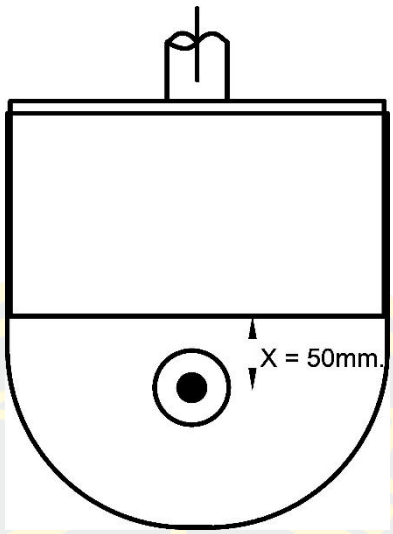
ชนิดของฮูด	ลักษณะของฮูด	สัดส่วน กว้างยาว/	อัตราการไหล
	สล๊อด	0.2 หรือน้อยกว่า	Q = 3.7 LVX
	สล๊อดมีปีก	0.2 หรือน้อยกว่า	Q = 2.6 LVX
	ฮูดเรียบ	0.2 หรือใหญ่กว่า และฮูดกลม	$Q = V(10X^2 + A)$
	ฮูดมีปีก	0.2 หรือใหญ่กว่า และฮูดกลม	$Q = 0.75V(10X^2 + A)$
	บูธ	เหมาะสมกับชิ้นงาน	Q = VA = VWH
	Canopy	เหมาะสมกับชิ้นงาน	Q = 1.4 PVD P = เส้นรอบแทงค์ D = ระยะห่างจากแหล่งสารปนเปื้อน
	สล๊อดสูดเรียบ มีสล๊อดสองช่องหรือมากกว่า	0.2 หรือใหญ่กว่า	$Q = V(10X^2 + A)$
	สล๊อดสูดมีปีก มีสล๊อดสองช่องหรือมากกว่า	0.2 หรือใหญ่กว่า	$Q = 0.75V(10X^2 + A)$

จากตารางที่ 4 แสดงให้เห็นว่าจากการคำนวณจากสูตรลักษณะของฮูดแบบเรียบให้ค่าอัตราการไหลของอากาศสูงที่สุด ที่ความเร็วลม 10 m/s โดยแทนค่าขนาดพื้นที่หน้าตัดของหัวดูดตามแบบแปลนที่ได้ออกแบบขึ้นมา



ภาพที่ 19 แบบแปลนของหัวดูดที่ถูกออกแบบ

จากภาพที่ 19 จากการคำนวณอัตราการไหลของอากาศ ทำให้ได้ชนิดของฮูดดูดอากาศที่ให้อัตราการไหลของอากาศสูงสุด จึงทำการออกแบบลักษณะและขนาดของฮูดให้เหมาะสมกับเครื่องขัดงานไม้ เพื่อให้การระบายฝุ่นไม้มีประสิทธิภาพ



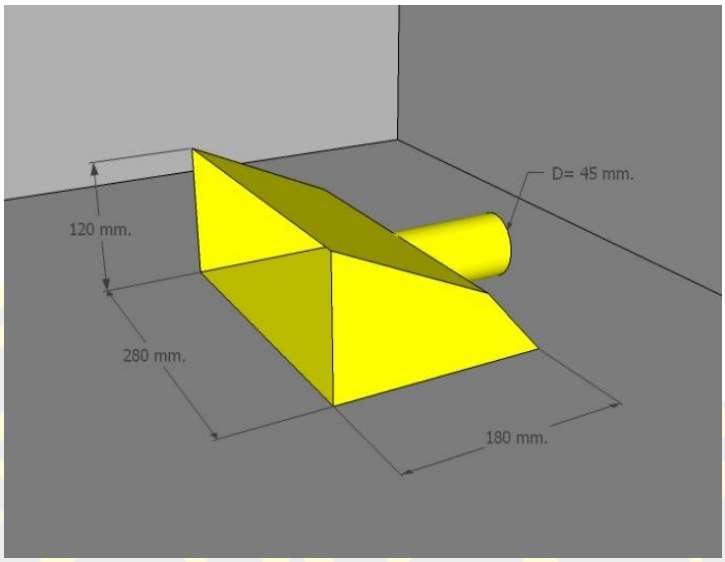
ภาพที่ 20 ตำแหน่งการวางฮูดดูดอากาศ

จากภาพที่ 20 แสดงตำแหน่งการวางฮูดดูดอากาศ โดยให้ระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดฝุ่นหรือจุดขัดงานไม้กับปากดูด มีระยะที่ 50 mm ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎี ที่ X < 1.5D ในกรณีหัวดูด (Hood) มีรูปทรงกลมและสี่เหลี่ยม

จากสมการ $Q = V(10X^2+A)$

$Q = 10(10(0.05)^2 + (0.12x0.28))$

$Q = 0.586\ m^3/s$



ภาพที่ 21 ออกแบบลักษณะของหัวดูดด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

จากภาพที่ 21 การออกแบบได้กำหนดขนาดปากดูด ลักษณะความลาดเอียง รวมถึงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อดูดออก ให้สามารถติดตั้งและใช้งานได้จริงกับเครื่องขัดงานไม้

โดยการเลือกใช้วัสดุทำชุดหัวดูดเป็นชิ้นส่วนสำคัญที่สุดของการดำเนินการสร้าง เป็นชิ้นส่วนขึ้นรูป ซึ่งเลือกใช้วัสดุที่เป็นพลาสติก ABS โดยมีเม็ดพลาสติกสไตรีนชั้นดีเป็นส่วนประกอบ ซึ่งมีชื่อเรียกกันทั่วไปว่าแผ่น HIP หรือ High Impact Polystyrene มีคุณสมบัติ รับแรงกระแทกอย่างดีเยี่ยม เป็นพลาสติกที่มีความทนทานสูง ผิวเรียบเป็นมัน มีความมันเงา งอโค้งได้ มีความแข็งแรงเหนียวแน่น สามารถขึ้นรูปด้วยความร้อนได้ง่าย ตัดแต่งได้ นิยมใช้ทำส่วนประกอบเครื่องใช้ไฟฟ้า และกลุ่มงานอิเล็กทรอนิกส์เพราะมีคุณสมบัติเป็นฉนวนกันไฟฟ้า (Luca, Marta, Claudia, Francesco, & Leonardo, 2016)

การออกแบบระบบท่อดูดอากาศ (Duct Design) ท่อดูดอากาศเป็นท่อที่ต่อจากหัวดูดอากาศไปยังพัดลมและเข้าสู้ถังดักเก็บฝุ่น การออกแบบที่มีประสิทธิภาพ คือ ให้ความเร็วของอากาศตลอดทุกส่วนในท่อเร็วเท่ากันทั้งหมด เพื่อไม่ให้เกิดการตกตกค้างของฝุ่นหรือเกิดการสูญเสียพลังงานในการเร่งความเร็วของอากาศโดยไม่จำเป็น สิ่งที่สำคัญอีกประการหนึ่ง คือต้องลดการสูญเสียการไหลของอากาศในท่อให้น้อยที่สุด โดยไม่ใช้ ท่อขยาย ท่อลด ท่องอ หรือสิ่งกีดขวางการไหลโดยไม่จำเป็นความเร็วต่ำสุดที่ใช้ในการออกแบบท่อระบายอากาศแล้วไม่ทำให้อนุภาคตกตะกอนและเกิดการอุดตันท่อระบายอากาศได้แสดงไว้ในตารางที่ 5 การออกแบบท่อระบาย

อากาศโดยใช้ความเร็วลมสูงจะทำให้สิ้นเปลืองพลังงานและทำให้ท่อระบายอากาศสึกกร่อนลงอย่างรวดเร็ว

ตารางที่ 5 ค่าความเร็วที่ใช้ในการออกแบบท่อระบายอากาศ

ประเภทและขนาดของฝุ่นละออง	ค่าความเร็วต่ำสุด (เมตร / วินาที)
ฝุ่นละอองขนาดละเอียดมากและเบา (ขนาดแป้งทาหน้า)	12.7
ฝุ่นละอองขนาดละเอียด แห้ง และเป็นผง	15.2
ฝุ่นละอองขนาดโดยเฉลี่ยทั่วไปจากอุตสาหกรรม	17.8
ฝุ่นละอองขนาดหยาบ	20.3 – 22.9
ฝุ่นละอองที่มีน้ำหนักมากหรือเปียกชื้น (เช่น ผงทราย)	$\geq$ 22.9

ที่มา: อำนวย ชัยชนะ (2553)

ตารางที่ 6 ความเร็วลมต่ำสุดในท่อสำหรับสารปนเปื้อนลักษณะต่าง ๆ

ลักษณะสารปนเปื้อน	ตัวอย่าง	ความเร็วลม	
		ฟุตนาที/	เมตรวินาที/
ไอระเหย ก๊าซ ควัน	ไอระเหย ก๊าซ ควันทุกชนิด	1000-2000	5-10
ฟูม	ฟูมโลหะจากการเชื่อม	2000-2500	10-13
ฝุ่นที่มีขนาดเล็กมากๆ	เส้นใยฝ้ายขนาดเล็ก ฝุ่นละเอียดจากไม้	2500-3000	12-15
ฝุ่นและผงแห้ง	ฝุ่นยางละเอียด ฝุ่นผงจากปอ ฝุ่นฝ้าย	3000-4000	15-20
ฝุ่นจากอุตสาหกรรมโดยเฉลี่ย	ฝุ่นจากการเจียร ฝุ่นจากการขัด	3500-4000	18-20
	ฝุ่นจากเส้นใยปอ ผงกาแฟ ฝุ่นแกรนิต ผงซิลิก้า ฝุ่นจากการเคลื่อนย้ายสิ่งของ ฝุ่นจากการตัดอิฐ ฝุ่นหินปูน อนุภาคจากการหล่อโลหะ		

ตารางที่ 6 (ต่อ)

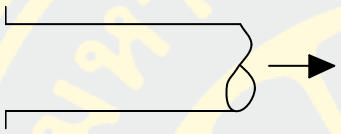
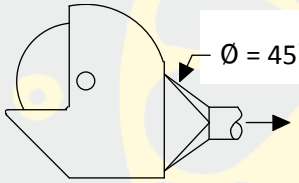
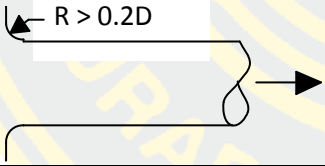
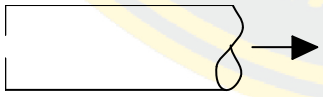
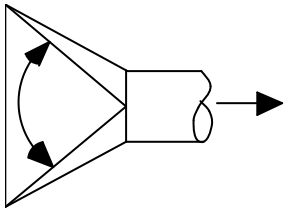
ลักษณะสารปนเปื้อน	ตัวอย่าง	ความเร็วลม	
		ฟุตนาที/	เมตรวินาที/
ฝุ่นหนัก	ฝุ่นจากการเลื่อยไม้ ฝุ่นทรายจากการขัดโลหะ ฝุ่นตะกั่ว ฝุ่นจากการทำงานเกลียวโลหะ หรือทองเหลือง ฝุ่นจากการเจาะเหล็กหล่อ	4000-4500	20-23
ฝุ่นหนักและชื้น	ฝุ่นโลหะขนาดใหญ่จากการขัดโลหะ ฝุ่นซีเมนต์ที่มีความชื้น แอสเบสตอสที่เกาะกันเป็นก้อน ฝุ่นปูนขาว ผงวัสดุที่มีความเหนียวซึ่งเกิดจากการขัด	>4500	>23

ที่มา: อำนวย ชัยชนะ (2553)

จากตารางที่ 6 แสดงลักษณะของสารปนเปื้อนในรูปแบบต่าง ๆ โดยฝุ่นจากการขัดไม้จัดเป็นฝุ่นที่มีขนาดเล็กมาก ๆ ซึ่งมีช่วงความเร็วลมต่ำสุดในท่ออยู่ที่ 12-15 m/s

ความดันสูญเสียที่ท่อดูดอากาศ การสูญเสียความดันในท่อดูดอากาศเกิดขึ้น จาก 2 สาเหตุ ได้แก่ ความดันสูญเสียเนื่องจากความเร่ง (Acceleration loss) เมื่อสภาพอากาศถูกเร่งให้มีการเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่ำแบบไร้ทิศทางที่แน่นอน ซึ่งเป็นสภาพที่เป็นอยู่โดยทั่วไปภายในโรงฝึกงานให้มีความเร็วเพิ่มขึ้น จนเท่ากับความเร็วลมในท่อที่กำหนดไว้ ถ้าหากว่าในห้องไม่มีการเคลื่อนไหวของอากาศเลยขณะนั้น ความดันเนื่องจากความเร็วหรือพลังงานจลน์ของอากาศจะมีค่าเป็นศูนย์ และเมื่อไหร่ที่อากาศดังกล่าวเคลื่อนที่เข้ามาอยู่ในระบบระบายอากาศ จะมีความดันเนื่องจากความเร็วซึ่งจะมากขึ้น หรือน้อยลง ขึ้นอยู่กับความเร็วลมในท่อ ดังนั้น จะเห็นได้ว่าการทำให้อากาศเกิดความเร่งดังกล่าวข้างต้นจะต้องใช้พลังงานไปเท่ากับ 1 ความดันเนื่องจากความเร็ว ความดันสูญเสียจากการไหลของอากาศผ่านเข้าสู่ท่อดูดอากาศ ในขณะที่อากาศถูกเร่งให้มีความเร็วและไหลเข้าสู่ท่อดูดอากาศของระบบระบายอากาศนั้น ลักษณะของท่อดูดอากาศจะทำให้เกิดการไหลวนของอากาศ ซึ่งการไหลวนของอากาศนี้จะเปลี่ยนความดันเนื่องจากความเร็วให้กลายเป็นความร้อน และทำให้เกิดพลังงานที่เป็นประโยชน์เพื่อใช้ในการเคลื่อนที่ของอากาศส่วนหนึ่งจะสูญหายไปจากระบบระบายอากาศ การสูญเสียความดันที่ทางเข้าท่อดูดอากาศนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะรูปร่างของท่อดูดอากาศ ดังแสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 การสูญเสียความดันที่ทางเข้าท่อดูดอากาศ

<table>
<tr><th>ลักษณะทางเข้าของหัวดูด</th><th>การสูญเสียความดันที่ทางเข้าหัวดูด (h_e)</th></tr>
<tr><td>ปากเรียบ ไม่มีหน้าแปลน (Unflanged)
 </td><td>$0.93VP_d$
(F_h = 0.93)</td></tr>
<tr><td>ปากเรียบ มีหน้าแปลน (Flanged)
  </td><td>$0.49VP_d$
(F_h = 0.49)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">ล้อหินเจียระไน (Grinding hood)
  </td><td>$0.65VP_d$
(ต่อท่อดูดโดยไม่ใช้กรวย, F_h = 0.65)</td></tr>
<tr><td>$0.40VP_d$
(ต่อท่อดูดโดยใช้กรวย, F_h = 0.40)</td></tr>
<tr><td>ปากระฆัง (Bell mouth)
  </td><td>$0.04VP_d$
(F_h = 0.04)</td></tr>
<tr><td>ช่องแคบ (Slot)
  </td><td>$1.78VP_d$
(F_h = 1.78)</td></tr>
<tr><td>กรวย (cone)
  </td><td>
<table>
<tr><th rowspan="2">Ø (องศา)</th><th colspan="8">แฟกเตอร์การสูญเสียที่ทางเข้า (F_e)</th></tr>
<tr><th>15</th><th>30</th><th>45</th><th>60</th><th>90</th><th>120</th><th>150</th><th>180</th></tr>
<tr><td>หน้าตัดวงกลม</td><td>0.15</td><td>0.08</td><td>0.06</td><td>0.08</td><td>0.15</td><td>0.26</td><td>0.40</td><td>0.50</td></tr>
<tr><td>หน้าตัดสี่เหลี่ยม</td><td>0.25</td><td>0.16</td><td>0.15</td><td>0.17</td><td>0.25</td><td>0.35</td><td>0.48</td><td>0.50</td></tr>
<tr><td colspan="9">หมายเหตุ : มุม 180° หมายถึง การต่อท่อดูดโดยไม่ใช้กรวย</td></tr>
</table>
</td></tr>
</table>

