

การศึกษาการลดมลพิษอนุภาคจากเครื่องยนต์จุดประกายไฟโดยเครื่องบำบัดไอเสียแบบเปียก A Study of Reducing Particulate Matter from A Spark Ignition Engine by Wet Scrubber

สุทธิพงษ์ สะอาดเยี่ยม¹ วรวัฒน์ ทรงกิตติ² เอกไท วิโรจน์สกุลชัย³

Sutthiphong Sa-ard-iam¹ Worawat Songkitti² Ekathai Wirojskulchai³

¹ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

¹Department of Mechanical Engineering Faculty of Engineering, Kasetsart University

²ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

²Department of Mechanical Engineering Faculty of Engineering, Kasetsart University

³ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

³Department of Mechanical Engineering Faculty of Engineering, Kasetsart University

Contact: E-mail: fengeka@ku.ac.th

บทคัดย่อ

เนื่องจากสถานการณ์ปริมาณมลพิษอนุภาคในประเทศไทยที่มีระดับสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งมีผลเสียต่อสุขภาพของมนุษย์และสิ่งแวดล้อม หนึ่งในปัญหาที่เกิดขึ้นมาจากยานพาหนะที่ใช้เครื่องยนต์สันดาปภายใน ถึงแม้จะมีการเปลี่ยนมาตรฐานไอเสียของเครื่องยนต์จุดประกายไฟที่เปลี่ยนจาก EURO 4 ไปยัง EURO 5 และ 6 แต่ยังไม่ส่งผลต่อการลดมลพิษอนุภาคที่ปลดปล่อยออกมาจากเครื่องยนต์ได้นั้น อย่างไรก็ตามในส่วนของการยนต์ก็ยังคงสร้างปัญหามลพิษอนุภาคต่อไป ด้วยเหตุนี้การวิจัยเรื่องเกี่ยวกับการลดมลพิษอนุภาคบนรถยนต์ที่ผ่านการใช้งานมาแล้วด้วยการออกแบบและสร้างอุปกรณ์บำบัดไอเสียแบบเปียกเพื่อศึกษาความเป็นไปได้เมื่อนำมาประกอบกับเครื่องยนต์พร้อมด้วยการศึกษาการลดลงของมลพิษอนุภาคเมื่อติดตั้งเครื่องบำบัดไอเสีย โดยการทดสอบจะเลือกใช้ช่วงสภาวะเฉลี่ยของการทำงานของเครื่องยนต์ที่ใช้งานปกติทั่วไปตามท้องถนนในการทดสอบโดยจะทดสอบเครื่องยนต์บนเครื่องทดสอบประสิทธิภาพ (Engine Dynamometer) พร้อมทั้งติดตั้งเครื่องบำบัดมลพิษที่มีการใช้น้ำเป็นตัวกลางและเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพการลดไอเสียของเครื่องบำบัดระหว่างที่มีน้ำเป็นตัวกลางและไม่มีน้ำเป็นตัวกลาง จากการทดสอบเครื่องบำบัดไอเสียสามารถลดปริมาณมลพิษอนุภาคลงได้อย่างชัดเจน ดังนั้นการดูดซับของน้ำหรือของเหลวสามารถส่งผลต่อการลดการปล่อยมลพิษอนุภาคจากไอเสียของเครื่องยนต์จุดประกายไฟได้ โดยจากผลการทดลองนี้พบว่าการติดตั้งเครื่องบำบัดไอเสียที่มีการใช้น้ำเป็นตัวกลางสามารถช่วยลดปริมาณมลพิษอนุภาคได้ถึง 60% แต่ไม่สามารถลดแก๊สในไอเสียอื่นได้อย่างมีนัยยะสำคัญ

คำสำคัญ: เครื่องยนต์จุดประกายไฟ/มลพิษอนุภาค/เครื่องบำบัดไอเสีย

Abstract

The situation in Thailand regarding to Particulate Matter (PM) level increase is known as a major cause that affects human health and environment. One of PM issues problems arise from emissions from internal combustion engine vehicles. The changing of spark ignition engine's emission standard from EURO 4 to EURO 5 and EURO 6 that results in PM reductions will be implemented soon. Seeking PM reduction by implementing existing technologies is of interest. This reason make researcher interest about design and building of the prototype wet scrubber for deserve with vehicles and testing for reducing about emission. In the current study, a Spark-Ignition engine equipped with a wet scrubber in the exhaust system is tested on an Engine Dynamometer. Tests are done and compared between running the exhaust with and without water wet scrubber. The result shows that with wet scrubber equipment, PM can be reduced significantly. This result shows that the potential of using water absorbing PM emit from spark Ignition engine is possible. From the experimental data, the wet scrubber with water can reduce PM up to 60%. However, in term of another emission species, no significant reduction is observed.

