การสร้างและทดสอบประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศแบบเฉพาะที่ในการควบคุมควันจากการย่างไส้แบบในงานหลอม

The Construction and Efficiency Test of the Local Exhaust Ventilation for Smoke Control from Core Heating Process in Molten Furnace

ทัศณุ เรืองสุวรรณ์[1]

[1]หลักสูตรอาชีวอนามัยและความปลอดภัย สำนักวิชาสหเวชศาสตร์และสาธารณสุขศาสตร์มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์

222 ต.ไทยบุรี อ.ท่าศาลา จ.นครศรีธรรมราช 80160 โทรศัพท์: 086 9684096 E-mail: : tassanu_r@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการศึกษาเชิงทดลองโดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อออกแบบและทดสอบสมรรถนะของอุปกรณ์ในระบบระบายอากาศเฉพาะที่ซึ่งประกอบด้วยฮูดดูดอากาศระบบท่อ พัดลมดูดอากาศ อุปกรณ์ที่สร้างขึ้นจะได้รับการทดสอบประสิทธิภาพในการควบคุมควันที่อัตราการไหลของอากาศ 0.326ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที จากนั้นทำการตรวจวัดความเข้มข้นของควันที่ตัวผู้ปฏิบัติงานรวมถึงพื้นที่ทางเข้าและทางออกของอุปกรณ์ดักจับมลพิษโดยใช้วิธีการเก็บตัวอย่างในท่อแล้วนำข้อมูลผลการตรวจวัดมาคำนวณหาประสิทธิภาพในการควบคุมควันจากเตาหลอมผลการศึกษาพบว่าระบบระบายอากาศแบบเฉพาะที่ที่สร้างขึ้นสามารถลดการสัมผัสควันของผู้ปฏิบัติงานจากเดิมที่ระดับความเข้มข้น 21.7 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ลดลงเหลือ 15.9 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร คิดเป็นประสิทธิภาพ 26.9% นอกจากนี้ระบบบำบัดควันโดยใช้เวทสครับเบอร์มีประสิทธิภาพในการบำบัดควันก่อนปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมคิดเป็น 40.5% โดยที่ระดับความเข้มข้นบริเวณของปล่องระบายอากาศมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ ผลจากการทดลองชี้ให้เห็นว่าสามารถใช้การบำบัดควันได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการควบคุมควันที่เกิดขึ้นจากกระบวนการย่างไส้แบบจากเตาหลอมได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ: ควัน การหลอม การควบคุม ประสิทธิภาพ

Abstract

The project presented the construction and performance of a local exhaust ventilation system which was consisted of a hood, a piping system, and a suction-fan during the tests, the air flow rate was 0.326 cubic meters per second and was just enough to determine the efficiency and its smoke-controlling ability. The test was carried out to verity the smoke concentration at workers area including the inlet and outlet spaces of the Fixed-bed scrubber with the Stack sampling Method.The obtained results were calculated to determine the efficiency of the smoke control ability of the furnace.

The results of the tests revealed that the local exhaust ventilation system was capable of controlling the smoke for reaching 21.7 milligrams per cubic meter and reducing it up to 15.9 milligrams per cubic meter which was equivalent to 26.9% efficiency in addition, the smoke ventilation system suppressed the concentration level of smoke for almost 40.5% before releasing them into the air. The results also indicated that the exhaust ventilation system performed efficiently along with the constructed equipment to control the smoke released from the core heating process of the molten furnace.

Keywords: Smoke, Furnace, Control, Efficiency

1. บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยได้มีการพัฒนาความเจริญในด้านต่างๆ เป็นไปอย่างรวดเร็ว สืบเนื่องจากการพัฒนาทางด้านเศรษฐกิจและสังคมของประเทศซึ่งทำให้เกิดการขยายตัวทางด้านโรงงานอุตสาหกรรมในกระบวนการผลิตและการส่งออก เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการแข่งขันกันขึ้นและประเทศไทยได้ตระหนักถึงความสำคัญของกระบวนการผลิตเพื่อส่งออกไปยังประเทศเพื่อนบ้านเพื่อทำให้เกิดมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ ซึ่งปัจจุบันประเทศไทยมีโรงงานอุตสาหกรรมมากมายที่เกี่ยวกับกระบวนการผลิตจึงทำให้เกิดมลพิษทางอากาศตามมา นับเป็นสิ่งสำคัญที่ทางประเทศหรือทางโรงงานอุตสาหกรรมจะต้องกำหนดให้มีการควบคุมมลพิษทางอากาศและมลพิษทางเสียงเพื่อให้พนักงานทำงานในสภาพแวดล้อมที่ดี