ที่มา: ฉัตรชัย นิมมล (2550)

จากตารางที่ 7 ตำแหน่งหัวดูดอากาศ (Hood) จากลักษณะของฮูด พบว่า เป็นแบบเรียบ โดยหาอัตราการไหลในท่อดูดอากาศ (Q)

$$Q = V (10X^2+A)$$

หาพื้นที่หน้าตัดท่อโดยการหาอัตราการไหลที่หัวดูดด้วยความเร็วต่ำที่สุดของอากาศสำหรับงานขัดไม้ จากนั้นให้เปลี่ยนพื้นที่หน้าตัดท่อที่หาได้เป็นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง หากขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางท่อเป็นขนาดที่หาไม่ได้หรือไม่เป็นไปตามขนาดมาตรฐาน แนะนำให้ใช้ท่อที่มีขนาดเล็กกว่าที่คำนวณได้ เพื่อจะได้ความเร็วที่แท้จริงของอากาศในท่อ มีค่าสูงกว่าความเร็วต่ำสุดที่ต้องการ จากมาตรฐาน ACGIH (ACGIH, 2003) กำหนดค่าความเร็วในการจับอนุภาค (Capture velocity, V) สำหรับงานขัดไว้ที่ 2.5-10 m/s เนื่องจากอนุภาคฝุ่นไม้มีขนาดเล็ก จึงเลือกความเร็วที่ 3 m/s X = ระยะห่างระหว่างหัวดูด (Hood) กับแหล่งกำเนิดสารปนเปื้อน = 0.05 m

อัตราการไหลในท่อดูดอากาศที่จุดหัวดูด

$$Q = V (10X^2+A)$$

$$A = 0.12 \text{ m} \times 0.28 \text{ m}$$

$$= 0.0336 \text{ m}^2$$

$$\therefore Q = 3 (10 (0.05)^2 + 0.0336)$$

$$= 0.1758 \text{ m}^3/\text{s}$$

หาขนาดพื้นที่หน้าตัดท่อที่ความเร็วต่ำสุด

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{0.1758}{3}$$

$$A = 0.0586 \text{ m}^2$$

จะสามารถใช้ท่อที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

$$D^2 = \frac{A4}{\pi} = \frac{(0.0586)4}{3.14}$$

$$D = 0.27 \text{ m}$$

หาความเร็วในท่อดูดอากาศที่ใช้จริง (V)ได้จาก โดยขนาดท่อที่ใช้จริงมีขนาดเล็กกว่าขนาดท่อที่คำนวณได้ ซึ่งให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่า

ขนาดท่อเส้นผ่านศูนย์กลาง $\emptyset$ = 0.045 m

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi(0.045)^2}{4} = 0.0016 \text{ m}^2$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0.1758 \text{ m}^3/\text{s}}{0.0016 \text{ m}^2}$$

$$V = 110 \text{ m/s}$$

ท่อที่ใช้จริงได้ความเร็วลมในท่อมากกว่าค่ามาตรฐาน ACGIH (ACGIH, 2003) สำหรับงานขัดไม้อยู่ที่ 12-15 m/s

หาความดันเนื่องจากความเร็ว (VP) ได้จาก

$$VP = \left(\frac{V}{1.29}\right)^2$$

$$= \left(\frac{110}{1.29}\right)^2$$

$$VP = 7271.2 \text{ Pa}$$

หาความดันสูญเสีย (Loss)

ความดันสูญเสียที่ทางเข้าหัวดูด Hood loss (h_e) เป็นแบบกรวย หน้าตัดสี่เหลี่ยม ที่ทำมุม 60 องศา จากตาราง Hood loss Coefficient (F_h) = 0.17 (0.17 เท่าของ VP) h_e= 0.17 VP แฟคเตอร์การสูญเสียเนื่องจากความเร่งที่หัวดูด $SP_1 = 0$, $VP_1 = 0$

ดังนั้น การสูญเสียความดันที่ทางเข้า $SP_1 + VP_1 = SP_2 + VP_2$

$$SP_2 = - VP_2$$

$$|SP_2| = 7271.2 \text{ Pa}$$

ถึงแม้จะไม่มีการสูญเสีย แต่ความดันสถิตต้องลดลงเนื่องจากการเร่งอากาศให้มีความเร็วจากศูนย์ในบรรยากาศ ให้มีความเร็วเท่ากับความเร็วในท่อ ซึ่งการสูญเสียนี้ = VP_2 นั่นเอง และยังมีความสูญเสียเกิดขึ้นเมื่ออากาศเคลื่อนเข้าสู่ฮูด การสูญเสียนี้ เรียกว่า hood entry loss (h_e) ซึ่งโดยปกติแสดงในรูปของสัมประสิทธิ์การสูญเสีย (F_h – hood entry loss factor) คูณความดันเคลื่อนที่ นั่นคือ $h_e = F_h \times VP$ และจากหลักการพลังงานไม่สูญหาย ดังนั้น

$$SP_2 = VP_2 + h_e$$

$$SP_2 = VP_2 + F_h\, VP_2$$

$$= (7271.2) + (0.17)(7271.2)$$

$$SP_2 = 8507.3 \text{ Pa}$$

ความดันสูญเสียในท่อ (Duct loss)

สำหรับแฟคเตอร์ความเสียดทานของอากาศที่สภาวะมาตรฐานซึ่งไหลผ่านท่อที่ทำจากวัสดุชนิดต่าง ๆ สามารถหาได้จากสมการ

$$H_f = \left(\frac{aV^b}{Q^c}\right)$$

ค่า a, b, c เป็นค่าคงที่ซึ่งขึ้นกับชนิดของวัสดุท่อในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ค่าคงที่สำหรับสมการ

วัสดุท่อ	K, mm	a	b	c
Aluminum, Black iron, Stainless steel	0.05	0.0162	0.465	0.602
Galvanized sheet duct	0.15	0.0155	0.533	0.612
Flexible duct, fabric wire covered	0.90	0.0186	0.604	0.639

ที่มา: ฉัตรชัย นิมมล (2550)

จากตารางที่ 8 ท่อที่ใช้เป็นท่อยางที่สามารถยืดหดได้ โดยเลือกใช้ความยาวท่ออยู่ที่ (L) = 1.5 m

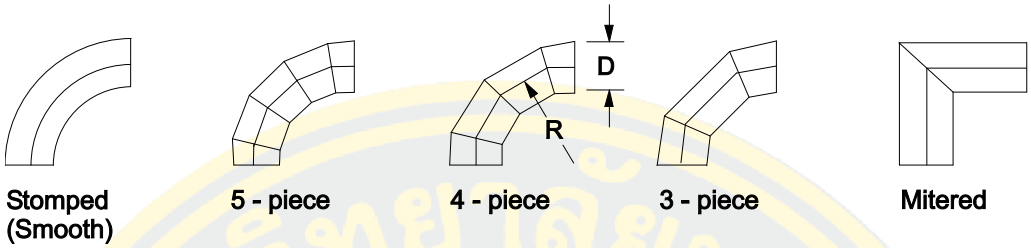
$$\text{แฟคเตอร์ความเสียดทาน } (H_f) = \frac{aV^b}{Q^c} = \frac{(0.0186)(110)^{0.604}}{0.1758^{0.639}}$$

$$= \frac{(0.0186)(17.10)}{(0.3292)}$$

$$(H_f) = 0.97$$

ความดันสูญเสียที่ข้อต่อโค้ง ท่อเลี้ยวแฟคเตอร์ความดันสูญเสียจากการที่อากาศไหลเข้าสู่ท่อเลี้ยวท่อเลี้ยวหรือท่อที่มีลักษณะโค้งจะทำให้อากาศที่ไหลเกิดการเปลี่ยนแปลงทิศทางซึ่งย่อมส่งผลให้เกิดการสูญเสียความดัน โดยกระแสอากาศที่ไหลผ่านท่อเลี้ยวจะเกิดการบิดเป็นเกลียวหรือหมุนวนเป็นก้นหอยและถูกเหวี่ยงไปกระทบที่บริเวณขอบนอกของท่อ ส่งผลให้อากาศมีความเร็วเพิ่มขึ้นซึ่งก็ทำให้ความเสียดทานที่เกิดกับอากาศเพิ่มขึ้นตามไปด้วย สำหรับท่อเลี้ยวที่มีหน้าตัดวงกลม (Round elbow) ค่าการสูญเสียความดันของอากาศที่ไหลผ่านท่อเลี้ยวนี้จะขึ้นอยู่กับความเร็วของอากาศในท่อและรัศมีความโค้งของท่อเลี้ยวเทียบกับเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ (R/D) 2) หรือโครงสร้างของท่อเลี้ยวด้วย เช่น ท่อเลี้ยวผิวเรียบ ท่อเลี้ยวที่ประกอบด้วยชิ้นส่วนหลายชิ้น (3-5 ชิ้น) และยังมีมุมโค้งของท่อเลี้ยว โดยที่มีแฟคเตอร์การสูญเสียความดันของท่อเลี้ยวที่มีหน้าตัดวงกลม 90 องศา ซึ่งแฟคเตอร์การสูญเสียจะมีค่าลดลง หากอัตราส่วน R/D เพิ่มมากขึ้น และในกรณีที่อัตราส่วน R/Dมีค่าเท่ากัน ชิ้นส่วนน้อยชิ้นที่ประกอบอยู่ภายในท่อเลี้ยว จะมีแฟคเตอร์การสูญเสียมากกว่า เมื่อเทียบกับท่อเลี้ยวที่มีชิ้นส่วนมากชิ้นกว่า หรือท่อเลี้ยวผิวเรียบ ค่าแฟคเตอร์การสูญเสียของท่อเลี้ยวที่มีมุมโค้งเป็น 60 องศา จะมีแฟคเตอร์การสูญเสียเป็น 2ใน 3 ของท่อเลี้ยว 90 องศา (0.67 เท่า) หรือท่อเลี้ยว 45 องศา จะมีแฟคเตอร์การสูญเสียเป็นครึ่งหนึ่งของท่อเลี้ยว 90 องศา

(0.5 เท่า) (ฉัตรชัย นิมมล, 2550) ค่าแฟคเตอร์ดังแสดงในภาพที่ 22



	R / D					
	0.5	0.75	1.00	1.50	2.00	2.50
Stamped	0.71	0.33	0.22	0.15	0.13	0.12
5 - piece	-	0.46	0.33	0.24	0.19	0.17*
4 - piece	-	0.50	0.37	0.27	0.24	0.23*
3 - piece	0.90	0.54	0.42	0.34	0.33	0.33*

ภาพที่ 22 แฟคเตอร์การสูญเสียของท่อเลี้ยวหน้าตัดวงกลม
(ฉัตรชัย นิมมล, 2550)

จากภาพที่ 22 ท่อเลี้ยว 90 องศา 1 ตัว ผิวเรียบ (R = 2D) เป็นท่อชิ้นเดียว R/D = 2 ; ผิวเรียบ = R/D 2.0 = 0.13 ความยาวท่อ (L) = 1.5 m

ดังนั้น ความสูญเสีย $= (H_f \times L \times VP) + (K \times VP)$

$= (0.97 \times 1.5 \times 7271.2) + (0.13 \times 7271.2)$

$= (10579.6) + (945.26)$

$= 11524.86$ Pa

ตารางที่ 9 ตัวอย่างข้อมูลที่ได้จากการคำนวณ

ท่อ	Ø (m)	A (m^2)	Q (m^3/s)	V (m/s)	VP (Pa)
1. ค่าจากการคำนวณ	0.27	0.0586	0.1785	3	5.4
2. ค่าที่ใช้ได้จริง	0.045	0.0016	0.1785	110	7271.2

พัดลมดูดอากาศ ทำหน้าที่ในการดูดอากาศ ทำให้เกิดการไหลของอากาศผ่านไปในระบบระบายอากาศ เนื่องจากการระบบระบายอากาศจะมีการไหลของอากาศที่มีความสัมพันธ์กับความต้านทานในระบบซึ่งเกิดจากความเสียดทานกับปริมาณอากาศที่ไหลผ่านระบบ แต่การที่อากาศจะเอาชนะความต้านในระบบและไหลได้ในปริมาณที่ต้องการ อากาศจำเป็นต้องได้รับพลังงานจากภายนอกในรูปของความดันซึ่งเกิดจากการทำงานของพัดลม โดยพัดลมที่เลือกใช้เป็นแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ ประกอบด้วยใบพัดของพัดลมหมุนอยู่ในส่วนที่ติดตั้งใบพัด (Casing) อากาศเคลื่อนที่เข้าสู่พัดลมตามแนวแกนของพัดลม และถูกเหวี่ยงออกตามแนวรัศมีของใบพัด การหมุนของใบพัดมีทิศทางไปยังทางออกของอากาศ พัดลมชนิดนี้ แบ่งเป็น 3 ประเภทตามรูปร่างและลักษณะของใบพัด ได้แก่ แบบซี่ใบพัดหน้าตรง (Radial blade fans) แบบซี่ใบพัดโค้งหน้า (Forward curve blade fans) และ แบบซี่ใบพัดเอนหลัง (Backward inclined blade fans) ดังภาพที่ 23

ภาพที่ 23 ชนิดพัดลมแบบเหวี่ยงหนีศูนย์
(วันทนี พันธุ์ประสิทธิ์, 2557)

ตารางที่ 10 เปรียบเทียบข้อดี-ข้อเสีย ของพัดลมชนิดแรงเหวี่ยง

ชนิดพัดลมแรงเหวี่ยง	ข้อดี	ข้อเสีย
แบบซี่ใบพัดหน้าตรง (Radial blade)	ใบพัดแบน มีระยะห่างกัน ใช้สำหรับระบบฝุ่นหรืออนุภาค	มีประสิทธิภาพต่ำสุด โครงสร้างหนัก ราคาแพง
แบบซี่ใบพัดโค้งหน้า (Forward curved blade)	ดูดอากาศปริมาณมาก เสียงดังไม่มาก ใช้ในระบบจ่ายอากาศในระบบระบายอากาศแบบเจือจาง	ใช้พลังงานมาก
แบบซี่ใบพัดเอียงหลัง (Backward inclined blade)	มีประสิทธิภาพมาก หากกำลังสถิตต่ำกว่าที่คำนวณไว้ พลังงานที่ใช้จะไม่เพิ่มขึ้น	ราคาแพง

ที่มา: วันทนี พันธุ์ประสิทธิ์ (2557)

ความดันของพัดลม มีความสัมพันธ์ระหว่างความดันทั้งสามชนิดของพัดลมมีลักษณะเช่นเดียวกับความดันในระบบระบายอากาศ นั่นคือ ความดันทั้งหมด = ความดันสถิต + ความดันเคลื่อนที่

ความดันทั้งหมดของพัดลม (Fan Total Pressure, FTP) คือ พลังงานทั้งหมดที่ต้องการเพื่อเคลื่อนอากาศผ่านระบบ มีค่าเท่ากับผลลัพธ์ของความดันทั้งหมดที่ทางออกของพัดลมลบด้วยความดันทั้งหมดที่ทางเข้าของพัดลม นั่นคือ

$$FTP = TP_{out} - TP_{in}$$

เนื่องจาก $TP = SP + VP$

แทนค่า TP FTP $= (SP + VP)_{out} - (SP + VP)_{in}$

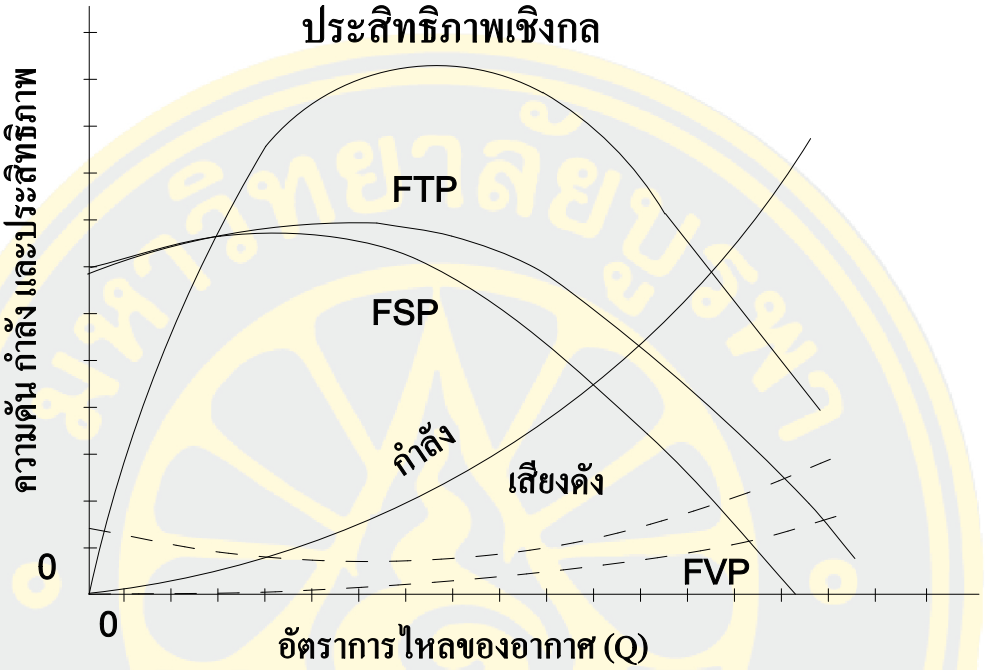
$= SP_{out} + VP_{out} - SP_{in} - VP_{in}$

