บทที่ 7

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

7.1 สรุปผลการทดลอง

ในงานวิจัยนี้จะแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อระบบระบายอากาศชนิดไหลในแนวดิ่ง โดยแบ่งการพิจารณาเป็น 2 แบบ คือ 1) พิจารณาความเข้มข้นของอนุภาคในแต่ละช่วงขนาด เพื่อดูพฤติกรรมการระบายอนุภาคแต่ละช่วงขนาด 2) พิจารณาความเข้มข้นรวมของอนุภาคว่ามีประสิทธิภาพการระบายอากาศรวมเป็นอย่างไร

ส่วนที่สองศึกษาเบื้องต้นของพฤติกรรมการไหลของอากาศของระบบระบายอากาศชนิดไหลในแนวดิ่ง โดยใช้เทคนิค Computational Fluid Dynamics (CFD) โดยสามารถสรุปได้ดังนี้

7.1.1 การศึกษาระบบระบายอากาศชนิดไหลในแนวดิ่ง

1.อิทธิพลของความเร็วลมในแนวดิ่ง

ก. เมื่อพิจารณาความเข้มข้นของอนุภาคในแต่ละช่วงขนาด ในกรณีความสูงของผนังห้อง 2 เมตร และ1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวดิ่งเพิ่มขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคขนาดใหญ่กว่า 1 ไมโครเมตรที่หนีออกจากด้านบนห้องมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากผลจากแรงเฉื่อย (Inertia Effect) และผลจากแรงโน้มถ่วง (Gravity Effect) เสริมกัน ส่งผลให้อนุภาคฟุ้งกระจายขึ้นด้านบนได้น้อยลง ในทางตรงกันข้ามความเข้มข้นของอนุภาคขนาดเล็กกว่า 1 ไมโครเมตรที่หนีออกจากด้านบนห้องมีค่าลดลงที่ความเร็วลมในแนวดิ่งประมาณ 0.3 เมตรต่อวินาทีและกลับเพิ่มขึ้นที่ความเร็วลมในแนวดิ่งประมาณ 0.5 เมตรต่อวินาที เนื่องจากเมื่อความเร็วลมในแนวดิ่งเพิ่มขึ้นถึงระดับหนึ่ง ทำให้ความปั่นป่วนมากขึ้น(ค่าเรย์โนลดส์เพิ่มขึ้น) อีกทั้งผลจากการเคลื่อนที่แบบบราวเนียน (Brownian Motion) ทำให้อนุภาคขนาดเล็กกว่าไมโครเมตรฟุ้งกระจายขึ้นและหนีเล็ดลอดออกไปได้มากขึ้น

ข. เมื่อพิจารณาความเข้มข้นรวมของอนุภาคทุกขนาด ในกรณีของความสูงของผนังห้อง 2 เมตร และ1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมในแนวดิ่งเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการระบายอากาศมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากอนุภาคขนาดใหญ่มีมวลมากกว่าอนุภาคขนาดเล็กหลายสิบหลายร้อยเท่า ดังนั้นแนวโน้มที่เห็นจึงเหมือนกับกรณีของอนุภาคขนาดใหญ่

ค. เปรียบเทียบกรณีผนังสูง 1.5 เมตร และ2 เมตร เมื่อความเร็วลมในแนวดิ่งเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตรจะมีแนวโน้มต่ำกว่าประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตรเล็กน้อย(ประมาณ 0.97-1.00 [-]) ในกรณีปิดพัดลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง แต่ในกรณีเปิดพัดลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องจะมีแนวโน้มต่ำกว่าชัดเจนมากขึ้น (ประมาณ 0.77-0.97 [-]) เนื่องจากเมื่อความสูงของผนังห้องน้อยลงโอกาสที่อนุภาคฟุ้งออกจากด้านบนห้องจะมากขึ้น

2.อิทธิพลของความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง

ก. เมื่อพิจารณาความเข้มข้นของอนุภาคแต่ละช่วงขนาดที่ความสูงของห้อง 2 เมตร และ 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องเพิ่มขึ้น ความเข้มข้นของอนุภาคทุกขนาดตั้งแต่ใหญ่จนเล็กที่หนีออกจากด้านบนของห้องจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีความปั่นป่วนของกระแสอากาศมากขึ้น ส่งผลให้อากาศไม่สามารถคงทิศทางการเคลื่อนที่ในแนวดิ่งอย่างสม่ำเสมอได้ ดังนั้นทำให้อนุภาคฟุ้งกระจายขึ้นด้านบนมากขึ้น