กระบวนการผลิตที่เกิดขึ้นในโรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่จะใช้เทคโนโลยีซับซ้อนซึ่งจำเป็นต้องใช้วัตถุดิบสารเคมี เครื่องจักร ผ่านกรรมวิธีการผลิตเพื่อให้ได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ต้องการในขณะเดียวกันจะส่งผลให้เกิดมลพิษทางอากาศ เนื่องจากมลพิษสามารถแพร่งกระจ่ายผ่านอากาศไปได้ไกลและพนักงานสามารถได้รับสัมผัสเข้าสู่ร่างกายผ่านทางการหายใจส่งผลให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพตามมาในภายหลังได้ จากหลักการควบคุมทางด้านสุขศาสตร์อุตสาหกรรมทำให้ทราบว่าสามารถควบคุมมลพิษที่เกิดขึ้นได้หลายวิธี เช่นการควบคุมที่แหล่งกำเนิดมลพิษ การควบคุมที่ทางผ่านและการควบคุมตัวบุคคลที่ต้องสัมผัสมลพิษจากกระบวนการผลิต วิธีการที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมที่ดีคือ การควบคุมมลพิษที่แหล่งกำเนิดโดยอาศัยหลักการและวิธีการออกแบบคำนวณทางวิศวกรรม (Engineering design) ซึ่งจะต้องพิจารณาถึงความต้องการความจำเป็นและความเหมาะสมทางด้านเทคโนโลยี

จากการสำรวจและวิเคราะห์บริษัทตัวอย่างที่ทำการศึกษาพบว่ามีระบบระบายอากาศไม่เพียงพอต่อกระบวนการผลิตการย่างไส้แบบ จึงนำเสนอต่อผู้บริหารและได้จัดทำระบบระบายอากาศเฉพาะที่เพื่อควบคุมมลพิษทางอากาศ เพื่อไม่ให้พนักงานสัมผัสควันหรือฝุ่นที่เกิดจากการย่างไส้แบบจึงเป็นสิ่งสำคัญที่ได้จัดทำโครงงานชิ้นนี้ขึ้นมาเพื่อพัฒนาในกระบวนการผลิตของบริษัท ตัวอย่างให้มีคุณภาพมากขึ้น ทั้งนี้เพื่อทำให้มั่นใจว่าผู้ปฏิบัติงานที่อยู่ในบริเวณนั้น

จะเกิดความปลอดภัยในระหว่างที่มีการปฏิบัติงาน นอกจากนี้ยังมีอีกหลายกรณีที่การระบายอากาศเฉพาะที่ถูกนำไปใช้ในการปรับสภาวะอากาศให้เกิดความเหมาะสมและเกิดความสุขสบายแก่ผู้ปฏิบัติงานที่อยู่ในพื้นที่นั้น