เมื่อความเร็วที่ทางเข้า = ความเร็วที่ทางออก

$VP_{in} = VP_{out}$

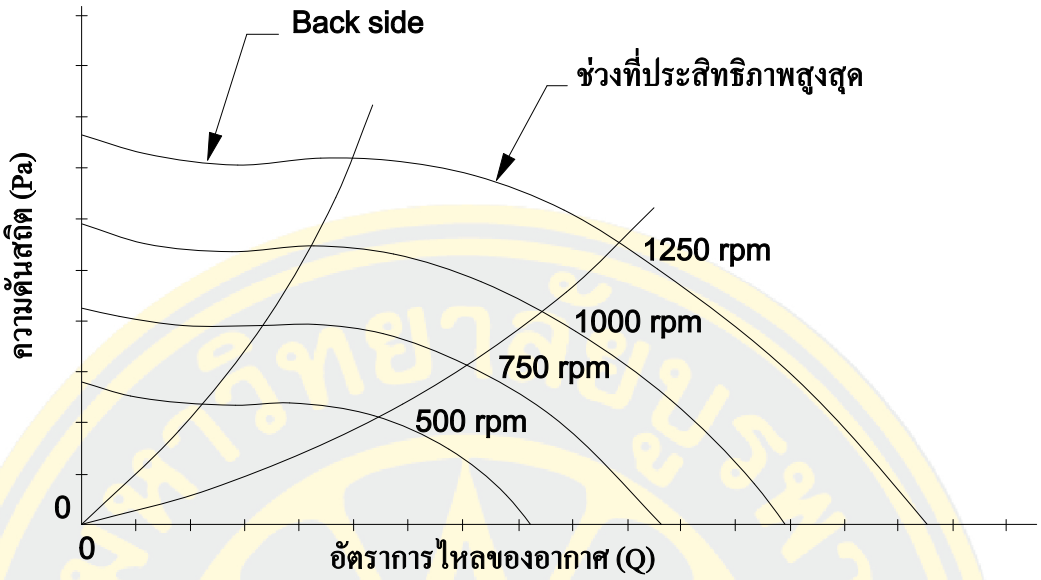
ดังนั้น $FTP = SP_{out} - SP_{in}$

*หมายเหตุ เครื่องหมาย +, - ซึ่งบ่งชี้ความดันบวกและความดันลบ



ภาพที่ 24 กราฟคุณลักษณะของพัดลม

(วันทนี พันธุ์ประสิทธิ์, 2557)



ภาพที่ 25 กราฟความดันสถิตที่ความเร็วรอบต่าง ๆ และช่วงที่พัดลมมีประสิทธิภาพสูงสุด (วันทนี พันธุ์ประสิทธิ์, 2557)

จากภาพที่ 24 และ 25 พัดลมสร้างความดันทั้งหมดขึ้น และความดันดังกล่าวสัมพันธ์กับอัตราการไหลของอากาศ ความดันทั้งหมดของพัดลม (FTP) จะเท่ากับความดันเคลื่อนที่ (FVP) ในขณะที่ความดันสถิต (FSP) เท่ากับศูนย์ นั่นคือ ไม่มีแรงต้านในระบบ และเมื่ออัตราการไหลของอากาศลดลง ค่า FTP และ FSP เพิ่มขึ้นจนกระทั่งถึงจุดสูงสุดของกราฟในภาพที่ 24 ซึ่งค่าสูงสุดนี้ขึ้นอยู่กับการออกแบบของพัดลมแต่ละชนิด โดยทั่วไปไม่ควรให้พัดลมทำงานที่ในจุดที่ FTP หรือ FSP อยู่ทางด้านซ้ายของค่าสูงสุดนี้ ซึ่งบริเวณดังกล่าวนี้เรียกว่า Back side ในภาพที่ 25 เนื่องจากหากมีการเปลี่ยนแปลง FSP เล็กน้อยจะทำให้อัตราการไหลอากาศไม่คงที่ รวมทั้งทำให้เกิดความสั่นสะเทือน เสียงดัง ประสิทธิภาพและอัตราการไหลของอากาศต่ำ

ความดันสถิตของพัดลม (Fan Static Pressure, FSP) The Air Movement and Control Association Test Code ได้ให้นิยามความดันสถิตของพัดลมไว้ว่า “ความดันสถิตของพัดลม คือ ความดันทั้งหมดของพัดลม (พลังงานทั้งหมดที่ระบบต้องการในการดึงอากาศผ่านระบบ) ลบด้วยความดันเคลื่อนที่ของพัดลม (คือ พลังงานจลน์ที่มีอยู่ในระบบ) และความดันเคลื่อนที่ของพัดลมทำให้เกิดความเร็วลมที่ทางออกพัดลม นั่นคือ

$$FSP = FTP - VP_{out}$$

$$= [(SP_{out} + VP_{out}) - (SP_{in} - VP_{in})] - VP_{out}$$

$= SP_{out} + VP_{out} - SP_{in} - VP_{in} - VP_{out}$

$= SP_{out} - SP_{in} - VP_{in}$

หรือ $FSP = |SP_{in}| + |SP_{out}| - VP_{in}$

เมื่อ FSP = ความดันสถิตของพัดลม

$|SP_{in,out}|$ = ความดันสถิตที่ทางเข้าและออกของพัดลม

ในระบบทั่วไปที่มีเพียงปล่องเป็นส่วนที่ต่อจากพัดลมนั้นค่า SP_{out} คือ SP ของปล่องนั้นเอง และสาเหตุที่นำเพียงขนาดของความดันสถิตมาคำนวณ (ไม่คำนึงถึงเครื่องหมาย + และ -) เนื่องจากทั้งสองค่าเป็นขนาดของพลังงานที่ต้องการในการเคลื่อนที่ของอากาศ ฉะนั้นจึงไม่ต้องคำนึงถึง เครื่องหมาย + และ – ซึ่งบ่งชี้ด้านดูด (Suction side) และด้านเป่า (Pressure side) (วันทนี พันธุ์ประสิทธิ์, 2557)

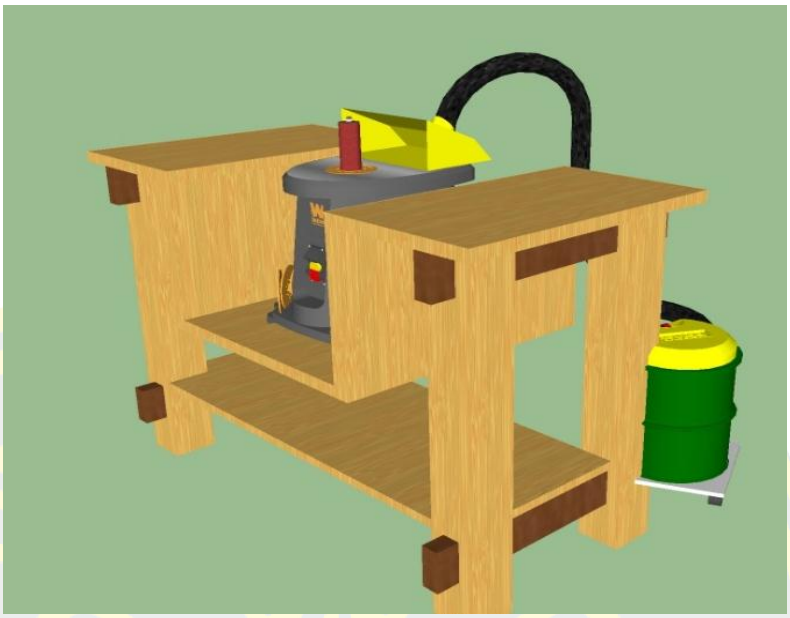
กำลัง (Power) งานที่เกิดขึ้นจากการเคลื่อนอากาศผ่านแรงต้านที่คงที่ในท่ออาจเปรียบเทียบได้กับการออกแรงดันปั๊มแบบลูกสูบ ซึ่งมีพื้นที่หน้าตัด A เพื่อทำให้อากาศเคลื่อนที่ไประยะทาง L ผ่านแรงต้าน (p) ในเวลา t งานที่เกิดขึ้น = pAL และกำลังที่ใช้ไป = $\frac{pAL}{t}$ แต่ $\frac{AL}{t}$ คือปริมาตรอากาศที่เคลื่อนที่ต่อหน่วยเวลา ซึ่งได้แก่อัตราการไหลของอากาศ (Q) นั่นเอง ดังนั้น กำลัง (Air Power, AP) ต่ำสุดที่ต้องใช้ในการทำให้อากาศปริมาณหนึ่งเคลื่อนที่ผ่าแรงต้านเข้าสู่ระบบ = pQ ในหน่วยที่เหมาะสม นั่นคือ ถ้าความดันมีหน่วยเป็น พาสคาลส์ (นิวตันต่อตารางเมตร) และ Q มีหน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที AHP = pQ วัตต์ AP เป็นกำลังที่ขับเคลื่อนพัดลมตามทฤษฎีกล่าวคือ ไม่มีการสูญเสียเกิดขึ้นในพัดลมหรือประสิทธิภาพของพัดลมเท่ากับ 100% หากความดันที่นำมาคำนวณ คือ ความดันทั้งหมดของพัดลม (FTP) AP ที่ได้ คือ AP (Total) (วันทนี พันธุ์ประสิทธิ์, 2557) และในบางครั้งอาจนำความดันสถิต (FSP) มาคำนวณ ค่าที่ได้คือ AP (Static) นั่นคือ

AP = FTP x Q (Watt) หรือ = FSP x Q (Watt)

ประสิทธิภาพของพัดลม (Fan efficiency) คือ กำลังที่ได้จากพัดลม (Output power) หารด้วยกำลังเครื่องกลที่ใส่เข้าไป (Mechanical input power) ซึ่งโดยทั่วไปแสดงค่าเป็นร้อยละ นั่นคือ

Fan total efficiency = [AP (total) / กำลังที่ใส่เข้าไป] x 100%

Fan static efficiency = [AP (static) / กำลังที่ใส่เข้าไป] x 100%

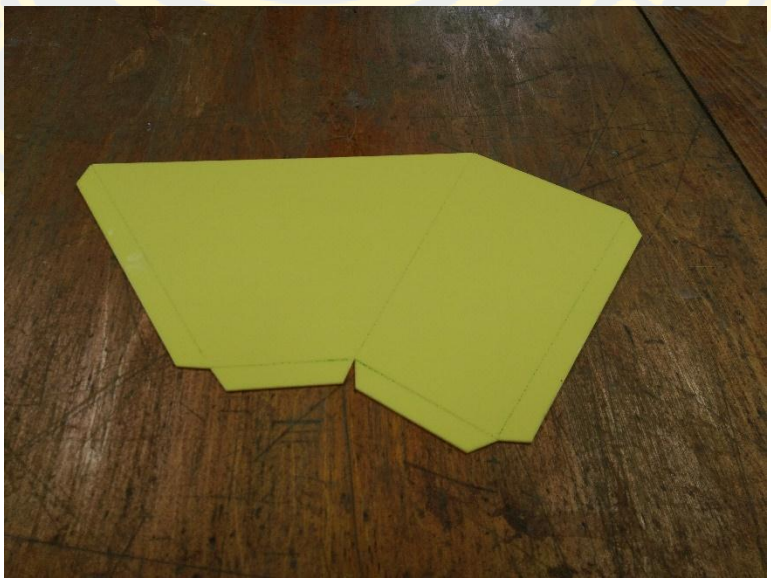


ภาพที่ 26 จำลองบริเวณที่ทำการติดตั้งระบบระบายฝุ่นไม้

การดำเนินการสร้าง

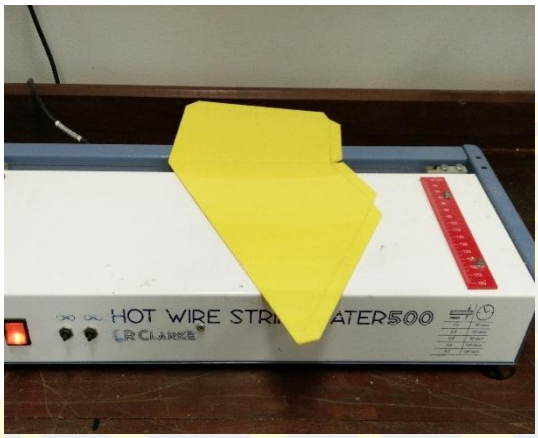
ชุดหัวดูดอากาศ

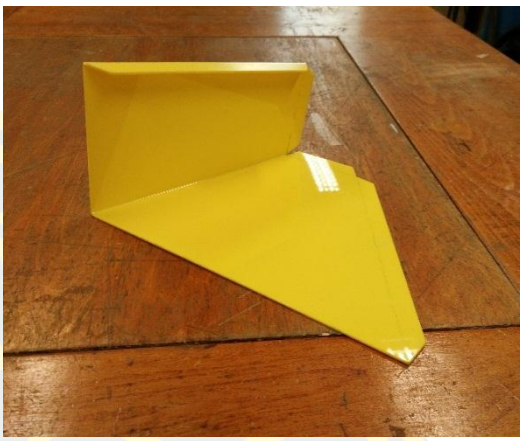
1. ตัดแผ่น HIP ที่มีขนาดความหนา 2 mm ตามแบบและขนาดที่ออกแบบไว้



ภาพที่ 27 ตัดแผ่น HIP ตามแบบและขนาดที่ออกแบบไว้

2. ทำการขึ้นรูปด้วยการให้ความร้อน แล้วพับให้ได้ตามตำแหน่งที่กำหนด





ภาพที่ 28 ขึ้นรูปด้วยการให้ความร้อน แล้วพับให้ได้ตามตำแหน่งที่กำหนด

3. เจาะช่องสำหรับติดตั้งท่อดูดอากาศเพื่อระบายฝุ่นออก ในตำแหน่งด้านหลังของหัดดูดให้ตรงตามขนาดของท่อดูดอากาศ โดยเลือกใช้ท่อยาง ผิวเรียบ ยาว 1.5 m ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 45 mm ซึ่งเป็นขนาดที่สามารถใช้ได้ตามค่าการคำนวณ อัตราการไหลของอากาศ และความเร็วลมภายในท่อดูดอากาศ ที่สามารถระบายฝุ่นไม้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