Keywords: Spark Ignition Engine/Particulate matter/Wet Scrubber

บทนำ

ปัญหาก๊าซไอเสียและมลพิษอนุภาคจากไอเสียของรถยนต์ส่งผลต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมาก ในปัจจุบันจึงมีการติดตั้งตัวกรองไอเสีย (Catalytic Converter) ในรถยนต์ซึ่งมีความสามารถในการกรอง ได้แก่คาร์บอนมอนอกไซด์(CO), ไนโตรเจนออกไซด์(NO) และไฮโดรคาร์บอน(HC) โดยในประเทศไทยส่วนมากรถยนต์ที่ใช้ทั่วไปจะผ่านมาตรฐานไอเสียของยุโรปแต่ละระดับ 4 เท่านั้น ซึ่งมีประสิทธิภาพในการกรองไอเสียและมลพิษอนุภาคน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานไอเสียของยุโรประดับ 5 และระดับ 6 ทำให้มีปริมาณก๊าซไอเสียและมลพิษอนุภาคถูกปล่อยสู่ธรรมชาติมากกว่าปกติ ทั้งนี้ปัจจุบันมีวิธีการมลพิษอนุภาค (particulate filter) หลากหลายวิธี เช่น การติดตั้งตัวกรองไอเสีย (particulate filter) ซึ่งวิธีมีความยุ่งยากในการติดตั้งบนรถยนต์ที่มีการใช้งานแล้ว ทำให้งานวิจัยนี้มุ่งเน้นไปที่การนำระบบการบำบัดไอเสียแบบเปียก (wet scrubber) มาทดลองกับเครื่องยนต์ที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว

Wet scrubber หรือ ระบบบำบัดไอเสียแบบเปียก โดยใช้น้ำหรือของเหลวฉีดสวนทางกับทิศทางของไอเสียที่ปล่อยออกมา ในอดีตโรงงานอุตสาหกรรมที่มีการปล่อยไอเสียออกมานิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ทั้งดักจับฝุ่นละออง กลิ่น และควัน เพราะมีราคาถูก การบำรุงรักษาที่ง่ายและสะดวก แต่ข้อเสีย คือ การจัดการน้ำเสียและตะกอนที่เกิดขึ้นจากระบบ เนื่องจากฝุ่นละอองสัมผัสกับน้ำจะกลายเป็นตะกอนเหลว[1] ส่วนแก๊สอื่นๆที่มีคุณสมบัติละลายน้ำได้จะกลายเป็นกรดหรือด่าง น้ำที่ได้หลังจากการบำบัดเมื่อถึงจุดหนึ่งต้องมีการทิ้งแล้วเติมน้ำใหม่เข้าสู่ระบบ[2] น้ำและของเหลวที่เป็นของเสียจากระบบต้องมีการบำบัดเพื่อปรับสภาพน้ำให้มีความเหมาะสมกฎหมายที่กำหนดจึงจะสามารถปล่อยลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติได้หรือนำมาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ส่วนตะกอนเหลวสามารถนำไปกำจัดโดยการ ฝังกลบ ตากแห้ง หรืออัดผ่านเครื่องอัดตะกอน(filter press) [3] ดังนั้น Wet scrubber สามารถลดมลพิษอนุภาคโดยใช้หลักการละลายหรือดูดซับกับน้ำ[4] บางฟังก์ชันสามารถนำหยดน้ำที่เกิดจากการควบแน่นซึ่งส่วนใหญ่จะเกิดบริเวณทางเข้าของ wet scrubber แยกออกโดยมีเครื่องกำจัดไอน์ นอกจากนี้ น้ำที่ได้รับหลังจากการบำบัดหรือเรียกว่า Scrubbing Liquid ต้องนำมาบำบัดก่อนปล่อยสู่ธรรมชาติหรือนำมาใช้ประโยชน์ตามความสามารถของ wet scrubber นั้นๆ[5]

จากที่กล่าวมาข้างต้นจึงเป็นสาเหตุของการเริ่มต้นวิธีการศึกษาการลดปริมาณก๊าซไอเสียและมลพิษอนุภาคโดยการนำหลักการระบบบำบัดไอเสียแบบเปียก (wet scrubber) ที่ใช้ในระบบการลดปริมาณก๊าซไอเสียและมลพิษอนุภาคในโรงงานอุตสาหกรรมและโรงไฟฟ้ามาประยุกต์ใช้ในการดักจับปริมาณก๊าซไอเสียและมลพิษอนุภาคจากไอเสียของรถยนต์ ซึ่งจากที่ได้ค้นคว้างานวิจัยที่เกี่ยวข้องยังไม่มีความวิจัยใดนำเครื่องบำบัดไอเสียมาใช้กับยานพาหนะ โดยระบบบำบัดมีหลักการการทำงานคือการดักจับก๊าซไอเสียและมลพิษอนุภาคโดยใช้ของเหลว ด้วยการฉีดพ่นของเหลวให้เป็นละอองฝอยขนาดเล็ก ทำให้อะตอมของเหลวกระจายเพื่อไปสัมผัสกับไอเสียและดักจับมลพิษอนุภาคไว้หรือให้อไอเสียไหลผ่านของเหลวแล้วกักเก็บในรูปของตะกอนเพื่อไม่ให้ออกไปสู่สิ่งแวดล้อม