ข. เมื่อพิจารณาความเข้มข้นรวมของอนุภาคทุกขนาด ที่ความสูงของห้อง 2 เมตร และ 1.5 เมตร พบว่าเมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการระบายอากาศมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้อง ทำให้อากาศภายในห้องปั่นป่วนมากขึ้น

ค. เปรียบเทียบความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร และ 2 เมตร เมื่อความเร็วลมที่เป่ารบกวนกระแสอากาศภายในห้องเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตรจะมีแนวโน้มต่ำกว่าประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร เนื่องจากเมื่อความสูงของผนังห้องน้อยลงโอกาสที่อนุภาคฟุ้งออกจากด้านบนห้องจะมากขึ้น

3. อิทธิพลของสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง

ก.ในกรณีความสูงของผนังห้อง 2 เมตร และ1.5 เมตร พบว่าเมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรงลดลง ทำให้ประสิทธิภาพการระบายอากาศลดลง เนื่องจากการลดพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง ทำให้กระแสอากาศมีการเลี้ยวกหาทางออกมากขึ้น ดังนั้นอากาศมีการไหลในแนวดิ่งน้อยลง โอกาสที่อนุภาคจะไม่ไหลไปตามกระแสอากาศและฟุ้งกระจายขึ้นด้านบนจึงเพิ่มขึ้น

ข. เปรียบเทียบความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตร และ 2 เมตร เมื่อสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรงลดลง ประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ความสูงของผนังห้อง 1.5 เมตรจะมีแนวโน้มต่ำกว่าประสิทธิภาพการระบายอากาศที่ความสูงของผนังห้อง 2 เมตร เนื่องจากเมื่อความสูงของผนังห้องน้อยลงโอกาสที่อนุภาคฟุ้งออกจากด้านบนห้องจะมากขึ้น

อนึ่งในการทดลองได้ตั้งสมมุติฐานคือ การกระจายขนาดอนุภาคแต่ละการทดลองคงที่ ซึ่งในความเป็นจริงแล้วเป็นไปไม่ได้ บางการทดลองอาจจะมีอนุภาคขนาดเล็กมากกว่าปกติในแง่จำนวน แต่บางการทดลองอาจจะมีอนุภาคขนาดใหญ่มากกว่าปกติ รวมทั้งขณะทำการทดลองอาจมีลมภายนอกพัดเข้ามา ซึ่งเป็นแฟกเตอร์ที่ไม่สามารถควบคุมได้ ถือว่าเป็นสิ่งรบกวนในการทดลอง แต่ทั้งนี้เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของการทดลองได้ทำการทดลองซ้ำในกรณีสัดส่วนพื้นที่เปิดของพื้นตะแกรง 100 % ของพื้นที่ด้านล่างทั้งหมด ที่ความเร็วลมในแนวดิ่ง 0.1 , 0.3 และ 0.5 เมตรต่อวินาที เมื่อความเร็วลมที่เป่าภายในห้อง เท่ากับ 0 (Fan Off) , 3.91 (Fan Low) และ 5.36 (Fan High) เมตรต่อวินาทีตามลำดับ ปรากฏว่ามีแนวโน้มใกล้เคียงกัน ดังนั้นในการทดลองแต่ละครั้งจึงน่าเชื่อถือ อีกทั้งระบบระบายอากาศในแนวดิ่งได้ทำการวัดความเข้มข้นของอนุภาคภายในห้องที่ระดับจมูกของคน (สูงจากพื้น 1.5 เมตร) โดยอ้างอิงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องจากสันติ ปิยลาภ และเกรียงไกร ซึ่งได้ใช้ชุดทดลองเดียวกัน แต่ทว่าภายในห้องได้ทำการป้อนความเข้มข้นของอนุภาคประมาณ 15 g/m^3 (Total dust) ซึ่งเมื่อเทียบกับแหล่งกำเนิดอนุภาคภายในโรงงานเท่ากับ 15.85 mg/m^3 (Total dust) :จะเข้มข้นกว่าประมาณ 1000 เท่า พบว่า ความเข้มข้นของอนุภาคภายในห้องก็ยังมีค่าไม่เกินมาตรฐานที่กฎหมายกำหนดดังที่กล่าวไว้ในงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