ดังนั้นผู้ที่ทำการออกแบบระบบระบายอากาศเฉพาะที่รู้ถึงความสำคัญของสิ่งเหล่านี้แล้วจะทำให้มีการควบคุมมลพิษทางอากาศที่ดีขึ้นและถูกต้องตามกฎหมายกำหนดให้แต่ละบริษัทมีระบบระบายอากาศที่เพียงพอ การออกแบบระบบระบายอากาศให้สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดนั้นจำเป็นต้องอาศัยข้อมูลประกอบหลายประการเช่น ผู้ออกแบบต้องมีความรู้ ความเข้าใจพื้นฐาน ทราบวัตถุประสงค์ความต้องของระบบระบายอากาศและทราบอันตรายของมลพิษเป็นต้นด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้นปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จึงนำเอาระบบระบายอากาศเฉพาะที่มาใช้ในบริษัทตัวอย่าง รวมทั้งการนำทฤษฎีและหลักการต่างๆที่เกิดขึ้นเพื่อเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาในการเกิดมลพิษทางอากาศที่เกิดขึ้นจากการย่างไส้แบบในกระบวนการผลิต และเพื่อวัตถุประสงค์ในการเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตทั้งนี้จะเน้นที่การออกแบบระบบระบายอากาศเฉพะที่แบบมาตรฐานของบริษัทที่กฎหมายกำหนด เพื่อเป็นจุดเริ่มต้นในการสร้างระบบระบายอากาศเฉพาะที่ให้มีมาตรฐานต่อไป

2. วิธีการและขั้นตอนการทดลอง

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาเชิงทดลอง (Experimental Study) เพื่อการออกแบบและทดสอบประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศแบเฉพาะที่ สำหรับใช้ควบคุมควันจากกระบวนการย่างไส้แบบในงานหลอมโลหะของโรงงานอุตสาหกรรมตัวอย่าง โดยทำการติดตั้งและทดสอบประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศอย่างละเอียด เพื่อให้มั่นใจว่าระบบสามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้ โดยทำการเก็บตัวอย่างของเขม่าควันที่ผู้ปฏิบัติงานได้รับสัมผัส เพื่อนำตัวอย่างมาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศแบบเฉพาะที่ต่อไป

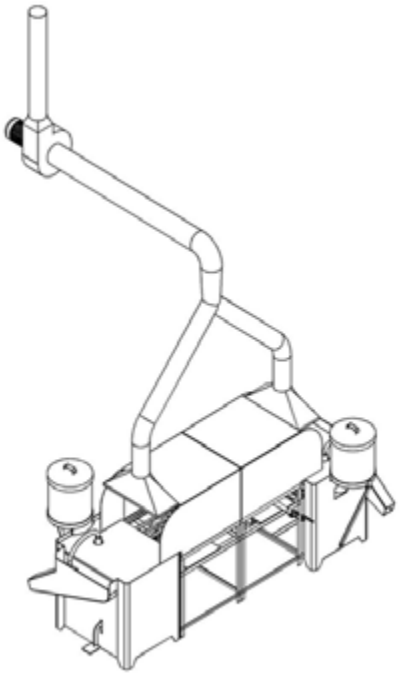
2.1 การออกแบบระบบระบายอากาศเฉพาะที่

1)ฮูดดูดอากาศ (Hood)ฮูดดูดอากาศเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญของระบบระบายอากาศเฉพาะที่เนื่องจากเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ดูดควันที่จากการย่างหรือหลอมทรายที่ทำให้เกิดควัน ระบบระบายอากาศจะถูกออกแบบมาให้ทำงานได้ดีเพื่อที่จะกำจัดมลพิษที่ฟุ้งกระจาย การเลือกใช้ฮูดดูดอากาศอย่างถูกต้องนั้นจึงเป็นสิ่งสำคัญ ดังนั้นในผู้วิจัยจึงเลือกใช้ฮูด สำหรับงานหลอม (melting furnace) ตาม VS-55-02 ซึ่งถูกเสนอแนะโดย ACGIH จากการคำนวณส่งผลให้ต้องใช้อัตราการไหลของอากาศ(Q)สำหรับดักจับมลพิษเท่ากับ0.163 m^3/s

2) ท่อลำเลียงอากาศ ใช้วัสดุชนิดเหล็กดำ (black iron) ซึ่งกำหนดให้มีความเร็วภายในท่อเท่ากับ 17.8 m/s