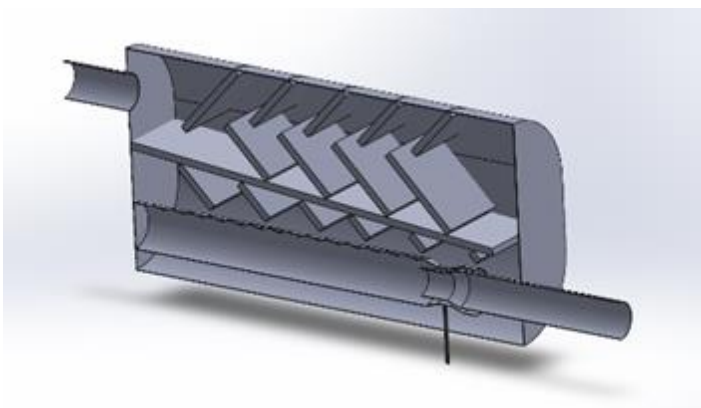
วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. สร้างต้นแบบอุปกรณ์ดักจับก๊าซไอเสียและมลพิษอนุภาคจากท่อไอเสียโดยใช้หลักการ wet Scrubber
2. ทดสอบต้นแบบอุปกรณ์เพื่อดูความเป็นไปได้เมื่อนำมาประกอบกับเครื่องยนต์จริง
3. ศึกษาการลดลงของมลพิษอนุภาคเมื่อติดตั้งระบบ wet scrubber กับเครื่องยนต์

วิธีการดำเนินงานวิจัย

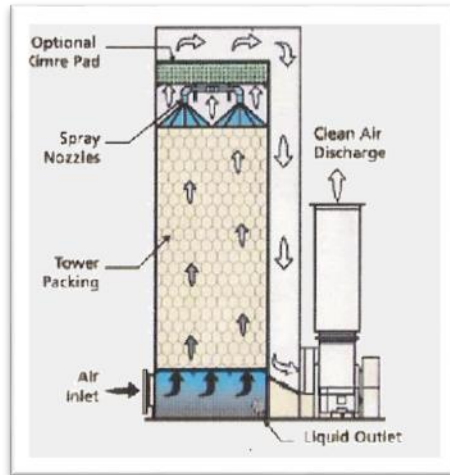
การออกแบบชิ้นงาน

ออกแบบทางเข้าชิ้นงานโดยอ้างอิงจากเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อไอเสียของรถยนต์คือ 2.5 นิ้ว ให้ท่อมัลักษณะโค้งลงเพื่อไม่ให้มีน้ำไหลย้อนกลับเข้าสู่เครื่องยนต์ ภายในต่อกับข้อลดขนาดจาก 2.5 นิ้วให้เป็น 2 นิ้ว เพื่อให้ไอเสียที่ไหลเข้าท่อยาวที่เจาะรูมีความดันลดลง เพื่อให้มีแรงดูดน้ำไหลเข้าภายในท่อ โดยท่อยาวที่เจาะรูเพื่อเป็นทางออกของไอเสียที่ผ่านน้ำแล้ว มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 นิ้ว และรูบนท่อมัลักษณะเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 มิลลิเมตร จำนวน 42 รู ด้านบนมีท่อสำหรับเป็นทางเข้าของน้ำขนาด 1 เซนติเมตร ภายในด้านบนของท่อยาวเจาะรูจะเป็นชั้นสำหรับติดตั้ง Baffle จำนวน 3 แถว แถวละ 5, 4 และ 6 ชั้น ตามลำดับ ขนาดพื้นที่ของรูจะมีขนาดรวมเท่ากับขนาดของท่อที่ทางเข้า เพื่อให้ไอระเหยได้ดี และมีทางออกเป็นท่อตรงด้านบนสุดขนาด 2.5 นิ้ว ซึ่งจะได้ดังรูปภาพที่ 1 โดยการออกแบบการทดลองนี้คำนึงถึงทฤษฎี อัตราการไหล , Adiabatic Saturated and Wet-bulb Temperatures และ กระบวนการแบบคงตัว