7.1.2 **การศึกษาพฤติกรรมการไหลของอากาศของระบบระบายอากาศชนิดนี้โดยใช้เทคนิค** Computational Fluid Dynamics (CFD)

ในการศึกษาการกระจายตัวของความเร็วของอากาศที่เกิดขึ้นในระบบระบายอากาศชนิดนี้ โดยใช้เทคนิค CFD ซึ่งเป็นเทคนิคที่ใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์การไหลของของไหลในระบบที่ต้องการศึกษาโดยใช้วิธีการคำนวณเชิงตัวเลข (Numerical) เพื่อแก้ชุดสมการที่เป็นตัวแทนของระบบที่ทำการศึกษา คือ สมการอนุรักษ์มวล สมการอนุรักษ์โมเมนต์ตัม และแบบจำลองการไหลแบบปั่นป่วน ซึ่งกรณีความเร็วขาเข้าของอากาศเท่ากับ 0.1 เมตรต่อวินาที (Re = 11,059) ใช้ Low $k-\varepsilon$ model ส่วนกรณีความเร็วขาเข้าของอากาศเท่ากับ 0.33 (Re = 36,497) และ 0.48 (Re = 53087)เมตรต่อวินาทีใช้ $k-\varepsilon$ model เนื่องจากค่าเรย์โนลดส์นัมเบอร์ (Re) ที่เหมาะสมของ Low $k-\varepsilon$ model และ $k-\varepsilon$ model เท่ากับ 5,000 ถึง 30,000 และ มากกว่า 30,000 ตามลำดับ (Launder และ Spalding) เมื่อนำผลที่ได้จากการทดลองมาเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อทำการตรวจสอบความถูกต้องและความแม่นยำในการทำนายผล พบว่าความเร็วของอากาศมีแนวโน้มของการกระจายตัวในทิศทางเดียวกันกับผลการทดลอง

อนึ่งประโยชน์ของการทำนายพฤติกรรมการไหลของอากาศ คือในการทดลองนั้นไม่สามารถมองเห็นการไหลของอากาศได้ แต่การจำลองนั้นทำให้เห็นเวกเตอร์การไหลของอากาศ ทำให้สามารถทราบถึงตำแหน่งคนงานควรจะทำงานอยู่ตำแหน่งใดภายในห้อง เพื่อให้ได้รับมลพิษที่น้อยที่สุด ซึ่งจากผลการจำลองควรยืนอยู่ตำแหน่งเหนือลมของแหล่งกำเนิดฝุ่น

7.2 <u>ข้อเสนอแนะ</u>

1. ในงานวิจัยนี้ใช้ในทดสอบการระบายฝุ่นออกจากห้องดังนั้นในงานวิจัยต่อไปควรทดสอบกับฝุ่นชนิดที่ต่างกัน และสารระเหยง่าย เพื่อขยายผลการทดลองต่อไป

2. การประยุกต์ใช้งานวิจัยนี้คาดว่าจะสามารถควบคุมและลดปริมาณฝุ่นที่ปล่อยออกมาได้ดีพอ แต่ต้องคำนึงถึงปัญหาในการก่อสร้างที่ติดตามมา คือ ต้องยกระดับพื้นห้องขึ้นมาและการบำบัดน้ำทิ้ง

3. ในการจำลองปรากฏการณ์การไหลภายในห้องระบายอากาศโดยเทคนิค CFD ในที่นี้เป็นการจำลองปรากฏการณ์สำหรับเฟสเดียว คือ อากาศ (ของไหล) และแผ่นบานเกล็ดอยู่ในแนวตั้ง ดังนั้นในงานวิจัยต่อไปควรเพิ่มเป็น 2 เฟส คือ อากาศ (ของไหล) และอนุภาค (ของแข็ง) และแผ่นบานเกล็ดอยู่ในแนวเอียง เพื่อดูพฤติกรรมของอนุภาคด้วย