3) อุปกรณ์ควบคุมมลพิษทางอากาศผู้วิจัยได้เลือกใช้เครื่องฟิกส์เบดสครับเบอร์(Fixed-bed scrubber)ซึ่งเป็นเวทสครับเบอร์ชนิด Countercurrent flowกำหนดให้ความเร็วลมภายในหอสเปรย์ (Spray tower) มีค่า 0.89 เมตรต่อวินาที (3 ฟุตต่อวินาที)ขนาดของหยดละอองน้ำที่ใช้ในการสเปรย์ มีค่า 500 ไมครอนและอัตราการฉีดพ่นละอองน้ำ 24 ลิตรต่อนาที

4) พัดลมระบายอากาศ (Blower) ผู้วิจัยได้เลือกใช้พัดลมดูดอากาศยี่ห้อ Euro Vent ซึ่งเป็นใบพัดชนิด Backward ขนาด 2 HP (2810 rpm, P_t=205 mmH_2O, Q = 18 m^3/min)



รูปที่ 1 โครงสร้างระบบระบายอากาศเฉพาะที่

2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดประสิทธิภาพประกอบด้วย

1) ชุดอุปกรณ์ตรวจวัดความเร็วลมภายในท่อประกอบด้วย Standard Pitot tube, inclined manometer, barometer และ thermometer ใช้สำหรับตรวจวัดอัตราการไหลของอากาศและความเร็วลมที่ต้องใช้ในการเก็บตัวอย่างอนุภาค

2) ชุดอุปกรณ์เก็บตัวอย่างอนุภาคภายในท่อประกอบด้วย Air sampling probes, PVC filters(tarred 37-mm, 5-μm PVC filter), Cassette filter holder, Precision rotameterและ Air sampling pumps

3) เครื่องชั่งนำหนักแบบละเอียด (Precision balance)ที่สามารถอ่านค่าได้ 0.00001 g

2.3ขั้นตอนการทดลอง

1)ทำการเก็บตัวอย่างเขม่าควันที่ผู้ปฏิบัติงานได้รับสัมผัสก่อนเดินระบบ

2)เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองระบบระบายอากาศแบบเฉพาะที่พัดลมดูดอากาศ ระบบท่อ

3)เตรียมชุดอุปกรณ์เก็บตัวอย่างอากาศโดยทำการอบกระดาษกรองไว้ในตู้ดูดความชื้นไว้อย่างน้อย 12 ชั่วโมงจากนั้นนำกระดาษกรองมาชั่งน้ำหนักก่อนทำการเก็บตัวอย่างโดยใช้เครื่องชั่งแบบละเอียด

4) ตรวจสอบหารอยรั่วจากการเชื่อมต่อระบบท่อ เช็คการทำงานของปั๊มน้ำ หัวสเปรย์น้ำของฟิกส์เบดสครับเบอร์

5) เดินระบบและทำการเก็บตัวอย่างเขม่าควันที่ผู้ปฏิบัติงานได้รับสัมผัสอีกครั้ง

6)ทำการเก็บตัวอย่างควันภายในท่อตามหลักการของ Stack sampling ในแต่ละจุดจนครบจำนวน 5 ครั้งการทดลอง

7) ตรวจวัดสภาพแวดล้อมขณะที่ทำการเก็บตัวอย่าง ประกอบด้วย ค่าอุณหภูมิของอากาศ และความดันบรรยากาศ

8) นำชุดกระดาษกรองที่ผ่านการเก็บตัวอย่างไปอบไว้ในตู้ดูดความชื้นไว้อย่างน้อย 12 ชั่วโมง จากนั้นนำกระดาษกรองมาชั่งน้ำหนักหลังการเก็บตัวอย่างโดยใช้เครื่องชั่งแบบละเอียด

9) นำข้อมูลผลการทดลองมาคำนวณหาความเข้มข้นของเขม่าควันในตำแหน่งต่างๆ จากนั้นนำมาคำนวณหาค่าประสิทธิภาพการดักจับควันของระบบ