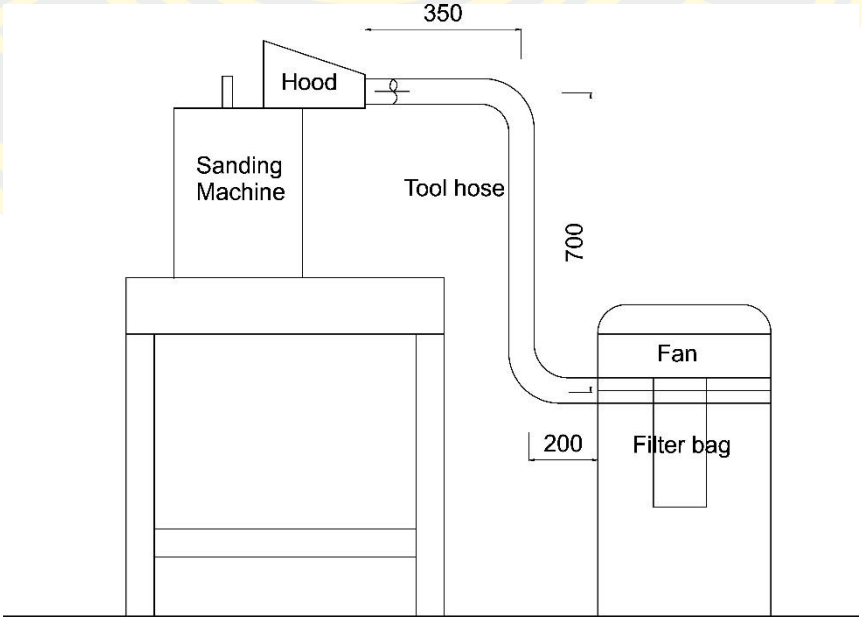
ภาพที่ 29 เจาะช่องสำหรับติดตั้งท่อดูดอากาศเพื่อระบายฝุ่นออก

ชุดท่อดูดอากาศ

4. ใช้ท่อดูดอากาศตามความยาวที่ 1.5 m จากการคำนวณอัตราการดูดของพัดลมที่เลือกใช้ในการดูดอากาศเพื่อระบายฝุ่นไปยังถังดักเก็บฝุ่น

ภาพที่ 30 ท่อดูดอากาศ ความยาว 1.5 m ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 45 mm

5. ติดตั้งท่อดูดอากาศเข้ากับหัวดูด และต่ออีกด้านเข้ากับพัดลมและถังดักเก็บฝุ่น



ภาพที่ 31 ลักษณะการติดตั้งท่อดูดอากาศ พัดลม และถุงกรองฝุ่น

ชุดพัดลมและถังเก็บฝุ่น

6. ใช้มอเตอร์ไฟฟ้า 1 เฟส กำลังไฟฟ้าขนาด 1200 w 12500 rpm ติดตั้งมาพร้อมกับถังดักฝุ่นขนาด 35 ลิตร

Motor	Single phase 1x1200W vacuum motor
Speed	12500rpm
Supply	230V 50Hz on a 13A 3-pin BS approved moulded plug
Collection Capacity	35ltr (approx)
Airflow Rate	70 l/sec (+/-5%)
Filters	2 stage, up to 0.5 micron
Suction	2500mm WG (+/-5%)
Inlet Size (ID)	58mm
Size	370mm diam x 510mm height
Approx. Weight	10kg
Noise Level	75dB(A)

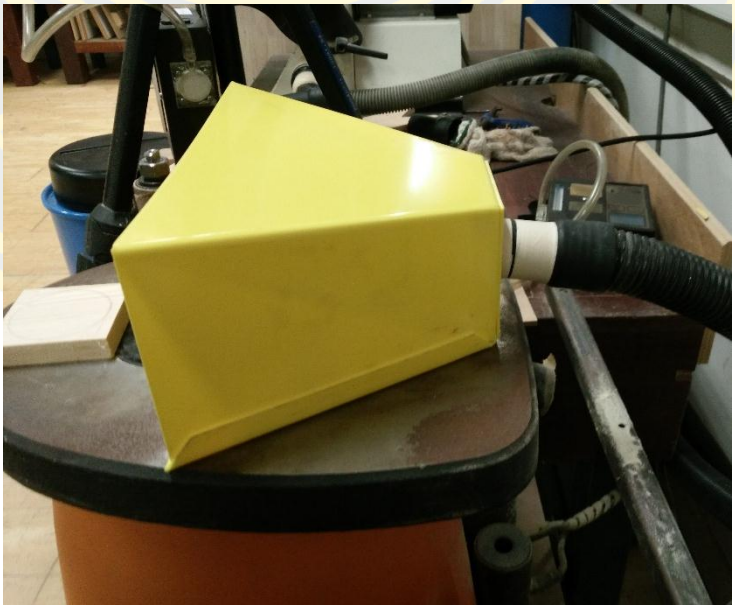
ภาพที่ 32 ชุดพัดลมและถังเก็บฝุ่น

ใช้เครื่องวัดความเร็วลม ทดสอบความเร็วลมที่หน้าฮูด เพื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่กำหนดค่าความเร็วในการจับอนุภาค (Capture velocity, V) สำหรับงานขัดไว้ที่ 2.5-10 m/s จากมาตรฐาน ACGIH (ACGIH, 2003) โดยวัดความเร็วที่แท้จริงของอากาศที่หน้าฮูด ดังแสดงตามภาพที่ 33 ได้ค่า 2900 fpm หรือเท่ากับ 14.73 m/s ซึ่งมีค่าสูงกว่าความเร็วต่ำสุดที่ต้องการ

ภาพที่ 33 ใช้เครื่องวัดความเร็วลม ทดสอบความเร็วลมที่หน้าฮูด

ทำการติดตั้งระบบระบายฝุ่นไม้เข้ากับเครื่องขัดงานไม้ โดยวางตำแหน่งหัวดูดให้ห่างจากแกนขัด 50 mm ตามที่ออกแบบไว้ โดยต่อชุดพัดลมและท่อดูดอากาศที่มีความยาว 1.5 m ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 45 mm เข้าทางด้านหลังของหัวดูดตามภาพที่ 34 และภาพที่ 35

ภาพที่ 34 ติดตั้งระบบระบายฝุ่นไม้เข้ากับเครื่องขัดงานไม้



ภาพที่ 35 ต่อชุดพัดลมและท่อดูดอากาศเข้าทางด้านหลังของหัวดูด

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์โดยอาศัยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ซึ่งมีการนำเสนอข้อมูลสถิติ ดังนี้

1. สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive statistics) เป็นสถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลอธิบายค่าความเข้มข้นของปริมาณฝุ่นไม้ ในแต่ละกลุ่มตัวอย่างของฝุ่นไม้ทั้งสามประเภท เช่น ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ส่วนเบี่ยงเบนเฉลี่ย ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (P-value = 0.05)

2. สถิติ Paired samples t-Test ใช้วิเคราะห์ข้อมูลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ระหว่างปริมาณความเข้มข้นฝุ่นไม้ก่อน และหลัง การติดตั้งระบบระบายอากาศเฉพาะที่ ที่ออกแบบและสร้างขึ้นมาใหม่ โดยใช้ สถิติ Paired samples t-Test ในการทดสอบความแตกต่างค่าเฉลี่ยของความเข้มข้นของฝุ่นไม้ ที่มีการทำงานกับเครื่องขัดไม้ สอดคล้องกับการใช้สถิติ Paired samples t-Test เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างฟังก์ชั่น Pre-shift และ Post-shift ของการทำงานของปอด โดยใช้ทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของฝุ่นละอองจากไม้ยางพารา ที่สามารถเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจได้ และการลดลงของค่าการทำงานของปอด (Sriproed et al., 2013)

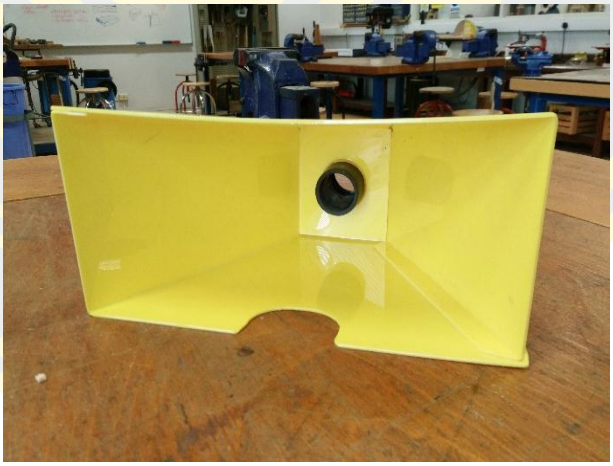
บทที่ 4
ผลการศึกษา

จากการศึกษาค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ได้นำเอาหลักการ แนวคิด และทฤษฎีต่าง ๆ มาใช้ในการศึกษาออกแบบระบบระบายฝุ่นไม้ โดยใช้เทคนิควิธีการคิดคำนวณ มาออกแบบระบบระบายฝุ่นไม้ ให้เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด สามารถนำไปใช้เป็นมาตรฐานสำหรับการควบคุมฝุ่นไม้ในโรงฝึกงาน และยังช่วยให้การออกแบบและจัดสร้างในครั้งต่อไปทำได้รวดเร็วในราคาที่ประหยัดและเป็นประโยชน์ต่อโรงฝึกงานอื่น ๆ ที่มีงบประมาณจำกัด ซึ่งหลังจากการทดลองพบว่าสามารถลดต้นทุนในการจัดสร้างได้มาก โดยต้นทุนของระบบกำจัดฝุ่นในท้องตลาดมีราคาอยู่ที่ 36,600 บาท (พรเทพ แก้วเชื้อ, 2555) ซึ่งในการออกแบบและจัดสร้างระบบกำจัดฝุ่นไม้ในครั้งนี้มีต้นทุนค่าวัสดุอุปกรณ์เพียง 8,500 บาท สามารถลดต้นทุนได้คิดเป็นร้อยละ 76.77 ของราคาการจัดสร้าง โดยในการออกแบบหัวดูดจะต้องคำนึงถึงรูปร่าง ขนาด จุดที่ติดตั้งหัวดูด รวมถึงอัตราการไหลของอากาศเข้าสู่หัวดูด โดยมีปัจจัยที่ต้องพิจารณาได้แก่ ความเร็วลมจะต้องมีค่าจากการคำนวณไม่น้อยกว่า ความเร็วต่ำสุดที่อากาศ ณ จุดกำเนิดสารปนเปื้อน ซึ่งอยู่ห่างจากหัวดูดที่สุดถูกดูดเข้าสู่ระบบ (ACGIH, 2003) รวมถึง มาตรฐานวิธีการตรวจวัดการเก็บตัวอย่างฝุ่น เพื่อใช้เปรียบเทียบประสิทธิผลของระบบกำจัดฝุ่นไม้ที่ออกแบบมา และทำการทดสอบระบบโดยการเก็บตัวอย่างฝุ่นไม้ เพื่อหาปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นไม้ ซึ่งทำการเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นไม้ ก่อน และหลังการออกแบบติดตั้งระบบกำจัดฝุ่นในการทำงานกับเครื่องขัดงานไม้ด้วยวิธีการชั่งน้ำหนัก โดยแบ่งขั้นตอนของผลการศึกษาเป็นดังนี้

1. ผลการออกแบบ และการจัดสร้าง
2. การทดสอบประสิทธิผลของระบบกำจัดฝุ่นไม้
3. การวิเคราะห์ประสิทธิผลของระบบกำจัดฝุ่นไม้

ผลการออกแบบ และการจัดสร้าง

ผลจากการออกแบบโดยใช้การออกแบบหัวดูดเป็นแบบสูดเรียบ ซึ่งใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติรับแรงกระแทกได้ดี ผิวเรียบมัน เป็นพลาสติกที่มีความทนทานสูงและสามารถเป็นฉนวนกันไฟฟ้าได้ ทำการขึ้นรูปโดยการให้ความร้อนและเจาะรูส่วนท้ายให้ได้ตามขนาดที่ออกแบบ ดังแสดงในภาพที่ 35 การออกแบบท่อดูดอากาศใช้ท่อดูดอากาศ เป็นท่อยาง ผิวเรียบ ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 45mm มีขนาดความยาว 1.5m โดยท่อยางถูกต่อเข้ากับส่วนของถังดักฝุ่นที่มีขนาดความจุ 35 ลิตร ซึ่งมีตัวกรองฝุ่นเป็นชนิดแบบครีบกรองหุ้มด้วยถุงกระดาษกรองอยู่ภายใน ดังแสดงในภาพที่ 36 โดยภายในถังดังฝุ่นติดตั้งพัดลมมอเตอร์ไฟฟ้า เป็นพัดลมแบบซี่ใบพัดเอนหลัง (Backward inclined blade fans) โดยใช้พัดลมมอเตอร์ไฟฟ้า แบบ Single phase 1200W Vacuum motor 12500rpm ใช้กำลังไฟฟ้าขนาด 230V 50Hz 13A ซึ่งสามารถใช้ได้ตามค่าการคำนวณ ซึ่งมีค่าความดันสูญเสียที่ทางเข้าหัวดูด (Hood loss) เท่ากับ 8507.3 Pa และมีค่าความดันสูญเสียภายในท่อเท่ากับ 11524.86 Pa โดยวัดความเร็วที่แท้จริงของอากาศที่หน้าหัวดูดได้ 14.73 m/s ซึ่งมีค่าสูงกว่าความเร็วต่ำสุดที่ต้องการ ตามมาตรฐาน ACGIH (ACGIH, (2003ที่ต้องการความเร็วต่ำสุดสำหรับงานขัดที่ 2.5-10 m/s



ภาพที่ 36 หัวดูดแบบสูดเรียบ

ภาพที่ 37 ลักษณะถังดักฝุ่น พัดลมมอเตอร์ไฟฟ้า ตัวกรองฝุ่น และถุงกระดาษกรอง

การทดสอบประสิทธิผลของระบบกำจัดฝุ่นไม้

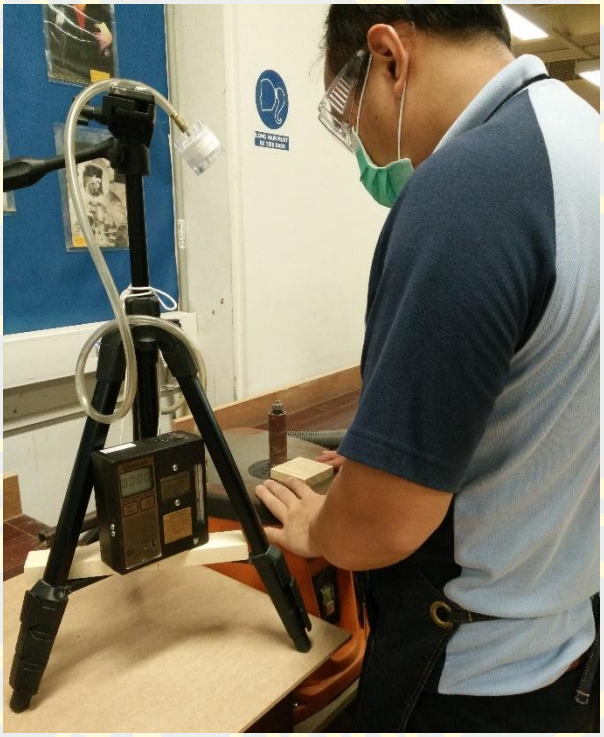
การทดสอบระบบระบายฝุ่นไม้ เพื่อให้ทราบค่าที่แท้จริงของความเร็วลมที่ใช้ในระบบให้เป็นไปตามมาตรฐาน ACGIH (ACGIH, 2003) โดยการต่อหัวดูด ท่อดูดอากาศ พร้อมพัดลมและถุงกรองฝุ่นเข้าด้วยกัน ใช้เครื่องวัดความเร็วลม (Anemometer) ตรวจวัดค่าความเร็วของอากาศที่บริเวณหน้าหัวดูด สอดคล้องกับงานวิจัยเพื่อให้ทราบถึงปัญหาเกี่ยวกับกลไกการไหลผ่านของการกักเก็บอากาศในระหว่างกระบวนการระบายอากาศของห้องเก็บควันจากห้องปฏิบัติการ โดยการสร้างหัวดูดสารเคมีชนิดโปร่งใสแบบปิดล้อมสำหรับการทดลอง การกระจายตัวของความเร็วเฉลี่ยและความผันผวนของความเร็วอากาศหน้าหัวดูด วัดโดยใช้เครื่องวัดความเร็วลม Anemometer ตรวจวัด การทดสอบเป็นตัวบ่งชี้แสดงให้เห็นว่าบริเวณหน้าหัวดูด มีปริมาณการไหลผ่านของอากาศอยู่ในระดับใด (Thetkathuek et al., 2010) โดยผลการทดสอบวัดความเร็วที่แท้จริงของอากาศที่หน้าหัวดูดเท่ากับ 2900 fpm ดังแสดงในภาพที่ 38 หรือเท่ากับ 14.73 m/s ทำให้ทราบค่าอัตราการไหลของอากาศบริเวณหน้าหัวดูดจากสมการ $Q = AV$ ซึ่งมีพื้นที่หน้าตัดของหัวดูดอยู่ที่ 0.0586 m^2 จะได้ค่าอัตราการไหลของอากาศบริเวณหน้าหัวดูดเท่ากับ 0.1758 m^3/s