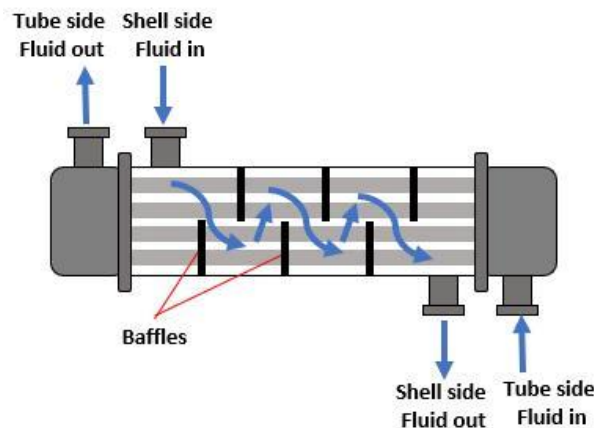
รูปภาพที่ 1 การออกแบบชิ้นงาน

ระบบบำบัดอากาศแบบเปียกหรือ Wet scrubber ทำงานโดยอาศัยหลักการการสัมผัสระหว่างอากาศที่มีสารปนเปื้อนกับของเหลวโดยปกติคือน้ำ มีชั้นตัวกลางหรือที่เรียกว่า Packing Media ซึ่งทำหน้าที่ในการเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างอากาศที่ปนเปื้อนกับน้ำ เมื่อน้ำหรือของเหลวตกกระทบกับ Packing Media จะทำให้น้ำหรือของเหลวแตกตัวจนมีขนาดเล็กและบางส่วนจะไหลเป็นฟิล์มบางๆไปตามพื้นผิวของ Packing Media ลักษณะนี้จะทำให้เพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างน้ำและอากาศเพิ่มขึ้น ส่งผลให้มีประสิทธิภาพในการดักจับเพิ่มขึ้น ระบบบำบัดอากาศแบบเปียกสามารถใช้ได้ดีกับสารปนเปื้อนที่เป็นฝุ่นและก๊าซต่างๆโดยเฉพาะก๊าซที่สามารถละลายน้ำได้ สำหรับทิศทางการไหลของอากาศกับน้ำอาจเป็นได้ทั้ง ไหลสวนกัน (Counter Flow) การไหลตามกัน (Concurrent Flow) หรือ ไหลตัดกัน (Cross Flow) ก็ได้ โดยทั่วไปมักนิยมใช้แบบ Counter Flow และ Cross Flow [6] โดยหลักการการทำงานของชิ้นงานนี้จะแสดงในรูปภาพที่ 2



รูปภาพที่ 2 หลักการทำงานของ Wet scrubber ที่มา: [7]

อากาศที่มีสารปนเปื้อนบางครั้งมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้องแต่บางครั้งอาจมีอุณหภูมิสูงกว่า กรณีที่อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิห้องจะทำให้เกิดการระเหยของน้ำจากอากาศที่มีสารปนเปื้อนและระเหยกลายเป็นไอในภายหลัง ดังนั้นการทดลองนี้จึงมีการใช้แผ่นโลหะกันหรือ Baffle ภายใน wet scrubber ดังแสดงในรูปภาพที่ 3 เพื่อทำให้น้ำสะสมที่ Baffle เมื่อสะสมถึงจุดอิ่มตัวจะทำการควบแน่นกลายเป็นของเหลวไหลตกกลับลงมาใช้ใหม่ แต่อาจมีไอน้ำจำนวนหนึ่งที่อาจไหลออกมาจากทางออกของ wet scrubber ทั้งนี้ความดันที่มาจากอากาศที่ปนเปื้อนสารควรมีความดันที่เหมาะสม ถ้าน้อยหรือมากเกินไปอาจมีผลต่อการนำน้ำออกไปทางออกของ wet scrubber ด้วย[8]

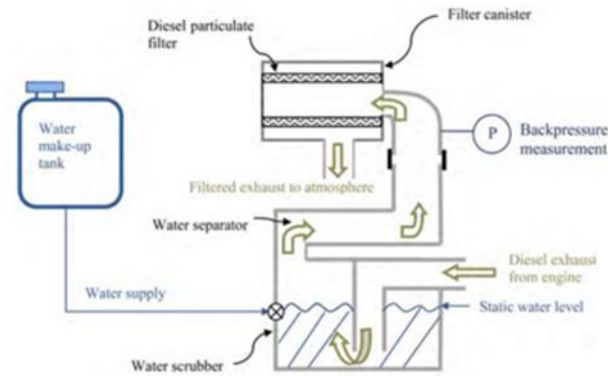


รูปภาพที่ 3 การแยกน้ำโดยใช้แผ่น Baffle ที่มา: [9]

มีงานวิจัยเกี่ยวข้องกับ Wet Scrubber หลายงานวิจัย ไม่เพียงแต่บำบัดแก๊สไอเสีย แต่ยังสามารถกำจัดประกายไฟก่อนที่จะสัมผัสกับสภาพแวดล้อมโดยรอบ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในการเกิดอนุภาคมลพิษ (Particulate Matter :PM) และการลดอุณหภูมิไอเสีย นอกจากนี้ยังสามารถใช้ร่วมกับวัสดุต่างๆ ทั้งวัสดุที่เหนียว ดูดความชื้น ติดไฟได้ ระเบิดได้ หรือมีฤทธิ์กัดกร่อน จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในทางวิศวกรรมได้หลายอย่าง ตัวอย่างเช่น การเปลี่ยน Wet Scrubber ให้เป็นตัวกรองชีวภาพ โดยการพัฒนาเปลี่ยนจากแผ่น Baffle ที่เป็นโลหะให้เป็นแผ่น Bio-trickling ที่ทำปฏิกิริยากับก๊าซไอเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งผลการทดลองยืนยันว่าแผ่นกรอง bio-trickling สามารถกำจัด H₂S ได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยไม่คำนึงถึงความเข้มข้นของ H₂S [5]