รูปที่ 2แสดงการเก็บตัวอย่างเขม่าควัน

2.4 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพ

1) การคำนวณหาค่าความเข้มข้นของเขม่าควันในแต่ละตำแหน่งของการเก็บตัวอย่างสามารถทำได้โดยนำค่าน้ำหนักของกระดาษของกรองแต่ละชุดที่บันทึกไว้ก่อนเก็บตัวอย่างและหลังเก็บตัวอย่างมาเปรียบเทียบกัน โดยสามารถแสดงเป็นสมการความสัมพันธ์ ได้ดังนี้

$$C = \frac{(m_2 - m_1) - (B_2 - B_1)}{V_{STP}} \times 10^3 \qquad (1)$$

เมื่อ C = ความเข้มข้นของเขม่าควัน, mg/m^3
m_1 = น้ำหนักกระดาษกรองก่อนเก็บตัวอย่าง, mg
m_2 = น้ำหนักกระดาษกรองหลังเก็บตัวอย่าง, mg
B_1 = น้ำหนักแบลงก์ก่อนเก็บตัวอย่าง, mg
B_2 = น้ำหนักแบลงก์หลังเก็บตัวอย่าง, mg
V_{STP} = ปริมาตรอากาศที่เก็บตัวอย่าง ณ สภาวะมาตรฐาน (STP), ลิตร

2) การคำนวณหาค่าประสิทธิภาพการดักจับเขม่าควัน (Smoke Collection Efficiency, η) ของเครื่องฟิกส์เบดสครับเบอร์ทำได้โดยนำค่าความเข้มข้นของเขม่าควันที่บริเวณท่อทางเข้าและท่อทางออกของอุปกรณ์แต่ละชนิดมาเปรียบเทียบกัน โดยสามารถแสดงเป็นสมการความสัมพันธ์ ได้ดังนี้

$$\eta = \left(\frac{C_{in} - C_{out}}{C_{in}}\right) \times 100 \qquad (2)$$

เมื่อ η = ประสิทธิภาพการดักจับควัน, %
C_{in} = ความเข้มข้นของควันที่ท่อทางเข้า, mg/m^3
C_{out} = ความเข้มข้นของควันที่ท่อทางออก, mg/m^3

2.5สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1) สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics)

ใช้ค่าสถิติร้อยละหรือเปอร์เซ็น (%) ในการอธิบายค่าประสิทธิภาพของอุปกรณ์ดักจับมลพิษนอกจากนี้ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (sd) ในการอธิบายคุณลักษณะของข้อมูล

2) สถิติเชิงอนุมาน (InferenceStatistics)

ใช้สถิติKolmogorov-Smirnov Testในการวิเคราะห์การแจกแจงแบบปกติของข้อมูล จากนั้นใช้สถิติ T-test ในการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศแบบเฉพาะที่

3. ผลการทดลอง

จากการออกแบบสร้างและทดสอบประสิทธิภาพระบบระบายอากาศแบบเฉพาะที่ในการควบคุมควันจากกระบวนการย่างไส้แบบในงานหลอม จากการออกแบบปรากฏว่าสามารถสร้างฮูดดูดอากาศสำหรับงานหลอม (melting furnace) ที่มีขนาดความกว้าง250 mm และความยาว 640 mm ซึ่งจากการทดสอบประสิทธิภาพการควบคุมควันสามารถแสดงผลการศึกษาได้ดังนี้

3.1 ผลการประเมินประสิทธิภาพในการลดการสัมผัสของผู้ปฏิบัติงาน

จากการเก็บตัวอย่างในขณะปิดและเปิดระบบระบายอากาศที่ตัวผู้ปฏิบัติงาน (breathing zone sampling) ซ้ำจำนวน 7 ครั้ง โดยใช้เวลาครั้งละ 10 นาที สามารถแสดงผลการศึกษาได้ดังนี้

3.1.1ผลการชั่งและคำนวณหาน้ำหนักของเขม่าควันบนกระดาษกรองจากการเก็บตัวอย่าง

ตารางที่ 1 ผลการชั่งและคำนวณหาน้ำหนักของเขม่าควันบนกระดาษกรองจากการเก็บตัวอย่าง ขณะปิด และเปิดระบบระบายอากาศ