ภาพที่ 38 การทดสอบความเร็วลมบริเวณหน้าหัวดูด

ซึ่งผลของการทดสอบเป็นไปตามทฤษฎีและสามารถนำไปใช้งานได้ โดยมีปัจจัยที่ต้องพิจารณา คือ ลมที่พื้นที่หน้าตัดของช่องเปิดของฮูด (Capture velocity) คือ ความเร็วต่ำสุดที่อากาศ ณ จุดกำเนิดสารปนเปื้อน ซึ่งอยู่ห่างไกลฮูดที่สุดถูกดูดเข้าสู่ระบบ ความเร็วนี้ขึ้นอยู่กับอัตราการไหลของอากาศเข้าสู่ฮูดและรูปร่างของฮูด (วันทนี พันธุ์ประสิทธิ์, 2557) จากนั้นทำการติดตั้งระบบเข้ากับเครื่องขัดงานไม้ จุดที่ติดตั้งหัวดูดฝุ่นไม้ ที่ระยะห่างจากแกนขัดไม้ 50 mm เพื่อทดสอบประสิทธิผลของระบบกำจัดฝุ่นไม้ การทดสอบจะแบ่งตัวอย่างไม้ออกเป็น 3 ประเภท คือ ไม้เนื้อแข็ง ไม้เนื้ออ่อน และแผ่นไม้ผสม

ภาพที่ 39 ประเภทของไม้ที่ใช้ในการทดสอบ

ทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นไม้ ตัวอย่างละ 5 ครั้ง ครั้งละ 15 นาที ก่อนการติดตั้งระบบกำจัดฝุ่นไม้ และทำการเก็บตัวอย่างอีกครั้งหลังการติดตั้งระบบกำจัดฝุ่นไม้ที่ออกแบบไว้ รวมทั้งหมด 30 ตัวอย่าง โดยเปลี่ยนกระดาษทรายใหม่ทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนประเภทของไม้ที่ใช้ในการขัด ซึ่งทุกชิ้นงานในการทดลองมีลักษณะงานที่เหมือนกันทุกครั้ง (Welling et al., 2008) โดยติดตั้งอุปกรณ์เก็บตัวอย่างฝุ่นไม้ไว้ที่จุดเดิม ที่ตำแหน่งระดับการหายใจ (Breathing zone) ในทุกครั้งของการทดลอง ดังแสดงในภาพที่ 40 ที่เป็นการเก็บตัวอย่างฝุ่นก่อนติดตั้งระบบกำจัดฝุ่นไม้

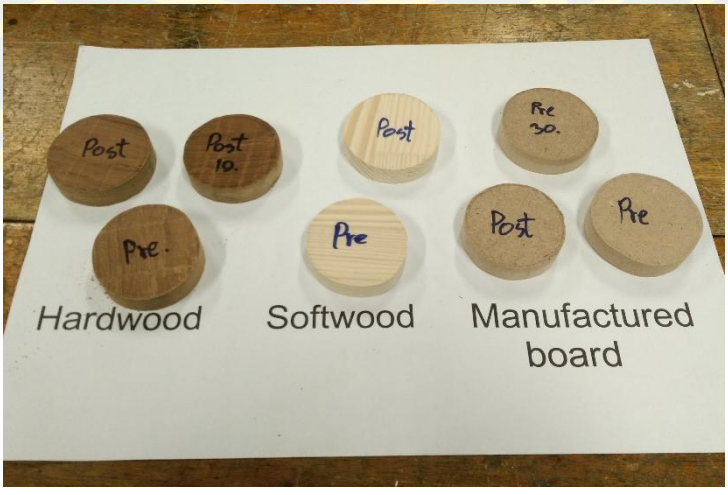


ภาพที่ 40 การทดลองเก็บตัวอย่างฝุ่นไม้ ก่อนการติดตั้งระบบกำจัดฝุ่นไม้

จากภาพที่ 40 เป็นการขัดชิ้นงานที่มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส และทำการขัดชิ้นงานด้วยเครื่องขัดไม้ ที่มีลักษณะเป็นแกนหมุด พันด้วยกระดาษทราย หมุนด้วยความเร็วรอบสูง พร้อมทั้งเคลื่อนที่ขึ้นลงในแนวแกน ให้ชิ้นงานออกมาเป็นวงกลมตามขนาดที่กำหนด และติดตั้งอุปกรณ์เก็บตัวอย่างฝุ่นไม้ แบบฝุ่นละอองรวม ชนิด Filter cassette ก่อนการติดตั้งระบบระบายฝุ่นไม้ พร้อมบันทึกค่าที่ได้ในแต่ครั้งของการทดลอง

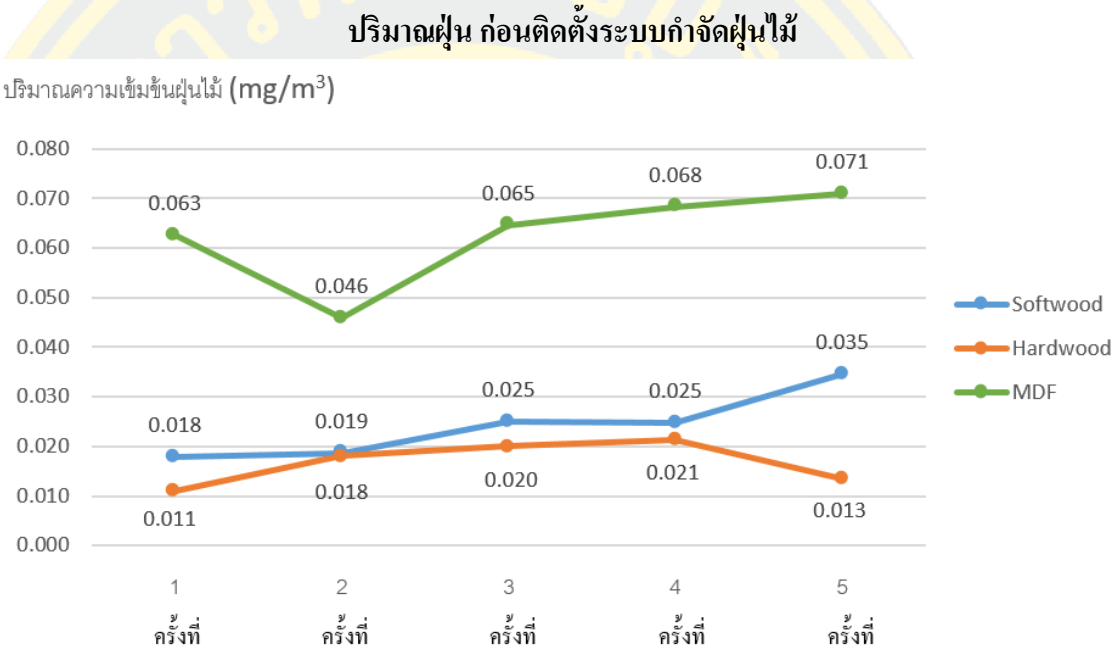
ภาพที่ 41 การทดลองเก็บตัวอย่างฝุ่นไม้ หลังการติดตั้งระบบกำจัดฝุ่นไม้

หลังจากทำการทดลองขัดชิ้นงาน ชิ้นงานที่ได้จากการทำงานกับเครื่องขัดงานไม้ จะมีลักษณะดังแสดงในภาพที่ 42 ในการขัดชิ้นงานแต่ละครั้งให้มีรอบและลักษณะการทำงานที่เหมือนกันทุกครั้งของการทดลอง เพื่อให้สอดคล้องกับระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างฝุ่น และให้ผลการทดลองที่ถูกต้องแม่นยำมากขึ้น



ภาพที่ 42 ลักษณะชิ้นงาน หลังทำการทดลอง

ผลจากการทดสอบการเก็บตัวอย่างฝุ่นไม้ก่อนทำการติดตั้งระบบกำจัดฝุ่นไม้ โดยแบ่งตามประเภทของไม้ที่ใช้ในการทดสอบ ซึ่งชนิดของแผ่นไม่ผสม หรือ Manufactured Board ใช้เป็นแผ่น MDF (Medium-Density Fiberboard) เป็นแผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลาง มีกระบวนการผลิตโดยการนำเอาเศษขี้เลื่อยของไม้มาบดอัดผ่านกระบวนการอัดไม้ ด้วยเครื่องบดอัดไม้เฉพาะ ที่มีแรงอัดสูง พร้อมกับความร้อนด้วยเครื่องจักรเฉพาะทาง สามารถนำผลลัพธ์ที่ได้ มานำเสนอเป็นรูปแบบของกราฟได้ ดังนี้



ภาพที่ 43 ผลปริมาณความเข้มข้นฝุ่นในแต่ละครั้งของแต่ละตัวอย่าง ก่อนการติดตั้งระบบกำจัดฝุ่นไม้

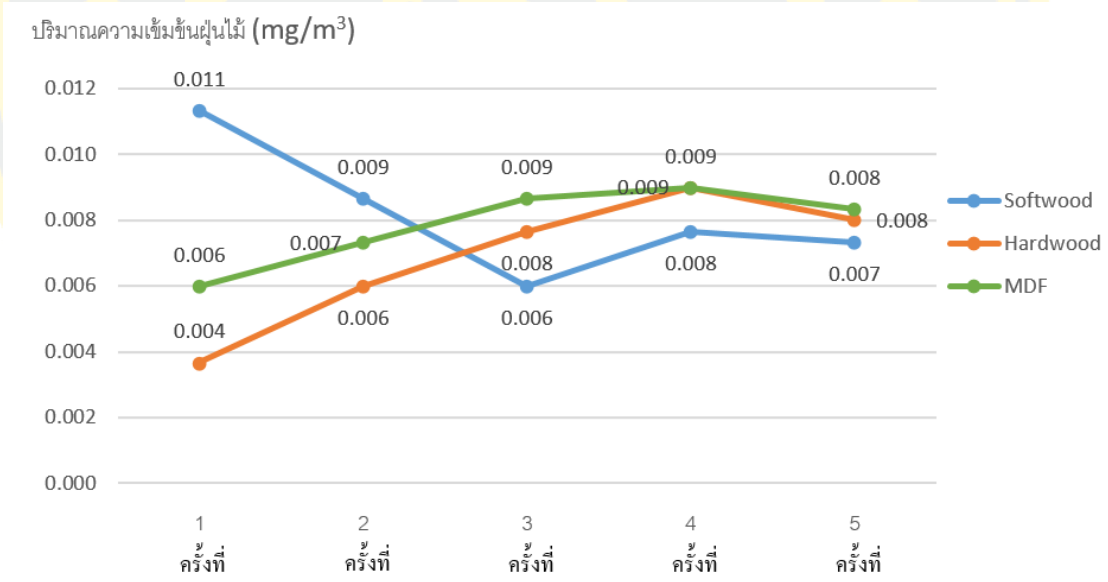
จากภาพที่ 43 เป็นกราฟแสดงค่าปริมาณความเข้มข้นฝุ่นไม้ ในแต่ละครั้งของแต่ละตัวอย่าง ก่อนการติดตั้งระบบกำจัดฝุ่นไม้ ซึ่งแบ่งตามประเภทของไม้ที่ใช้ในการทดสอบ การเก็บตัวอย่างฝุ่นไม้เนื้ออ่อน ปริมาณความเข้มข้นฝุ่นไม้เนื้ออ่อนครั้งที่ 1 เท่ากับ 0.018 mg/m^3 ครั้งที่ 2 เท่ากับ 0.019 mg/m^3 ครั้งที่ 3 เท่ากับ 0.025 mg/m^3 ครั้งที่ 4 เท่ากับ 0.025 mg/m^3 ครั้งที่ 5 เท่ากับ 0.035 mg/m^3 ทำให้ได้ปริมาณความเข้มข้นฝุ่นไม้เนื้ออ่อน เฉลี่ย เท่ากับ 0.024 mg/m^3 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างฝุ่นไม้เนื้ออ่อน เท่ากับ 0.007 mg/m^3

เก็บตัวอย่างฝุ่นไม้เนื้อแข็ง ปริมาณความเข้มข้นฝุ่นไม้เนื้อแข็งครั้งที่ 1 เท่ากับ 0.011 mg/m^3 ครั้งที่ 2 เท่ากับ 0.018 mg/m^3 ครั้งที่ 3 เท่ากับ 0.020 mg/m^3 ครั้งที่ 4 เท่ากับ 0.021 mg/m^3

ครั้งที่ 5 เท่ากับ 0.013 mg/m^3 ทำให้ได้ปริมาณความเข้มข้นฝุ่นไม้เนื้อแข็ง เฉลี่ย เท่ากับ 0.017 mg/m^3 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างฝุ่นไม้เนื้อแข็ง เท่ากับ 0.004 mg/m^3

เก็บตัวอย่างฝุ่นแผ่นไม้ผสม ปริมาณความเข้มข้นฝุ่นแผ่นไม้ผสมครั้งที่ 1 เท่ากับ 0.063 mg/m^3 ครั้งที่ 2 เท่ากับ 0.046 mg/m^3 ครั้งที่ 3 เท่ากับ 0.065 mg/m^3 ครั้งที่ 4 เท่ากับ 0.068 mg/m^3 ครั้งที่ 5 เท่ากับ 0.071 mg/m^3 ทำให้ได้ปริมาณความเข้มข้นฝุ่นแผ่นไม้ผสม เฉลี่ย เท่ากับ 0.063 mg/m^3 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างฝุ่นแผ่นไม้ผสม เท่ากับ 0.010 mg/m^3

ผลการทดสอบการเก็บตัวอย่างฝุ่นไม้หลังทำการติดตั้งระบบกำจัดฝุ่นไม้ โดยการออกแบบแบบหัวดูดเป็นแบบ ฮูดเรียบ ใช้ท่อดูดอากาศที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 45 mm ใช้พัดลมมอเตอร์ไฟฟ้ากำลังไฟฟ้าขนาด 1200W ที่ 12500 rpm ซึ่งวัดความเร็วแท้จริงของอากาศที่หน้าฮูดได้ 14.73 m/s และแบ่งการเก็บตัวอย่างตามประเภทของไม้ที่ใช้ในการทดสอบ สามารถนำผลลัพธ์ที่ได้ มานำเสนอเป็นรูปแบบของกราฟได้ ดังนี้



ภาพที่ 44 ผลปริมาณความเข้มข้นฝุ่นในแต่ละครั้งของแต่ละตัวอย่าง หลังการติดตั้งระบบกำจัดฝุ่นไม้

จากภาพที่ 44 เป็นกราฟแสดงค่าปริมาณความเข้มข้นฝุ่นไม้ในแต่ละครั้งของแต่ละตัวอย่าง หลังการติดตั้งระบบกำจัดฝุ่นไม้ ซึ่งแบ่งตามประเภทของไม้ที่ใช้ในการทดสอบ การเก็บตัวอย่างฝุ่นไม้เนื้ออ่อน ปริมาณความเข้มข้นฝุ่นไม้เนื้ออ่อนครั้งที่ 1 เท่ากับ 0.011 mg/m^3 ครั้งที่ 2

เท่ากับ 0.009 mg/m^3 ครั้งที่ 3 เท่ากับ 0.006 mg/m^3 ครั้งที่ 4 เท่ากับ 0.008 mg/m^3 ครั้งที่ 5 เท่ากับ 0.007 mg/m^3 ทำให้ได้ปริมาณความเข้มข้นฝุ่นไม้เนื้ออ่อน เฉลี่ย เท่ากับ 0.008 mg/m^3 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างฝุ่นไม้เนื้ออ่อน เท่ากับ 0.002 mg/m^3

เก็บตัวอย่างฝุ่นไม้เนื้อแข็ง ปริมาณความเข้มข้นฝุ่นไม้เนื้อแข็งครั้งที่ 1 เท่ากับ 0.004 mg/m^3 ครั้งที่ 2 เท่ากับ 0.006 mg/m^3 ครั้งที่ 3 เท่ากับ 0.008 mg/m^3 ครั้งที่ 4 เท่ากับ 0.009 mg/m^3 ครั้งที่ 5 เท่ากับ 0.008 mg/m^3 ทำให้ได้ปริมาณความเข้มข้นฝุ่นไม้เนื้อแข็ง เฉลี่ย เท่ากับ 0.007 mg/m^3 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างฝุ่นไม้เนื้อแข็ง เท่ากับ 0.002 mg/m^3