ส่วนกลไกการจับสารมลพิษใน Wet Scrubber จะใช้วิธีการละลายส่วนประกอบอย่างน้อยหนึ่งส่วนของส่วนผสมของแก๊สให้เป็นของเหลวเรียกว่า การดูดกลืน ซึ่งเป็นคุณลักษณะของ Wet Scrubber ซึ่งจะมีสองกระบวนการเกิดขึ้นภายในวิธีนี้ กระบวนการทางกายภาพจะรวมทั้งการละลายส่วนประกอบด้วยตัวทำละลายซึ่งควบคุมโดยคุณสมบัติของตัวทำละลายและก๊าซ (ความหนืดและความหนาแน่น) และอุณหภูมิจำเพาะของสารก่อมลพิษ (ความสามารถในการละลาย

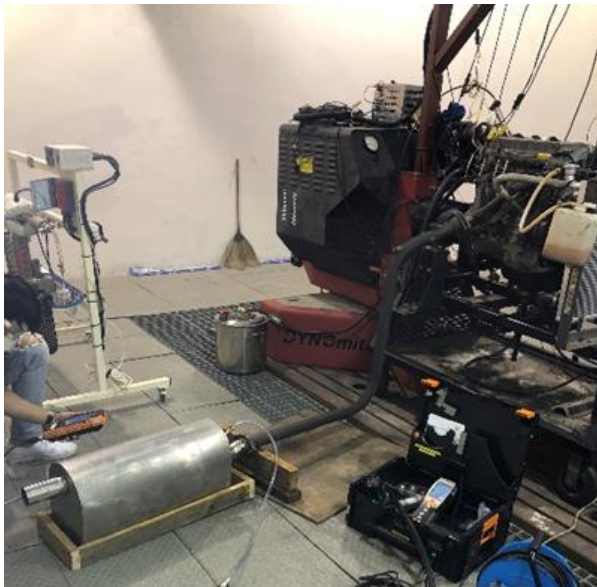
และการแพร่กระจายที่สมดุลขึ้นอยู่กับสิ่งนี้) กระบวนการทางเคมีแสดงถึงปฏิกิริยาระหว่างส่วนประกอบเหล่านี้กับตัวทำละลาย ตัวทำละลายส่วนใหญ่เป็นของเหลว เช่น น้ำ สารละลายในน้ำ และน้ำมันบางชนิด ได้แก่ แร่ธาตุและไฮโดรคาร์บอนที่ไม่ระเหย สำหรับความเป็นไปได้ทางเศรษฐกิจ ตัวทำละลายที่ใช้ในการกำจัดมลพิษควรมีราคาต่ำ[10] ความหนืดและความดันไอ และความสามารถในการละลายก๊าซสูง ด้วยเหตุนี้ น้ำจึงถือเป็นตัวทำละลายที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการใช้งานส่วนใหญ่[11] ซึ่งแสดงหลักการทำงานดังรูปภาพที่ 4



รูปภาพที่ 4 แผนผังแสดงการทำงานของ Wet scrubber เพื่อกรอง PM ที่มา: [12]

ขั้นตอนการทดสอบชิ้นงาน

นำชิ้นงานไปติดตั้งเข้ากับท่อไอเสียเครื่องยนต์ โดยเครื่องยนต์ที่ใช้ทดสอบเป็นเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ โดยทำการทดสอบรอบการทำงานคงที่ที่ 2,000 รอบต่อนาที จากนั้นทำการวัดปริมาณแก๊สไอเสียด้วยเครื่องวัด Testo 300 และวัดปริมาณมลพิษอนุภาคด้วยเครื่องวัด Testo 380 การเก็บข้อมูลจะวัดไอเสียที่กรองผ่านชิ้นงานแบบมีน้ำและกรองผ่านชิ้นงานแบบไม่มีน้ำ โดยตั้งสมมติฐานว่าไอเสียที่กรองผ่านชิ้นงานแบบมีน้ำและน้ำที่ใช้น้ำในการกรองไอเสียจำนวน 2 ครั้ง ไปหาปริมาณของแข็งในน้ำด้วยกระบวนการ Solid Test เพื่อเปรียบเทียบค่ามลพิษอนุภาคกับเครื่องมือวัด testo 380 และนำไปทดสอบกรดและเบสเพื่อดูความเป็นกรด-เบส เมื่อมลพิษอนุภาครวมตัวกับน้ำ โดยการทดสอบ wet scrubber ที่ติดตั้งกับระบบไอเสียจากเครื่องยนต์พร้อมวัดก๊าซไอเสียขณะคงที่ด้วยความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ 2,000 รอบต่อนาที แสดงดังรูปที่ 5 และแสดงตำแหน่งการวัดดังรูปที่ 6