ครั้งที่ของการเก็บตัวอย่าง	น้ำหนักของเขม่าควันบนกระดาษกรอง (mg)	
	ขณะปิดระบบ	ขณะเปิดระบบ
1	0.22	0.17
2	0.40	0.29
3	0.42	0.27
4	0.26	0.28
5	0.41	0.29
6	0.45	0.21
7	0.30	0.29
ค่าเฉลี่ย	**0.35**	**0.25**

จากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยของน้ำหนักเขม่าควันบนกระดาษกรองขณะปิดระบบระบายอากาศได้เท่ากับ 0.35 mgและขณะเปิดระบบระบายอากาศได้เท่ากับ 0.25 mg และเมื่อนำค่าเฉลี่ยของน้ำหนักเขม่าควันบนกระดาษกรองขณะปิดระบบระบายอากาศ และขณะเปิดระบบระบายอากาศมาคำนวณหาค่าผลต่างแล้วปรากฏว่าค่าเฉลี่ยของน้ำหนักบนกระดาษกรองขณะปิดระบบระบายอากาศมีค่ามากกว่าขณะเปิดระบบระบายอากาศที่ 0.10 mg ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระบบระบายอากาศ (ฮูดดูดอากาศ) สามารถลดปริมาณของเขม่าควันจากการย่างไส้แบบในงานหลอมโลหะได้

3.1.2ผลการคำนวณหาค่าความเข้มข้นของเขม่าควันบนกระดาษกรองจากการเก็บตัวอย่างขณะปิดปิดและเปิดระบบระบายอากาศ

ตารางที่2ระดับความเข้มข้นของเขม่าควันบนกระดาษกรองจากการเก็บตัวอย่างขณะปิดและเปิดระบบระบายอากาศ

ครั้งที่ของการเก็บตัวอย่าง	ระดับความเข้มข้นของเขม่าควัน (mg/m^3)	
	ขณะปิดระบบ	ขณะเปิดระบบ
1	13.61	10.51
2	24.75	17.94
3	25.99	16.70
4	16.08	17.32
5	25.37	17.94
6	27.84	12.99
7	18.56	17.94
ค่าเฉลี่ย	**21.74**	**15.90**

จากตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่าเมื่อนำค่าผลการชั่งน้ำหนักของเขม่าควันบนกระดาษกรองจากการเก็บตัวอย่างขณะปิดระบบระบายอากาศ และขณะเปิดระบบระบายอากาศทั้งหมดมาคำนวณหาความเข้มข้นของเขม่าควันคิดเป็นค่าเฉลี่ยแล้ว พบว่าขณะปิดระบบระบายอากาศได้ค่าเท่ากับ 21.74 mg/m^3 ขณะเปิดระบบระบายอากาศเท่ากับ 15.90 mg/m^3เมื่อเปรียบเทียบกันแล้วจะเห็นได้ว่าค่าทั้งสองมีความแตกต่างกัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระบบระบายอากาศ ที่ติดตั้งสามารถลดปริมาณความเข้มข้นของเขม่าควันที่ผู้ปฏิบัติงานได้รับสัมผัสได้โดยมีประสิทธิภาพในการลดการสัมผัสเท่ากับ 26.9%

3.1.3 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของน้ำหนักเขม่าควันบนกระดาษกรองทางสถิติT-test

ตารางที่3 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของน้ำหนักเขม่าควันบนกระดาษกรองระหว่างปิด และเปิดระบบระบายอากาศทางสถิติ T-test

Ventilation System	Mean	SD	t - test	df	P
Closed-Open	5.837	5.499	2.808	6	0.031

จากตารางที่ 3 ซึ่งแสดงผลการเปรียบเทียบค่าความแตกต่างของความเข้มข้นของเขม่าควันระหว่างการปิดและเปิดระบบระบายอากาศเฉพาะที่พบว่าประสิทธิภาพในการควบคุมเขม่าควันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

3.2 ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศเฉพาะที่ในการดักจับเขม่าควัน

จากการเก็บตัวอย่างเขม่าควันที่บริเวณท่อทางเข้า (inlet) และท่อทางออก (outlet) ของเครื่องฟิกส์เบดสครับเบอร์(Fixed-bed scrubber)ซ้ำจำนวน 5 ครั้ง โดยใช้เวลาครั้งละ 8 นาที สามารถแสดงผลการศึกษาได้ดังนี้