เก็บตัวอย่างฝุ่นแผ่นไม้ผสม ปริมาณความเข้มข้นฝุ่นแผ่นไม้ผสมครั้งที่ 1 เท่ากับ 0.006 mg/m^3 ครั้งที่ 2 เท่ากับ 0.007 mg/m^3 ครั้งที่ 3 เท่ากับ 0.009 mg/m^3 ครั้งที่ 4 เท่ากับ 0.009 mg/m^3 ครั้งที่ 5 เท่ากับ 0.008 mg/m^3 ทำให้ได้ปริมาณความเข้มข้นฝุ่นแผ่นไม้ผสม เฉลี่ย เท่ากับ 0.008 mg/m^3 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวอย่างฝุ่นแผ่นไม้ผสม เท่ากับ 0.001 mg/m^3

การวิเคราะห์ประสิทธิผลของระบบกำจัดฝุ่นไม้

หลังจากการทดสอบประสิทธิผลของระบบกำจัดฝุ่นไม้ และได้ผลลัพธ์ของการทดสอบแล้ว จึงนำผลการทดสอบที่ได้มาวิเคราะห์โดยการเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นไม้ ก่อนและหลังการติดตั้งระบบกำจัดฝุ่นไม้ โดยแบ่งตามประเภทของไม้ที่ใช้ในการทดสอบ พบว่า งานขัดตัวอย่างไม้เนื้ออ่อน มีปริมาณความเข้มข้นฝุ่นไม้ลดลง หลังจากการติดตั้งระบบกำจัดฝุ่นไม้ ในทุกครั้งของการทดสอบ ดังรายละเอียดได้แสดงในตารางที่ 11 ซึ่งการเก็บตัวอย่างฝุ่นไม้เนื้ออ่อนทดสอบทั้งหมด 5 ครั้ง

ตารางที่ 11 เปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นไม้เนื้ออ่อน ก่อน และหลัง การติดตั้งระบบกำจัดฝุ่นไม้

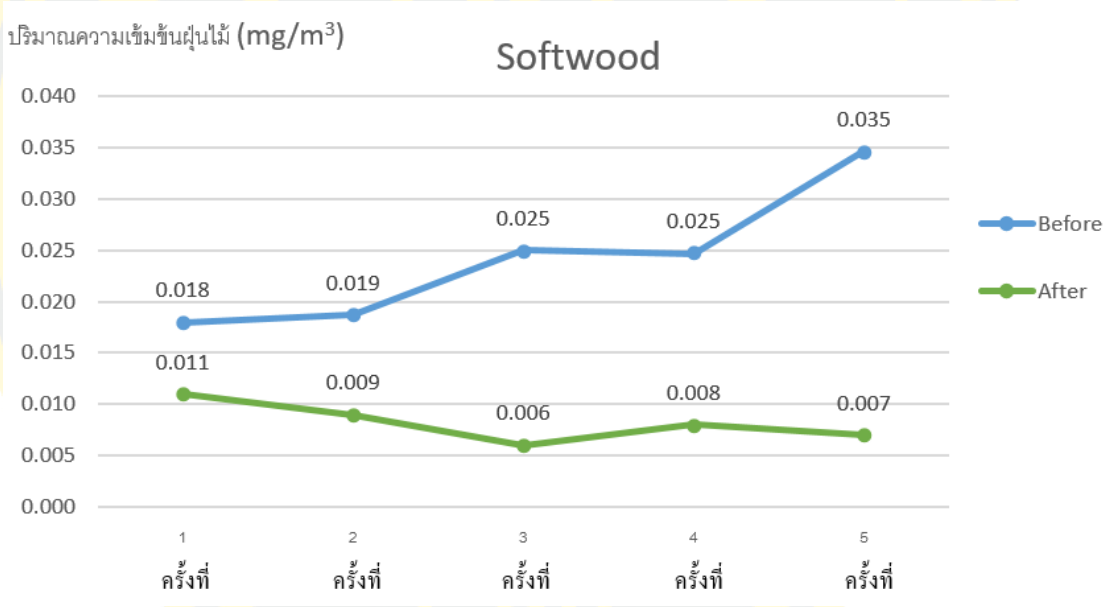
ครั้งที่	ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นไม้ก่อนการติดตั้ง (mg/m^3)	ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นไม้หลังการติดตั้ง (mg/m^3)	ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นไม้ลดลง (mg/m^3)	ลดลงเฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์)
1	0.018	0.011	0.007	
2	0.019	0.009	0.010	
3	0.025	0.006	0.019	66%
4	0.025	0.008	0.017	
5	0.035	0.007	0.027	
เฉลี่ย	0.024	0.008	0.016	
SD	0.007	0.002		

จากตารางที่ 11 พบว่า การทดสอบการขัดงานไม้เนื้ออ่อน ก่อนมีการติดตั้งระบบกำจัดฝุ่นไม้ มีปริมาณความเข้มข้นฝุ่น เฉลี่ย 0.024 mg/m^3 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.007 mg/m^3 และหลังการติดตั้งระบบกำจัดฝุ่นไม้ มีปริมาณความเข้มข้นฝุ่น เฉลี่ย 0.008 mg/m^3 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.002 mg/m^3 โดยมีปริมาณความเข้มข้นฝุ่นลดลงเฉลี่ย 0.016 mg/m^3 คิดเป็นร้อยละ 66 ของการลดลงโดยเฉลี่ยของฝุ่นไม้เนื้ออ่อน โดยมีค่าเปรียบเทียบทางสถิติ Paired Samples T-Test แสดงให้เห็นค่าเฉลี่ยที่ลดลงอย่างชัดเจนของปริมาณฝุ่นไม้ ก่อน และหลังการทดสอบ ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังแสดงในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ค่าทางสถิติการเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นไม้เนื้ออ่อน

Paired Samples Statistics (Softwood)

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% CI Lower	95% CI Upper	Sig. (2-tailed)
Pre test (Softwood)	.02440	5	.006768	.003027	.005984	.026416	.012
Post test (Softwood)	.00820	5	.001924	.000860			



ภาพที่ 45 กราฟเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นไม้เนื้ออ่อน ก่อน และหลัง การติดตั้งระบบ

จากภาพที่ 45 เป็นกราฟแสดงให้เห็นค่าความแตกต่างของปริมาณความเข้มข้นฝุ่นไม้ที่ลดลงในทุกครั้งของการทดสอบ หลังมีการติดตั้งระบบกำจัดฝุ่นไม้ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงประสิทธิผลของการออกแบบและติดตั้งระบบกำจัดฝุ่นไม้ ที่สามารถลดปริมาณฝุ่นไม้โดยเฉลี่ยได้ถึง 66 เปอร์เซ็นต์ โดยผลที่ได้พบว่า ค่าเฉลี่ยที่ลดลงของการเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นฝุ่นไม้ ก่อนและหลังการติดตั้งระบบระบายอากาศ มีความสัมพันธ์ทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

สำหรับงานขัดตัวอย่างไม้เนื้อแข็ง มีปริมาณความเข้มข้นฝุ่นไม้ลดลง หลังจากการติดตั้งระบบกำจัดฝุ่นไม้ ในทุกครั้งของการทดสอบ ดังรายละเอียดได้แสดงในตารางที่ 13 ซึ่งการเก็บตัวอย่างฝุ่นไม้เนื้อแข็งทดสอบทั้งหมด 5 ครั้ง

ตารางที่ 13 เปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นไม้เนื้อแข็ง ก่อน และหลังติดตั้งระบบ

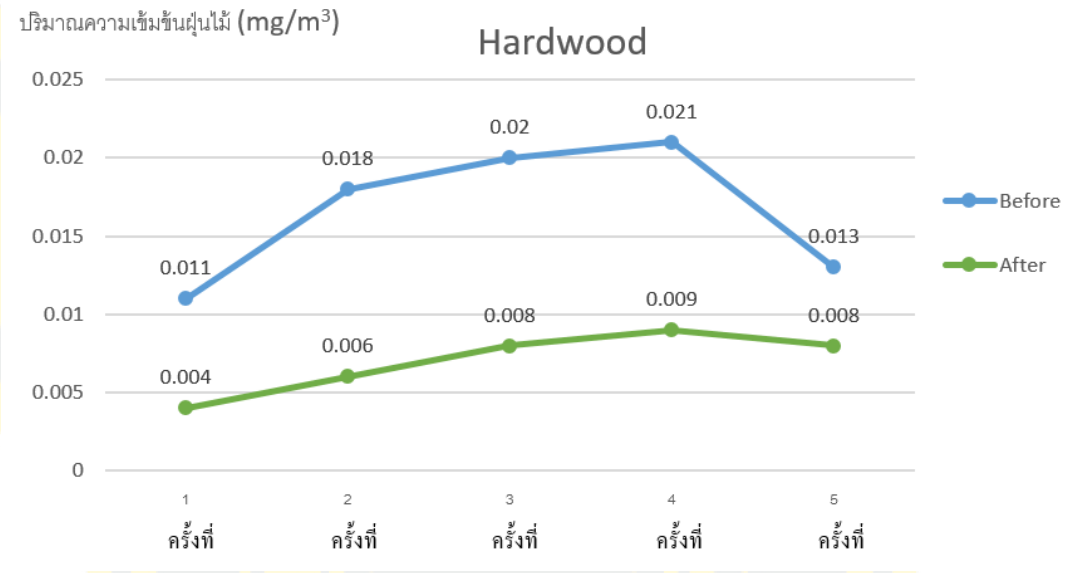
ครั้งที่	ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นไม้ก่อนการติดตั้ง (mg/m^3)	ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นไม้หลังการติดตั้ง (mg/m^3)	ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นไม้ลดลง (mg/m^3)	ลดลงเฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์)
1	0.011	0.004	0.007	
2	0.018	0.006	0.012	
3	0.020	0.008	0.012	59%
4	0.021	0.009	0.012	
5	0.013	0.008	0.005	
เฉลี่ย	0.017	0.007	0.010	
SD	0.004	0.002		

จากตารางที่ 13 พบว่า การทดสอบการขัดงานไม้เนื้อแข็ง ก่อนมีการติดตั้งระบบกำจัดฝุ่นไม้ มีปริมาณความเข้มข้นฝุ่น เฉลี่ย 0.017 mg/m^3 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.004 mg/m^3 และหลังการติดตั้งระบบกำจัดฝุ่นไม้ มีปริมาณความเข้มข้นฝุ่น เฉลี่ย 0.007 mg/m^3 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.002 mg/m^3 โดยมีปริมาณความเข้มข้นฝุ่นลดลงเฉลี่ย 0.010 mg/m^3 คิดเป็นร้อยละ 59 ของการลดลงโดยเฉลี่ยของฝุ่นไม้เนื้อแข็ง โดยมีค่าเปรียบเทียบทางสถิติ Paired Samples T-Test แสดงให้เห็นค่าเฉลี่ยที่ลดลงอย่างชัดเจนของปริมาณฝุ่นไม้ ก่อน และหลังการทดสอบ ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังแสดงในตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ค่าทางสถิติการเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นไม้เนื้อแข็ง

Paired Samples Statistics (Hardwood)

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% CI Lower	95% CI Upper	Sig. (2-tailed)
Pre test (Hardwood)	.01660	5	.004393	.001965	.005426	.013774	.003
Post test (Hardwood)	.00700	5	.002000	.000894			



ภาพที่ 46 กราฟเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นไม้เนื้อแข็ง ก่อน และหลังติดตั้งระบบ

จากภาพที่ 46 เป็นกราฟแสดงให้เห็นค่าความแตกต่างของปริมาณความเข้มข้นฝุ่นไม้ที่ลดลงในทุกครั้งของการทดสอบ หลังมีการติดตั้งระบบกำจัดฝุ่นไม้ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงประสิทธิผลของการออกแบบและติดตั้งระบบกำจัดฝุ่นไม้ ที่สามารถลดปริมาณฝุ่นไม้โดยเฉลี่ยได้ถึง 59 เปอร์เซ็นต์ โดยผลที่ได้พบว่า ค่าเฉลี่ยที่ลดลงของการเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นฝุ่นไม้ ก่อนและหลังการติดตั้งระบบระบายอากาศ มีความสัมพันธ์ทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

สำหรับงานขัดตัวอย่างแผ่นไม้ผสม มีปริมาณความเข้มข้นฝุ่นไม้ลดลง หลังจากการติดตั้งระบบกำจัดฝุ่นไม้ ในทุกครั้งของการทดสอบ ดังรายละเอียดได้แสดงในตารางที่ 15 ซึ่งการเก็บตัวอย่างฝุ่นแผ่นไม้ผสม ทดสอบทั้งหมด 5 ครั้ง

ตารางที่ 15 เปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นแผ่นไม้ผสม ก่อน และหลังติดตั้งระบบ

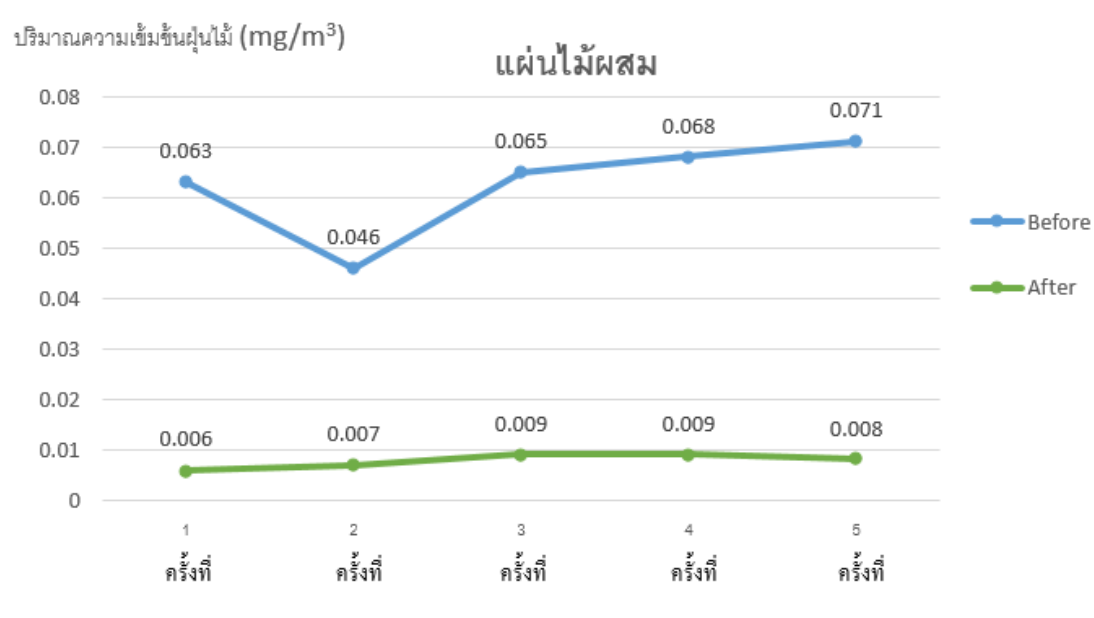
ครั้งที่	ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นไม้ก่อนการติดตั้ง (mg/m^3)	ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นไม้หลังการติดตั้ง (mg/m^3)	ปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นไม้ลดลง (mg/m^3)	ลดลงเฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์)
1	0.063	0.006	0.057	
2	0.046	0.007	0.039	
3	0.065	0.009	0.056	87%
4	0.068	0.009	0.059	
5	0.071	0.008	0.063	
เฉลี่ย	0.063	0.008	0.055	
SD	0.010	0.001		

จากตารางที่ 15 พบว่า การทดสอบการขัดงานแผ่นไม้ผสม ก่อนมีการติดตั้งระบบกำจัดฝุ่นไม้ มีปริมาณความเข้มข้นฝุ่น เฉลี่ย 0.063 mg/m^3 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.010 mg/m^3 และหลังการติดตั้งระบบกำจัดฝุ่นไม้ มีปริมาณความเข้มข้นฝุ่น เฉลี่ย 0.008 mg/m^3 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.001 mg/m^3 โดยมีปริมาณความเข้มข้นฝุ่นลดลงเฉลี่ย 0.055 mg/m^3 คิดเป็นร้อยละ 87 ของการลดลงโดยเฉลี่ยของฝุ่นแผ่นไม้ผสม โดยมีค่าเปรียบเทียบทางสถิติ Paired Samples t-Test แสดงให้เห็นค่าเฉลี่ยที่ลดลงอย่างชัดเจนของปริมาณฝุ่นไม้ ก่อน และหลังการทดสอบ ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังแสดงในตารางที่ 16