รูปภาพที่ 5 Wet scrubber ขณะติดตั้งกับเครื่องยนต์



รูปภาพที่ 6 ตำแหน่งการวัดมลพิษ

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้ได้ทำการทดสอบก๊าซจากไอเสียดังนี้ O_2 , CO , CO_2 , NO และ NO_x รวมถึงมลพิษอนุภาค (PM) โดยในการทดสอบจะทดสอบเป็นจำนวน 2 ครั้ง เพื่อเปรียบเทียบกันระหว่างการใส่น้ำในชิ้นงานและการไม่ใส่น้ำในชิ้นงาน wet scrubber จากไอเสียของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟที่รอบการทำงานคงที่ที่ 2,000 รอบต่อนาที

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณก๊าซไอเสียระหว่างการใส่น้ำในชิ้นงานและการไม่ใส่น้ำในชิ้นงาน wet scrubber จะเห็นว่า การใส่น้ำในชิ้นงาน wet scrubber ไม่สามารถลดปริมาณก๊าซไอเสียได้อย่างมีนัยยะสำคัญ



ตารางที่ 1 แสดงปริมาณแก๊สในไอเสีย

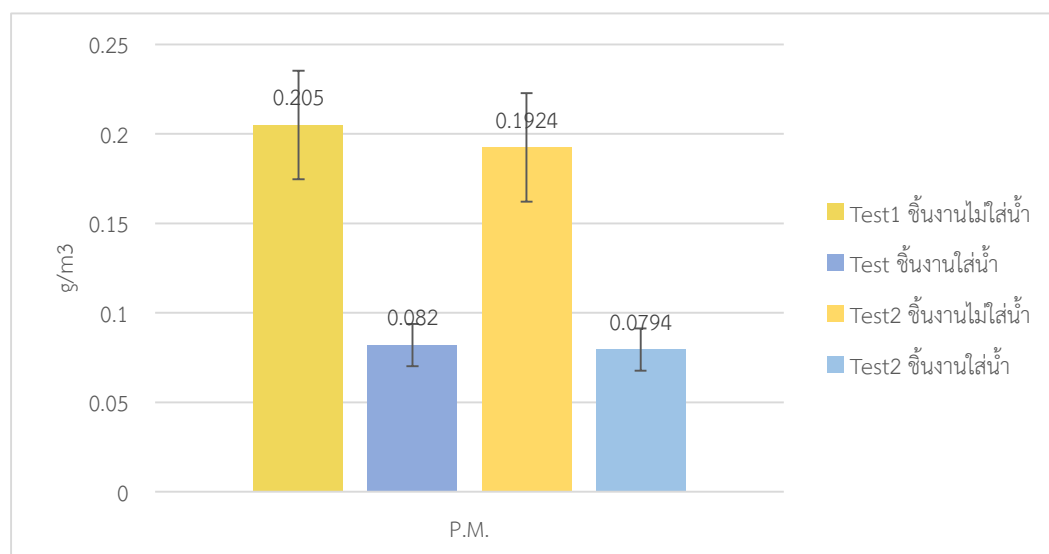
		ชิ้นงานไม่ใส่น้ำ	ชิ้นงานใส่น้ำ
O ₂ (%)	Test1	8.5	5.1
	Test2	3.4	12.7
	Average	5.95	8.9
	SD	3.61	5.37
CO (ppm)	Test1	2485	2186
	Test2	3104	1280
	Average	2794.5	1733
	SD	437.70	640.64
CO ₂ (%)	Test1	9.2	11.72
	Test2	13.02	6.11
	Average	11.11	8.915
	SD	2.70	3.97
NO (ppm)	Test1	40	38
	Test2	77	230
	Average	58.5	134
	SD	26.16	135.76
NO _x (ppm)	Test1	42	40
	Test2	81	242
	Average	61.5	141
	SD	27.58	142.84

ตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณอนุภาค (PM) จากไอเสียระหว่างการใส่น้ำและไม่ใส่น้ำใน wet scrubber จะเห็นได้ชัดเจนว่าการติดตั้ง wet scrubber แบบใส่น้ำ สามารถช่วยลดปริมาณมลพิษอนุภาคจากไอเสียได้ประมาณ 60% ซึ่งทั้งสองการทดสอบ (Test 1 และ Test 2) สามารถนำไปหาค่าเฉลี่ยได้ดังรูปภาพที่ 7

ตารางที่ 2 แสดงปริมาณ PM ในไอเสีย

g/m ³ PM	ชิ้นงานไม่ใส่น้ำ	ชิ้นงานใส่น้ำ
Test 1	0.225	0.108
	0.158	0.096
	0.24	0.092
	0.198	0.075
	0.194	0.073

	0.176	0.06
	0.18	0.07
	0.214	0.075
	0.253	0.084
	0.212	0.087
Test2	0.234	0.066
	0.241	0.075
	0.211	0.09
	0.18	0.095
	0.152	0.072
	0.16	0.07
	0.16	0.075
	0.184	0.08
	0.19	0.086
	0.212	0.085