3.2.1ผลการชั่งและคำนวณหาน้ำหนักของเขม่าควันบนกระดาษกรองจากการเก็บตัวอย่าง

ตารางที่ 4ผลการชั่งและคำนวณหาน้ำหนักของเขม่าควันบนกระดาษกรองจากการเก็บตัวอย่างที่บริเวณท่อทางเข้าและท่อทางออกของเครื่องฟิกส์เบดสครับเบอร์

ครั้งที่ของการเก็บตัวอย่าง	ความเข้มข้นของเขม่าควัน (mg/m^3)	
	ท่อทางเข้า (inlet)	ท่อทางออก (outlet)
1	0.15	0.07
2	0.10	0.07
3	0.09	0.05
4	0.09	0.04
5	0.08	0.04
ค่าเฉลี่ย	**0.10**	**0.05**

จากตารางจะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยของน้ำหนักเขม่าควันที่บริเวณท่อทางเข้าของเครื่องฟิกส์เบดสครับเบอร์0.10 mg และท่อทางออกของเครื่องฟิกส์เบดสครับเบอร์เท่ากับ 0.05 mg และเมื่อนำค่าเฉลี่ยของน้ำหนักเขม่าควันบนกระดาษกรองมาคำนวณหาค่าผลต่างแล้วปรากฏว่าค่าเฉลี่ยของน้ำหนักบนกระดาษกรองที่บริเวณท่อทางเข้าของเครื่องฟิกส์เบดสครับเบอร์มีค่ามากกว่าท่อทางออกที่ 0.05 mg ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเครื่องฟิกส์เบดสครับเบอร์สามารถลดปริมาณของเขม่าควันจากการย่างไส้แบบในงานหลอมโลหะได้

3.1.2ผลการคำนวณหาค่าความเข้มข้นของเขม่าควันบนกระดาษกรองจากการเก็บตัวอย่างที่บริเวณท่อทางเข้าและท่อทางออกของเครื่องฟิกส์เบดสครับเบอร์

ตารางที่ 2ระดับความเข้มข้นของเขม่าควันที่บริเวณท่อทางเข้าและท่อทางออกของเครื่องฟิกส์เบดสครับเบอร์

ครั้งที่ของการเก็บตัวอย่าง	ระดับความเข้มข้นของเขม่าควัน (mg/m^3)	
	ขณะปิดระบบ	ขณะเปิดระบบ
1	9.07	4.07
2	5.94	4.07
3	5.32	2.81
4	5.32	2.19
5	4.64	2.19
ค่าเฉลี่ย	**6.05**	**3.60**

จากตารางจะเห็นได้ว่าเมื่อนำค่าผลการชั่งน้ำหนักของเขม่าควันบนกระดาษกรองจากการเก็บตัวอย่างที่บริเวณท่อทางเข้าและท่อทางออกของเครื่องฟิกส์เบดสครับเบอร์ทั้งหมดมาคำนวณหาความเข้มข้นของเขม่าควันคิดเป็นค่าเฉลี่ยแล้ว พบว่าที่บริเวณท่อ

ทางเข้า (inlet) ของเครื่องฟิกส์เบดสครับเบอร์มีค่าเท่ากับ6.05 mg/m^3 และที่บริเวณท่อทางออก (outlet) มีค่าเท่ากับ 3.60 mg/m^3เปรียบเทียบกันแล้วจะเห็นได้ว่าค่าทั้งสองมีความแตกต่างกัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเครื่องฟิกส์เบดสครับเบอร์(Fixed-bed scrubber)ที่ติดตั้งในชุดระบบระบายอากาศเฉพาะที่สามารถลดปริมาณความเข้มข้นของเขม่าควันได้โดยมีประสิทธิภาพในการกำจัดเขม่าควันเท่ากับ 40.5%