ตารางที่ 16 ค่าทางสถิติการเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นแผ่นไม้ผสม

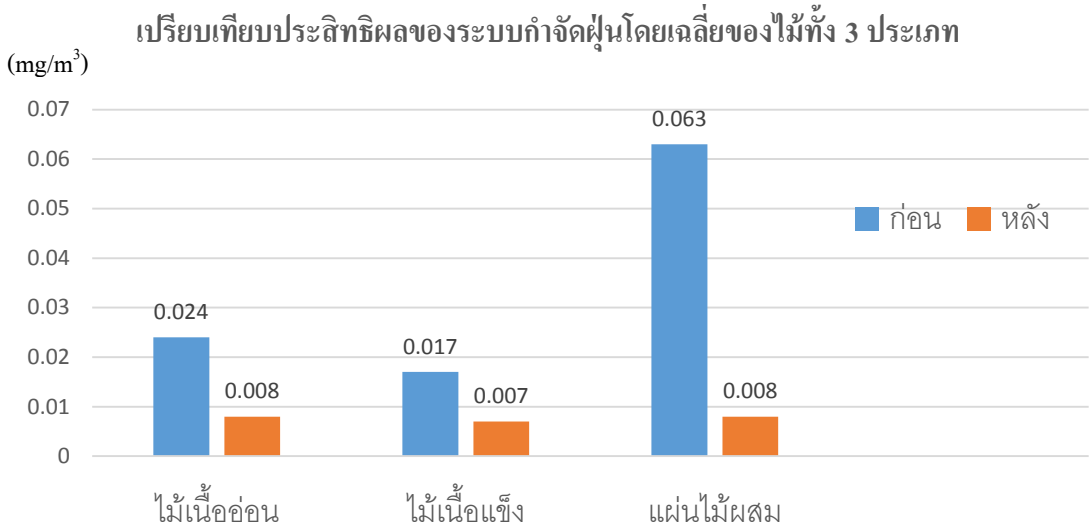
Paired Samples Statistics (Manufactured board)

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% CI Lower	95% CI Upper	Sig. (2-tailed)
Pre test	.06260	5	.009762	.004366	.043339	.066261	.000
Post test	.00780	5	.001304	.000583			



ภาพที่ 47 กราฟเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นแผ่นไม้ผสม ก่อน และหลังติดตั้งระบบ

จากภาพที่ 47 เป็นกราฟแสดงให้เห็นค่าความแตกต่างของปริมาณความเข้มข้นฝุ่นไม้ที่ลดลงในทุกครั้งของการทดสอบ หลังมีการติดตั้งระบบกำจัดฝุ่นไม้ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงประสิทธิผลของการออกแบบและติดตั้งระบบกำจัดฝุ่นไม้ โดยพบว่า แผ่นไม้ผสมเป็นประเภทไม้ที่เห็นความแตกต่างของการลดลงของฝุ่นไม้ได้มากที่สุด ที่สามารถลดปริมาณฝุ่นไม้โดยเฉลี่ยได้มากถึง 87 เปอร์เซ็นต์ โดยผลที่ได้พบว่า ค่าเฉลี่ยที่ลดลงของการเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นฝุ่นไม้ ก่อนและหลังการติดตั้งระบบระบายอากาศ มีความสัมพันธ์ทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



ภาพที่ 48 กราฟเปรียบเทียบประสิทธิผลของระบบกำจัดฝุ่นไม้โดยเฉลี่ยของไม้ทั้ง 3 ประเภท ก่อน และหลังติดตั้งระบบ

จากภาพที่ 48 แสดงการเปรียบเทียบประสิทธิผลของระบบกำจัดฝุ่นไม้ทั้ง 3 ประเภท ทั้งก่อนและหลังการติดตั้งระบบกำจัดฝุ่นไม้กับเครื่องขัดงานไม้ โดยชนิดของแผ่นไม้ผสม มีประสิทธิผลของการกำจัดฝุ่นไม้มากที่สุด โดยมีปริมาณฝุ่นไม้ลดลงโดยเฉลี่ย 87 เปอร์เซ็นต์ ชนิดของไม้เนื้ออ่อนมีปริมาณฝุ่นไม้ลดลงโดยเฉลี่ย 66 เปอร์เซ็นต์ ชนิดของไม้เนื้อแข็งมีปริมาณฝุ่นไม้ลดลงโดยเฉลี่ย 59 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

บทที่ 5
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยในครั้งนี้ได้ทำการศึกษาประสิทธิผลของการปรับปรุงระบบกำจัดฝุ่นไม้ในโรงฝึกงานวิชาอุตสาหกรรม ของโรงเรียนแห่งหนึ่งในเขตกรุงเทพมหานคร โดยการศึกษาได้ทำการเก็บตัวอย่างปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นไม้ แบบฝุ่นละอองรวม (Total dust) ที่เกิดจากเครื่องขัดงานไม้ให้เป็นไปตามวิธีการมาตรฐานของ NIOSH 0500 (NIOSH, 1994) จากนั้นนำเอาหลักการ แนวคิด และทฤษฎี มาใช้เป็นแนวทางในการออกแบบระบบกำจัดฝุ่นไม้ ประกอบด้วย ลักษณะของหัวดูดอากาศ ขนาดของท่อดูดอากาศ และกำลังของพัดลมดูดอากาศ โดยคำนึงถึงอัตราการไหลของอากาศและความเร็วลมของอากาศ เป็นสำคัญ จากนั้นทำการเก็บตัวอย่างฝุ่นไม้หลังการติดตั้งอุปกรณ์ตามที่ออกแบบไว้ และนำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบประสิทธิผลเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละของปริมาณความเข้มข้นฝุ่นไม้ โดยผลที่ได้การเปรียบเทียบประสิทธิผลของระบบกำจัดฝุ่นไม้ทั้ง 3 ประเภท ทั้งก่อนและหลังการติดตั้งระบบกำจัดฝุ่นไม้กับเครื่องขัดงานไม้ ซึ่งชนิดของแผ่นไม้ผสม มีประสิทธิผลของการกำจัดฝุ่นไม้มากที่สุด โดยมีปริมาณฝุ่นไม้ลดลงโดยเฉลี่ย 87 เปอร์เซ็นต์ ชนิดของไม้เนื้ออ่อนมีปริมาณฝุ่นไม้ลดลงโดยเฉลี่ย 66 เปอร์เซ็นต์ และชนิดของไม้เนื้อแข็งมีปริมาณฝุ่นไม้ลดลงโดยเฉลี่ย 59 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

สรุปผลการวิจัย

โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบระบบระบายอากาศเฉพาะที่สำหรับงานขัดเตรียมไม้ โดยการศึกษาปริมาณฝุ่นไม้ที่เกิดขึ้นจากเครื่องขัดไม้ในโรงฝึกงาน และทำการเปรียบเทียบประสิทธิผลของการระบายฝุ่นไม้ เพื่อให้สามารถลดปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นไม้ ซึ่งได้ออกแบบลักษณะหัวดูด ให้เป็นหัวดูดแบบเรียบ ใช้ท่อยางดูดอากาศแบบผิวเรียบ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 45 mm และความยาว 1.5 m ทำการตรวจวัดความเร็วของอากาศบริเวณหน้าหัวดูดเท่ากับ 14.73 m/s ซึ่งมีค่าสูงกว่าความเร็วต่ำสุดที่ต้องการ โดยสอดคล้องกับการตรวจวัดค่าความเร็วลมบริเวณหน้าช่องนำอากาศ และค่าความเร็วภายในท่อที่ได้ตามค่ามาตรฐาน ทำให้ผลการวิเคราะห์และคำนวณได้พบว่าระบบระบายอากาศที่ออกแบบใหม่ต้องใช้พัดลมดูดอากาศที่มีค่าอัตราการไหล 1,353 cfm เมื่อเทียบกับพัดลมดูดอากาศที่ใช้อยู่เดิม ทำให้สามารถลดการใช้พลังงานลงได้ และยังจะทำให้ความเร็วหน้าฮูดและความเร็วภายในท่อเป็นไปตามค่ามาตรฐาน ACGIH ซึ่งจะส่งผลให้การระบาย

อากาศภายในห้อง PL-Z มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (ศรีรัตนา วาณิช อดิศักดิ์ และชวลิต กิตติชัยการ, 2552) และยังได้มีการระบุถึงข้อมูลการขนถ่ายวัตถุโดยกล่าวว่าความเร็วลมที่ใช้ในการพาขี้เลื่อยที่มีความหนาแน่น 192.22 kg/m^3 มีค่าเท่ากับ 3,500 fpm (สุธรรม นิยมวาส และบัญญัติ นิยมวาส, 2549) ใช้พัดลมมอเตอร์ไฟฟ้าแบบ Single phase 1200W Vacuum motor 12500 rpm เป็นพัดลมแบบซี่ใบพัดเอนหลัง (Backward inclined blade fans) ใช้กำลังไฟฟ้าขนาด 230V 50Hz 13A ติดตั้งเข้ากับเครื่องขัดงานไม้ ผลการเก็บตัวอย่างฝุ่นไม้ ก่อน และหลังการติดตั้งระบบกำจัดฝุ่นไม้ ชนิดของแผ่นไม้ผสม มีประสิทธิผลของการกำจัดฝุ่นไม้มากที่สุด โดยมีปริมาณฝุ่นไม้ลดลงโดยเฉลี่ย 87 เปอร์เซ็นต์ ชนิดของไม้เนื้ออ่อนมีปริมาณฝุ่นไม้ลดลงโดยเฉลี่ย 66 เปอร์เซ็นต์ และชนิดของไม้เนื้อแข็งมีปริมาณฝุ่นไม้ลดลงโดยเฉลี่ย 59 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งลักษณะของฝุ่นจากแผ่นไม้ผสมมีปริมาณฝุ่นที่เกิดขึ้นมากกว่าฝุ่นจากไม้ชนิดอื่น เนื่องมาจากกรรมวิธีขั้นตอนของการผลิตแผ่นไม้ผสม คือการนำเอาเศษไม้มาย่อย บดเป็นผง แล้วจึงนำมาผสมกาว อัดขึ้นรูปเป็นแผ่น ทำให้การแปรรูปแผ่นไม้ผสม มีปริมาณฝุ่นมากกว่าการแปรรูปไม้ชนิดอื่นที่เป็นไม้จริง ภายหลังการติดตั้งระบบกำจัดฝุ่นไม้ จึงทำให้ผลของการกำจัดฝุ่นไม้ของชนิดแผ่นไม้ผสม มีปริมาณการลดลงเฉลี่ยของฝุ่นไม้มากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ได้ทำการประเมินประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศเฉพาะที่ ในการควบคุมฝุ่นละอองและความเข้มข้นของฝุ่นในระหว่างการบดและการตัดคอนกรีต ในการออกแบบระบบดำเนินการภายใต้สภาวะที่มีการควบคุมอัตราการระบายอากาศ 3 ครั้ง (0, 30 และ 75 cfm) การระบายอากาศแต่ละครั้งทำการจำลองแบบตามลำดับ รวมทั้งหมด 9 ครั้ง ทำงาน 15 นาทีต่อหัวข้อการศึกษา ส่งผลให้การรับสัมผัสฝุ่นละออง มีค่าเฉลี่ยระดับการรับสัมผัสที่ 75 cfm น้อยกว่า ระดับการรับสัมผัสที่ 30 cfm ที่ ($p < 0.05$) แม้ว่าจะมีการควบคุมที่ไม่สมบูรณ์ แต่ระบบระบายอากาศเฉพาะที่ ก็ยังเป็นสิ่งที่จำเป็นต้องมี เพราะจะช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดโรคได้ ทำให้คนงานสามารถใช้ระบบระบายอากาศในการป้องกันการรับสัมผัสที่ทำให้เกิดโรคทางเดินหายใจในช่วงเวลาทำงาน ลดการรับสัมผัสฝุ่นกับคนงานในบริเวณใกล้เคียง และลดการทำความสะอาดฝุ่นละอองที่เกิดขึ้นบริเวณที่ทำงาน (Croteau, Guffey, Flanagan, & Seixas, 2012) ซึ่งตรงตามสมมุติฐานและประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย ที่ว่าระบบระบายอากาศที่มีประสิทธิภาพจะสามารถระบายฝุ่นได้มากขึ้น และทำให้ปริมาณฝุ่นไม้ที่มีอยู่ในพื้นที่การทำงานลดลง ทั้งยังช่วยลดความเสี่ยงต่อการเจ็บป่วยด้วยโรคระบบทางเดินหายใจของนักเรียนได้

อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาและออกแบบระบบกำจัดฝุ่นไม้ เพื่อลดปริมาณฝุ่นไม้ที่เกิดขึ้นจากเครื่องขัดงานไม้ในโรงฝึกงาน เนื่องจากระบบกำจัดฝุ่นที่มีขายอยู่ในปัจจุบันไม่สามารถตอบสนองความต้องการของโรงฝึกงานได้ หลังจากการทดลองพบว่า สามารถลดต้นทุนได้ โดยชิ้นส่วนวัสดุ และต้นทุนของระบบกำจัดฝุ่นในท้องตลาดมีราคาอยู่ที่ 36,600 บาท (พรเทพ แก้วเชื้อ, 2555) ซึ่งในการออกแบบและจัดสร้างระบบกำจัดฝุ่นไม้ในครั้งนี้ มีต้นทุนค่าวัสดุอุปกรณ์เพียง 8,500 บาท สามารถลดต้นทุนได้ คิดเป็นร้อยละ 76.77 และตรงกับความต้องการของโรงฝึกงาน ซึ่งมีความสอดคล้องกับงานวิจัยที่ได้พัฒนาเครื่องเลื่อยไม้โดยการพัฒนาระบบกำจัดฝุ่น ให้สอดคล้องกับความต้องการของบริษัท เนื่องจากระบบกำจัดฝุ่นที่มีขายอยู่ในท้องตลาดมีราคาสูงและไม่สอดคล้องกับความต้องการของบริษัท งานวิจัยนี้จึงได้ใช้เทคนิคของวิศวกรรมคุณค่าในการพัฒนาระบบกำจัดฝุ่นให้ตรงกับความต้องการของบริษัท หลังการทดลองเครื่องเลื่อยไม้ที่พัฒนาระบบกำจัดฝุ่นในระยะเวลา 3 เดือน พบว่าฝุ่นลดลงร้อยละ 95 สามารถลดปัญหาเครื่องจักรหยุดการทำงานลงได้ร้อยละ 100 และสามารถพัฒนาระบบกำจัดฝุ่นในราคา 24,500 บาท ซึ่งประหยัดต้นทุนกว่าแบบที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดถึง 12,100 บาท (พรเทพ แก้วเชื้อ, 2555) และเมื่อเทียบกับการลดความเสี่ยงของการเกิดโรคเนื่องจากสัมผัสฝุ่นจากการทำงานของผู้ปฏิบัติงาน ส่งผลดีต่อสุขภาพกายและใจ ทำให้ผู้ปฏิบัติงานมีทัศคติที่ดีต่องาน และดีต่อกิจการในระยะยาว (พรนิภา บริบูรณ์สุขศรี และณัฐ จันท์ครบ, 2555) ซึ่งมีผลสอดคล้องกับประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัยนี้ โดยนำหลักการและเทคนิค มาใช้กับการออกแบบระบบกำจัดฝุ่นไม้ได้อย่างถูกต้อง รวดเร็ว ในราคาที่ประหยัดและเป็นประโยชน์ต่อโรงฝึกงานอื่น ๆ ที่มีงบประมาณจำกัด