รูปภาพที่ 7 ค่าเฉลี่ยการทดสอบปริมาณ PM ในไอเสีย

จากผลที่ได้ มีการนำไปใช้ทดสอบน้ำที่ใช้กรองไอเสียด้วยการทดสอบหาค่าของแข็งในของเหลวโดยการชั่งน้ำหนัก (Solid test) เนื่องจากค่าที่ได้นั้นเราต้องนำมาเปรียบเทียบเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของผลทดสอบ โดยปริมาณมลพิษอนุภาคที่วัดโดย Solid test จะเป็นค่าที่บ่งบอกว่าของแข็งที่อยู่ในไอเสียปริมาณเท่าไรเมื่อเทียบกับเครื่องมือวัด

จากสูตร ปริมาณของแข็งทั้งหมด = $(B-A) \times 1000 / \text{ปริมาณน้ำที่ใช้}$
โดย B คือ น้ำหนักแผ่นกรองหลังกรองน้ำ หน่วย mg
A คือ น้ำหนักแผ่นกรองก่อนกรองน้ำ หน่วย mg
และ ปริมาณน้ำที่ใช้มีหน่วย ml

ตารางที่ 3 แสดงผลการทดสอบ solid test จะเห็นว่าประสิทธิภาพการดูดซับมลพิษอนุภาคของน้ำในแต่ละการทดสอบ

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบปริมาณของแข็ง

		น้ำหนักก่อนกรอง (g)	น้ำหนักหลังกรอง (g)	ปริมาณของแข็งในน้ำทั้งหมด (mg/l)
ตัวอย่างน้ำจาก Test 1	แผ่นกรองที่ 1	3.6386	3.6406	20
	แผ่นกรองที่ 2	3.8083	3.8104	21
	แผ่นกรองที่ 3	4.2806	4.2829	23
ตัวอย่างน้ำจาก Test 2	แผ่นกรองที่ 1	3.6382	3.6411	29
	แผ่นกรองที่ 2	3.8081	3.8108	27
	แผ่นกรองที่ 3	4.2807	4.2831	24

จากการทดสอบปริมาณของแข็งในน้ำพบว่า มีของแข็งมีจำนวนที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อวัดแบบใช้กรอง แต่เมื่อนำมาคำนวณกับปริมาณน้ำที่ใช้จะเห็นได้ว่า ปริมาณของของแข็งแต่ละการทดลองไม่เท่ากัน ซึ่งเกิดจากประสิทธิภาพการดูดซับมลพิษอนุภาคแต่ละการทดสอบที่ไม่เท่ากัน เนื่องจากบางส่วนจะรวมกับไอเสีย แล้วออกไป บางส่วนจะถูกดูดซับรวมกับน้ำ ดังนั้นเราจึงทดสอบกรดเบสเพื่อดูว่ามลพิษอนุภาคเมื่อรวมตัวกับน้ำจะทำปฏิกิริยาแล้วเกิดเป็นกรดหรือเบส

จากรูปภาพที่ 8 แสดงให้เห็นว่าน้ำที่ใช้ทดสอบจาก Test 1 และ Test 2 มีค่า pH ประมาณ 6 ซึ่งหมายความว่าน้ำมีความเป็นกรดอยู่เล็กน้อย คาดว่าเป็น ผลมาจากของแข็งที่พบเจอในน้ำจากการทดลอง Solid Test



ก.)



ข.)

รูปภาพที่ 8 เทียบค่า pH ของน้ำจาก ก.) Test 1 ข.) Test 2

สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาความเป็นไปได้ของแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพในการลด PM ในไอเสียจากเครื่องยนต์ด้วยวิธีการบำบัดไอเสียแบบเปียก โดยทำการทดสอบชิ้นงานที่ความเร็วรอบครั้งที่ 2,000 รอบต่อนาที เป็นจำนวน 2 ครั้ง ได้ผลดังนี้

- Wet scrubber ที่ออกแบบและสร้างเป็นตัวต้นแบบนี้สามารถลดปริมาณแก๊สไอเสียและมลพิษอนุภาคจากเครื่องยนต์ได้อย่างมีนัยยะสำคัญ
- การทดสอบต้นแบบอุปกรณ์สามารถนำมาประกอบและใช้งานกับเครื่องยนต์ได้
- เมื่อเปรียบเทียบค่ามลพิษอนุภาคจากการทดสอบผ่านชิ้นงานแบบไม่ใส่น้ำและแบบใส่น้ำ ซึ่งได้ข้อสรุปว่าค่ามลพิษอนุภาคที่ได้มีปริมาณลดลงถึง 60% เมื่อผ่านน้ำที่อยู่ในชิ้นงาน