4. สรุปผลการทดลอง

จากการออกแบบสร้างและทดสอบประสิทธิภาพระบบระบายอากาศแบบเฉพาะที่เพื่อใช้ในการควบคุมควันจากกระบวนการย่างไส้แบบในงานหลอม จากการออกแบบสามารถสร้างฮูดดูดอากาศที่มีขนาดความกว้าง 250 mm และความยาว 640 mmสำหรับใช้เชื่อมต่อกับระบบระบายอากาศเฉพาะที่ซึ่งเลือกใช้พัดลมขนาด 2 แรงม้าในการทดสอบประสิทธิภาพการควบคุมควัน จากการเก็บตัวอย่างความเข้มข้นของเขม่าควันที่ตัวผู้ปฏิบัติงานในขณะปิดและเปิดระบบระบายอากาศซ้ำจำนวน 7 ครั้งโดยใช้เวลาครั้งละ 10 นาที สามารถคำนวณหาค่าความเข้มข้นของเขม่าควันเฉลี่ยในขณะปิดระบบระบายอากาศได้เท่ากับ 21.74mg/m^3และในขณะเปิดระบบระบายอากาศได้เท่ากับ15.90 mg/m^3 ซึ่งคิดเป็นประสิทธิภาพในการลดการสัมผัสเขม่าควันของผู้ปฏิบัติงานได้ เท่ากับ 26.9%และเมื่อนำมาค่าความเข้มข้นของเขม่าควันขณะปิด และเปิดระบบระบายอากาศแบบเฉพาะที่ไปเปรียบเทียบทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.031$) แสดงข้อมูลสะท้อนให้เห็นว่าระบบระบายอากาศแบบเฉพาะที่ที่สร้างขึ้นสามารถลดระดับการสัมผัสเขม่าควันของผู้ปฏิบัติงานได้ดี

ขณะเดียวกันในการวัดประสิทธิภาพในการดักจับเขม่าควันของเครื่องฟิกส์เบดสครับเบอร์พบว่าความเข้มข้นเฉลี่ยของเขม่าควันที่บริเวณท่อทางเข้ามีค่าเท่ากับ6.05 mg/m^3 และที่บริเวณท่อทางออกมีค่าเท่ากับ 3.60 mg/m^3โดยอุปกรณ์ควบคุมมลพิษที่นำมาใช้งานมีประสิทธิภาพในการควบคุมเขม่าควันได้ 40.5% นอกจากนี้สามารถลดระดับความเข้มข้นของเขม่าควันที่บริเวณปลายปล่องก่อนปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมให้มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษ และกรมโรงงานอุตสาหกรรมได้

5. เอกสารอ้างอิง

[1]กระทรวงอุตสาหกรรม. 2549**. ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่องกำหนดค่าปริมาณของสารเจือปนในอากาศที่ระบายออกจากโรงงาน พ.ศ. 2549**.

[2]ทัศณุ เรืองสุวรรณ์. 2552.ประสิทธิภาพของระบบระบายอากาศเฉพาะที่แบบน็อกดาวน์ในการควบคุมฝุ่นไม้จากอุตสาหกรรมผลิตเฟอร์นิเจอร์.**การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ.** 21-22 ตุลาคม 2552: 435-440.

[3]นพภาพร พานิช และคณะ. 2550.**ตำราบำบัดมลพิษอากาศ** (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรมโรงงานอุตสาหกรรม.

[4]A. Seaton, D. Godden, W. MacNee and K. Donaldson. 2003. Particulate air pollution and acute health effects. **The Lancet Vol. 345**.Issue 8943. pp. 176-178.

[5]David D. Houghton. 2007. **Global Climate Change**. http://www.rc.swls.org/www.old/talks/climatemidwest2007.pdf. 2 June.

[6]Heumann WL. 1997. **Industrial air pollution control system**. New York: McGraw-Hill.

[7]Kenneth E. Noll. 1999. **Fundamental of air quality system: design of air pollution control devices**. U.S.A.: American Academy of Environmental Engineers.

[8]Mycock JC, McKenna JD, Theodore L.1995. **Handbook of Air Pollution Control Engineering and Technology**. New York: CRC Press.