นอกจากนี้การลดปริมาณฝุ่นไม้ในโรงฝึกงานยังช่วยลดความเสี่ยงต่อการเจ็บป่วยด้วยโรคระบบทางเดินหายใจของนักเรียน ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาที่พบว่าอาชีพที่รับสัมผัสฝุ่นไม้บ่อยที่สุดในประชากรที่ศึกษา อยู่ในอุตสาหกรรมก่อสร้าง อุตสาหกรรมงานไม้และเฟอร์นิเจอร์ โดยพบความเสี่ยงที่เพิ่มขึ้นของโรคมะเร็งปอดในคนงานที่มีการรับสัมผัสกับฝุ่นไม้ในการศึกษาครั้งที่หนึ่ง โดยศึกษาในกลุ่มประชากรที่เป็นมะเร็ง (OR = 1.4: 95% confidence interval 1.0;-2.0) และในการศึกษาครั้งที่สอง (OR = 1.7: 95% confidence interval 1.1- 2.7) ซึ่งเป็นหลักฐานแสดงให้เห็นความเสี่ยงที่เพิ่มขึ้นของการเกิดโรคมะเร็งปอดที่ชัดเจนในหมู่คนงานที่มีการรับสัมผัสกับฝุ่นไม้สะสม (Vallières, Pintos, Parent, & Siemiatycki, 2015)

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นความสามารถในการกำจัดปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นไม้ของระบบระบายอากาศ โดยการนำหลักการ และเทคนิค มาใช้ในการออกแบบระบบกำจัดฝุ่นไม้ โดยใช้อุปกรณ์ที่สามารถหาได้ ในราคาที่ประหยัด และสามารถลดปริมาณฝุ่นไม้ได้จริงตามเกณฑ์

มาตรฐานอาชีวอนามัยและความปลอดภัยในการทำงาน ซึ่งสอดคล้องโดยตรงกับงานวิจัยการออกแบบติดตั้งและประเมินผลระบบระบายอากาศในการดูดฝุ่นสำหรับเครื่องบด โดยการออกแบบระบบระบายอากาศใหม่ของเครื่องดูดฝุ่นใช้สำหรับการควบคุมฝุ่น หลังจากติดตั้งระบบแล้วได้มีการประเมินประสิทธิผลในการลดการรับสัมผัสของแรงงานในโรงงานและความสามารถในการเก็บฝุ่น ผลการทดสอบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างความเข้มข้นของอนุภาคทั้งในและนอกระบบระบายอากาศพบว่า ($P < 0.05$) ระบบนี้สามารถลดปริมาณความเข้มข้นฝุ่นลง 93.01% และ 64.64% ตามลำดับ นอกจากนี้ผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงผลที่ดีกับค่าพารามิเตอร์ของระบบระบายอากาศที่ได้รับการออกแบบ การใช้วิธีการกักเก็บฝุ่นแบบบูรณาการเป็นตัวเลือกที่ดีในอุตสาหกรรมที่มีข้อจำกัดด้านการเงินและทางเทคนิค ในการปรับปรุงกระบวนการและอุปกรณ์การเลือกวิธีการออกแบบและจัดสร้างเพื่อให้บรรลุตามมาตรฐานด้านสุขอนามัยและสิ่งแวดล้อม ไม่เพียงแต่สามารถแก้ไขปัญหามลพิษได้เท่านั้น แต่ยังเป็นเหตุผลเชิงเศรษฐศาสตร์ของโครงการดังกล่าวด้วยการลดค่าเสื่อมราคาและการรีไซเคิลฝุ่น (Moradi, & Bahrami, 2015) และเป็นไปตามประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัยนี้ โดยสามารถนำไปใช้เป็นมาตรฐานสำหรับควบคุมฝุ่นในโรงฝึกงานต่อไปได้

จากการสรุปผลการศึกษาวิจัย แสดงให้เห็นว่าปริมาณความเข้มข้นของฝุ่นไม้ลงลดได้โดยการใช้หลักการ และวิธีคิดคำนวณมาออกแบบระบบกำจัดฝุ่นไม้ แต่อย่างไรก็ตามยังมีข้อจำกัดของการศึกษาทดลองในงานวิจัยครั้งนี้ ดังต่อไปนี้

1. กลุ่มตัวอย่างฝุ่นที่ทำการทดลองเก็บตัวอย่าง เป็นฝุ่นไม้เพียง 3 ประเภท ที่มีการใช้งานจริงภายในโรงฝึกงาน

2. การตรวจวัดความเร็วลมของระบบกำจัดฝุ่นไม้ที่ออกแบบขึ้นมา ใช้เครื่องมือตรวจวัดความเร็วลม (Anemometer) ที่มีขนาดของใบพัดที่ใช้ตรวจวัดความเร็วลมที่ใหญ่เกินไป จะมีแรงเสียดทานสูง ทำให้ความแม่นยำน้อยลง

3. การศึกษาวิจัย ใช้พัดลมมอเตอร์ไฟฟ้าแบบ Single phase 1200W Vacuum motor 12500 rpm เป็นพัดลมแบบซี่ใบพัดเอนหลัง (Backward inclined blade fans) ใช้กำลังไฟฟ้าขนาด 230V 50Hz 13A ในการศึกษาทดลองเพียงแบบเดียว

ข้อเสนอแนะ

การนำผลการศึกษาไปใช้

1. จากการศึกษาและออกแบบระบบกำจัดฝุ่นไม้ ควรนำวิธีการที่ผู้วิจัยได้ศึกษาไปปรับปรุงใช้กับการศึกษาประสิทธิผลของระบบกำจัดฝุ่นกับเครื่องจักรชนิดอื่น ๆ หรือกับลักษณะฝุ่นแบบอื่น ๆ ต่อไป

2. สามารถนำไปพัฒนาใช้เป็นมาตรฐานสำหรับการควบคุมฝุ่นไม้ในโรงฝึกงาน

การศึกษาครั้งต่อไป

1. ควรทำการศึกษากับหัวดูดอากาศแบบอื่น การเปลี่ยนขนาดและความยาวของท่อดูดอากาศให้สั้นลง และลดจุดโค้งงอ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบกำจัดฝุ่น เช่น ทำให้มีความเร็วลมภายในท่อและหัวดูดเพิ่มขึ้น อัตราการไหลของอากาศภายในระบบสูงขึ้น ลดการสูญเสียในจุดโค้งงอในระบบลง

2. ควรศึกษาการจัดสร้างอุปกรณ์กับวัสดุอื่น ๆ เพื่อเปรียบเทียบคุณภาพ ประสิทธิภาพและราคา ให้เหมาะสมมากยิ่งขึ้น

3. ควรมีการสอบถามอาการเจ็บป่วยด้วยโรคระบบทางเดินหายใจและโรคผิวหนังของนักเรียน เพื่อยืนยันว่าระบบกำจัดฝุ่นไม้ สามารถช่วยลดอัตราการเจ็บป่วยด้วยโรคดังกล่าวได้

4. สามารถนำไปใช้ศึกษาวิเคราะห์ข้อมูลเชิงกลุ่ม (Relative risk) ในการหาค่าความเสี่ยงสัมพัทธ์ การเกิดโรคระบบทางเดินหายใจจากการรับสัมผัสฝุ่นไม้ในโรงฝึกงาน

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ. (2559). *ตลาดเฟอร์นิเจอร์ในประเทศออสเตรเลีย. สำนักงานส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ ณ นครซิดนีย์.* กระทรวงพาณิชย์.

กฤษณา ศุภจิตรานท์ และนันทิยา หาญศุภลักษณ์. (2554). *การควบคุมปริมาณไอระเหยของน้ำมันก๊าดในกระบวนการเตรียมผิวชิ้นงานด้วยระบบระบายอากาศเฉพาะที่.* วิทยานิพนธ์สาขาวิศวกรรมความปลอดภัย, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ฉัตรชัย นิมมล. (2550). *ระบบกำจัดฝุ่นและระบายอากาศ.* กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี : (ญี่ปุ่น-ไทย).

ชื่นกมล สุขดี ชวพรพรรณ จันทร์ประสิทธิ์ และวันเพ็ญ ทรงคำ. (2553). ภาวะสุขภาพและพฤติกรรมปกป้องสุขภาพ ของคนงานผลิตเครื่องเรือนไม้ในอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดย่อม. *วารสารสภาการพยาบาล, 25*(3), 121-139.

บัญญัติ นิยมวาส และประทีป ทิพย์ประชา. (2557). *ผลของความชื้นต่อความเร็วลมต่ำสุดในการขนส่งฝุ่นขี้เลื่อย.* วิทยานิพนธ์สาขาวิศวกรรมเครื่องกล, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม. (2555). *การเก็บและวิเคราะห์อนุภาคแขวนลอยในอากาศในสภาวะแวดล้อมการทำงาน.* ราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศและงานทั่วไป เล่ม 129 ตอนพิเศษ 129 ง.

ประมุข โอศิริ. (2556). *การเก็บตัวอย่างอากาศและการควบคุมคุณภาพ.* กรุงเทพฯ: ภาควิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย, มหาวิทยาลัยมหิดล.

ปิยะพงษ์ หล้าคำเปียง วัชรพล กาวิตา และอภิรมณ์ ทิสาระ. (2550). *การออกแบบและพัฒนาเครื่องเก็บฝุ่น.* วิทยานิพนธ์สาขาเทคโนโลยีอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง.

พรเทพ แก้วเชื้อ. (2555). *การประยุกต์ใช้วิศวกรรมคุณค่าในการพัฒนาระบบกำจัดฝุ่นของเครื่องเลื่อยไม้.* กรุงเทพฯ: ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและโลจิสติกส์, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร.

พรนิภา บริบูรณ์สุขศรี และณัฐ จันท์ครบ. (2555). *การออกแบบและทดสอบประสิทธิภาพระบบระบายอากาศแบบเฉพาะที่เพื่อควบคุมฝุ่นจากงานขัด กรณีศึกษาโรงหล่อพระ.* กรุงเทพฯ: คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์.

วันทนี พันธุ์ประสิทธิ์. (2557). *การระบายอากาศในโรงงานอุตสาหกรรม สำหรับนักสุขศาสตร์อุตสาหกรรม และนักชีวอนามัย* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: ภาควิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

วีรนุช ปุยภิรมย์. (2556). *การศึกษาปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนจากการจราจรที่มีต่อสุขภาพของเด็กนักเรียน กรณีศึกษาโรงเรียนในตำบลบางกระสอ อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี.* วิทยานิพนธ์สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม, ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ศรีรัตนา วาณิชอดิศักดิ์ และชวลิต กิตติชัยการ. (2552). *การออกแบบระบบระบายอากาศในโรงงานผลิตเคมี กรณีศึกษา การระบายอากาศในห้อง PL-Z.* วิทยานิพนธ์สาขาวิชาวิศวกรรมความปลอดภัย, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศิริวรรณ วันทอง. (2559). *ประสิทธิผลของอุปกรณ์ดูดฝุ่นหินจากงานเจียรครกหิน.* วิทยานิพนธ์สาขาวิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย, คณะสาธารณสุขศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

สถาบันวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมอุตสาหกรรมการผลิต (SMI). (2554). *โครงการเสริมสร้างความแข็งแกร่งให้ SMEs ภาคการผลิต เพื่อรองรับการเข้าสู่ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน (ASEAN Economic Community: AEC).* กรุงเทพฯ: กลุ่มอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์, สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย.

สภาวิศวกร. (2559). *ระบบควบคุมมลพิษทางอากาศ.* เข้าถึงได้จาก http://www.coe.or.th/coe-2/Download/Articles/ENV/CH6.pdf

สมศักดิ์ แต้มบุญเลิศชัย. (2558). อนาคตของอุตสาหกรรมไทย. *วารสารเศรษฐศาสตร์ธรรมศาสตร์, 33*(2).

สุดารัตน์ ปาหลวง. (2558). *การศึกษาปริมาณฝุ่นขนาด PM10 ภายในอาคารคณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร*. วิทยานิพนธ์สาขาวิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยนเรศวร.

สุธรรม นิยมวาส และบัญญัติ นิยมวาส. (2549). *เครื่องจักรกลของไหล (Fluid Machinery).* กรุงเทพฯ: วิทยพัฒน์.

เสาวภา เพชรสังฆาต. (2550). *การออกแบบระบบระบายอากาศ สำหรับงานเชื่อมโลหะในอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์.* วิทยานิพนธ์สาขาวิศวกรรมความปลอดภัย, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อนามัย (ธีรวิโรจน์) เทศกะทึก. (2556). *อาชีวอนามัยและความปลอดภัย.* กรุงเทพฯ: โอ.เอส.พริ้นติ้งเฮ้าส์.

อำนวย ชัยชนะ. (2553). *การศึกษาการออกแบบและประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบระบายอากาศเฉพาะที่ในงานเจียรชิ้นงาน.* วิทยานิพนธ์สาขาวิศวกรรมความปลอดภัย, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

American Conference of Governmental Industrial Hygienist. (2003). *Industrial ventilation: A manual of recommended practice* (24th ed.). n.p.

Croteau, G. A., Guffey, S. E., Flanagan, M. E., & Seixas, N. S. (2012). The effect of local exhaust ventilation controls on dust exposures during concrete cutting and grinding activities. *AIHA Journal, 63*(4), 458-467.

Hancock, D. G., Langley, M. E., Chia, K. L., Woodman, R. J., & Shanahan, E. M. (2015). *Wood dust exposure and lung cancer risk: a meta-analysis*. Department of Rheumatology, School of Medicine, Flinders University, Australia.

Jerie, S. (2012). Occupational health and safety problems among workers in the wood processing industries in Mutare, Zimbabwe. *Journal of Emerging Trends in Economics and Management Sciences (JETEMS), 3*(3), 278-285.

Kulkani, C. M., Mahesh, H. K., & Manjunatha, A. (2016). Measurement of wood dust particle size by optical microscopy technique and long-term effect on sawmill workers: a random study. *Asian J Pharm Clin Res, 9*(3), 308-311.

Luca, A., Marta, R., Claudia, M., Francesco, B.-V., & Leonardo, C. (2016). *Effect of processing on the environmental stress cracking resistance of high-impact polystyrene*. Politecnico di Milano, Dipartimento di Chimica, Materiali e Ingegneria Chimica “Giulio Natta”, Piazza L. Da Vinci, 32, Milano Italy.

Moradi, M., & Bahrami, A. (2015). Design, Implementation & Assessment of Local Exhaust Ventilation System and dust collectors for crushing unit. *Journal of Occupational Hygiene Engineering, 2*(2), 33-42.

National Institute of Occupational Health and Safety [NIOSH]. (1994). *NIOSH manual of analytical method.* Available from http://www.cdc.gov/niosh/docs/2003-154/pdfs/0500.pdf. Retrieved July 2018.

Phayong, T., Vivien, F. F., Fadrilan, C., & Wattasit, S. (2017). Respiratory symptoms and ventilatory function defects among Para rubber wood sawmill workers in the south of Thailand. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal, 23*(4), 788-797.

Sriproed, S., Osiri, P., Sujirarat, D., Chantanakul, S., Harncharoen, K., Ong-artborirak, P., & Woskie, S. R. (2013). Respiratory effects among rubberwood furniture factory workers in Thailand. *Archives of environmental & occupational health, 68*(2), 87-94.

Thetkathuek, A., Yingratanasuk, T., Demers, P. A., Thepaksorn, P., Saowakhontha, S., & Keifer, M. C. (2010). Rubberwood dust and lung function among Thai furniture factory workers. *International Journal of Occupational and Environmental Health, 2010,* 70-71.

Tobin, E. A., Ediagbonya, T. F., Okojie, O. H., & Asogun, D. A. (2016). *Occupational exposure to wood dust and respiratory health status of Sawmill workers in South-South Nigeria.* Department of Chemical Sciences, Ondo State University of Science & Technology Okitipupa, Nigeria.

Vallières, E., Pintos, J., Parent, M.-E., & Siemiatycki, J. (2015). Occupational exposure to wood dust and risk of lung cancer in two population-based case-control studies in Montreal, Canada. *Environmental Health, 14*(1), 1.

Welling, I., Lehtimäki, M., Rautio, S., Lähde, T., Enbom, S., Hynynen, P., & Hämeri, K. (2008). Wood dust particle and mass concentrations and filtration efficiency in sanding of wood materials. Journal of Occupational and Environmental Hygiene, 6(2), 90-98.

ต้นฉบับไม่ปรากฏ

ภาคผนวก