แผนการพัฒนต่อยอดในอนาคต

1. ลดขนาดและน้ำหนักของตัวชิ้นงานลงให้เหมาะสมกับขนาดรถแต่ละชนิดเพื่อสภาพคล่องในขณะขับที่จริง
2. จากการสรุปผลที่ได้จากการเปรียบเทียบค่า PM ในไอเสียระหว่างแบบที่มีน้ำอยู่ภายในชิ้นงานต้นแบบและแบบที่ไม่มีน้ำอยู่ภายในชิ้นงานต้นแบบ จะเห็นได้ว่ามีแนวโน้มที่ค่า PM จะลดลงเมื่อไอเสียวิ่งผ่านตัวกลางที่เป็นน้ำ แต่ในสภาวะที่นิ่ง งานในอนาคตจึงควรนำปททดสอบจริงแบบที่มีการไหลเวียนของน้ำ เข้าและออกตัวชิ้นงานต้นแบบตลอดระยะเวลาในทดสอบ เพื่อดูค่าที่เปลี่ยนแปลงของ PM หรือไม่



3. ทำการเปลี่ยนแปลงเครื่องยนต์เป็นชนิดอื่นหรือเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของไอเสีย เพื่อหาความเป็นไปได้ของการลด PM ในไอเสียที่เปอร์เซ็นต์ค่าอื่น เพราะมีแนวทางจากเครื่องยนต์เบนซินที่ได้ทำการทดสอบมาในโครงการนี้แล้ว
4. ศึกษาวิธีการจัดการน้ำที่มี PM ผสมอยู่หลังจากการทดสอบ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ขอขอบคุณ จิตรลดา เนียมวดี , นันทวัฒน์ แนนหนา และ ปภาวี ปานพรหม สำหรับการเก็บข้อมูลผลการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

- [1] CECO Environmental. (2018). WHAT IS A WET SCRUBBER. Retrieved December 7, 2021, from <https://www.cecoenviro.com/blog/what-is-a-wet-scrubber/>
- [2] James R. Kastner & K. C. Das Wet Scrubber Analysis of Volatile Organic Compound Removal in the Rendering Industry (2011). Retrieve December 27, 2011, from <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10473289.2002.10470800>
- [3] Danzomo, Bashir A. Salami, Momoh-Jimoh E. Jibrin, S. Khan and M. R. Nor, I. M.(2012). Performance evaluation of wet scrubber system for industrial air pollution control. . Retrieve December 1, 2012 from <http://repository.elizadeuniversity.edu.ng/handle/20.500.12398/480>
- [4] A Steam Specialist Company. (2021). Wet Scrubber. Retrieved July 15, 2021, from <https://www.tlv.com/global/SG/steam-theory/separators.html>
- [5] Bianchini, A., Pellegrini, M., Rossi, J. and Sacconi, C. (2018). Theoretical model and preliminary design of an innovative wet scrubber for the separation of fine particulate matter produced by biomass combustion in small size boilers. Retrieve December 7, 2021, from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0961953418301235?via%3Dihub>
- [6] สหกรณ์ ศิริจันทร์. (2559). บทที่ 2 กฎต่างๆที่เกี่ยวข้องกับแก๊ส. ค้นเมื่อ 15 กรกฎาคม 2564 , จาก <https://sites.google.com/a/srru.ac.th/reiyn-ru-reuxng-kaes-by-chembb/kd-tang-thi-keiywkhxng-kab-kaes>
- [7] บริษัท นิวแม็ก จำกัด. (ไม่ปรากฏปีพิมพ์). Wet Scrubber. ค้นเมื่อ 15 กรกฎาคม 2564 , จาก <https://www.pneumax.co.th/article-wet-scrubber-system>
- [8] N. Hoque , R. Situ, W. Hagan , J. Almedia , W. Lin and R.J. Brown (2014). A Thermo-Fluid Study of a Diesel Engine Wet Scrubber. Retrieve December 8, 2014, <https://people.eng.unimelb.edu.au/imarusic/proceedings/19/361.pdf>
- [9] WeBBusterZ (2020). Baffles in heat exchangers. Retrieve June 8, 2020 from <http://www.webbusterz.org/baffles-in-heat-exchangers/>
- [10] Mohamad Issa , Hussein Ibrahim , Adrian Ilinca , M. Yasser Hayyani (2019) . A Review and Economic Analysis of Different Emission Reduction Techniques for Marine Diesel Engines. Retrieve June 22, 2019, from A Review and Economic Analysis of Different Emission Reduction Techniques for Marine Diesel Engines (scirp.org)
- [11] Han Bang-U, Kim Hak-Jun, Kim Yong-Jin and Han kyong soo (2007). Removal Characteristics of Gaseous Contaminants by a Wet Scrubber with Different Packing Materials. Retrieve December 31, 2007 from <https://www.koreascience.or.kr/article/JAKO200709905981965.page>
- [12] Abdulwahid, A., Situ, R. and Brown, R. (2018). Underground Diesel Exhaust Wet Scrubbers: Current Status and Future Prospects. Retrieve December 7, 2018, from https://researchonline.jcu.edu.au/56724/1/56724_Abdulwahid_et_al_2018.pdf