

ธนกร อุทัยเมตรา : การประเมินการรับสัมผัสอนุภาค ที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซล ที่มีอายุเกิน 10 ปีขึ้นไป ภายใต้สภาวะความแตกต่างของเชื้อเพลิงไบโอดีเซล (EXPOSURE ASSESSMENT OF PARTICLES FROM COMBUSTION IN DIESEL ENGINES OVER 10 YEARS OLD UNDER VARIOUS BIODIESEL FUEL CONDITIONS)
อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เกียรติศักดิ์ บัตรสูงเนิน, 192 หน้า.

คำสำคัญ : อนุภาค/น้ำมันไบโอดีเซลผสม/ความเข้มข้นเชิงจำนวน/ความเข้มข้นเชิงมวล/เครื่องยนต์ดีเซล

อุตสาหกรรมยานยนต์ของประเทศไทยยังคงมีการใช้งานรถยนต์เครื่องยนต์ดีเซลที่มีอายุการใช้งานมากกว่า 10 ปีมีจำนวนมาก ซึ่งรถยนต์ส่วนใหญ่ในกลุ่มดังกล่าวยังไม่ได้ติดตั้งระบบกรองอนุภาคไอเสียดีเซล (Diesel Particulate Filter: DPF) ที่มีประสิทธิภาพ ส่งผลให้มีการปล่อยอนุภาคฝุ่นละอองจากไอเสียในปริมาณที่สูงกว่ารถยนต์รุ่นใหม่ ทำให้เกิดการปล่อยอนุภาคฝุ่นละอองขนาดเล็กที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ แม้จะมีการใช้น้ำมันไบโอดีเซลเป็นเชื้อเพลิงทางเลือก ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะของอนุภาคระดับนาโนที่เกิดจากการใช้งานในเครื่องยนต์รุ่นเก่ายังมีจำกัด การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบลักษณะของอนุภาคที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซลอายุเกิน 10 ปี โดยใช้น้ำมันไบโอดีเซลผสม 3 ประเภท ได้แก่ B7, B20 และ B30 ภายใต้การจำลองการขับที่ความเร็ว 50 และ 100 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (km/h) การดำเนินการวิจัยใช้เครื่องทดสอบสมรรถนะยานยนต์ (Chassis Dynamometer) ร่วมกับเครื่องมือตรวจวัดอนุภาค ได้แก่ เครื่องมือ Portable Aerosol Spectrometer Dust Detector (PAS) และเครื่องมือ Scanning Mobility Particle Sizer with Condensation Particle Counter (SMPS+C) ในการตรวจวัดอนุภาคภายนอกท่อ ขณะที่การตรวจวัดอนุภาคภายในท่อใช้เครื่องมือ Engine Exhaust Particle Sizer (EEPS) สำหรับการวิเคราะห์สัณฐานวิทยาและองค์ประกอบธาตุจะใช้เครื่องมือ Field Emission Scanning Electron Microscope (FESEM-EDS)

ผลการศึกษาพบว่าขนาดอนุภาคที่เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซลจากน้ำมัน 3 ประเภท มีการกระจายตัวภายในท่อไอเสียลักษณะสองโหมด คือ ช่วงขนาดระหว่าง 6-20 nm ที่จัดอยู่ในโหมดการก่อตัว (Nucleation mode) และช่วงขนาดระหว่าง 25-100 nm จัดอยู่ในโหมดการสะสม (Accumulation mode) การกระจายตัวภายนอกท่อไอเสีย ช่วงขนาดอนุภาค 10-1,000 nm อนุภาคมีขนาดใหญ่โดยเกิดกระบวนการก่อตัวของอนุภาคขนาดเล็ก

ความเข้มข้นเชิงจำนวนจากการตรวจวัดภายในท่อไอเสียที่ความเร็ว 50 km/hr การใช้น้ำมัน B7 (1.24×10^6 particles/cm³) มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาคือ B30 และต่ำสุด คือ B20 โดยขนาดอนุภาค ค่า GMD ใหญ่ที่สุดจากการใช้น้ำมัน B20 (36.60 nm) รองลงมา คือ B7 และขนาดเล็กที่สุด คือ B30 ในขณะที่การตรวจวัดภายนอกท่อพบว่าความเข้มข้นเชิงจำนวนมีค่าลดลง

โดยมีความเข้มข้นเฉลี่ยสูงสุด คือ น้ำมัน B30 (2.04×10^6 particles/cm³) รองลงมาคือ B7 และน้อยที่สุดคือ B20 โดยขนาดอนุภาค GMD ใหญ่ที่สุดจากการใช้น้ำมัน B20 (29.50 nm) รองลงมา คือ B7 และขนาดเล็กที่สุด คือ B30 ความเข้มข้นเชิงจำนวนจากการตรวจวัดภายในท่อไอเสียที่ความเร็ว 100 km/hr การใช้น้ำมัน B7 มีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยสูงสุด (1.87×10^7 particles/cm³) รองลงมาคือ B20 และต่ำที่สุด คือ น้ำมัน B30 โดยขนาดอนุภาค ค่า GMD ใหญ่ที่สุดจากการใช้น้ำมัน B30 (34.14 nm) รองลงมาคือ B20 และขนาดเล็กที่สุด คือ B7 (33.74 nm) ในขณะที่การตรวจวัดภายนอกท่อพบว่าความเข้มข้นเชิงจำนวนมีค่าลดลง โดยมีความเข้มข้นเฉลี่ยสูงสุด คือ น้ำมัน B7 (1.37×10^6 particles/cm³) รองลงมาคือ B30 และน้อยที่สุด คือ B20 โดยขนาดอนุภาค GMD ใหญ่ที่สุดจากการใช้น้ำมัน B20 (28.59 nm) รองลงมา คือ B7 และขนาดเล็กที่สุด คือ B30

ความเข้มข้นเชิงมวลแยกตาม Environmental Parameters (TSP, PM10, PM4, PM2.5 และ PM1) และ Occupational Parameters (Inhalable dust, Thoracic dust และ Respirable dust) พบความเข้มข้นเชิงมวลของ TSP และ Inhalable dust สูงที่สุด ของน้ำมัน 3 ประเภท พารามิเตอร์ความเข้มข้นของฝุ่นรวม TSP ในขณะที่การขับเคลื่อนด้วยความเร็วต่ำ พบความเข้มข้นเชิงมวลสูงสุด คือ น้ำมัน B30 (44.56 ug/m^3) รองลงมาน้ำมัน B7 และต่ำที่สูदन้ำมัน B20 ในขณะที่การขับเคลื่อนด้วยความเร็วสูงมีแนวโน้มในลักษณะคล้ายกัน ความเข้มข้นของอนุภาคเชิงมวลสูงสุด คือ น้ำมัน B30 (60.79 ug/m^3) รองลงมาน้ำมัน B7 และต่ำที่สุด คือ น้ำมัน B20

สำหรับพารามิเตอร์ค่าความเข้มข้นของฝุ่น PM2.5 ในขณะที่การขับเคลื่อนด้วยความเร็วต่ำ พบความเข้มข้นของอนุภาคเชิงมวลสูงสุด คือ น้ำมัน B30 (27.66 ug/m^3) รองลงมาน้ำมัน B7 และต่ำที่สูदन้ำมัน B20 ในขณะที่การขับเคลื่อนด้วยความเร็วสูง ความเข้มข้นของอนุภาคเชิงมวลสูงสุด คือ น้ำมัน B30 (36.39 ug/m^3) รองลงมาน้ำมัน B7 และต่ำที่สูदन้ำมัน B20

สัณฐานวิทยาของอนุภาคจาก B7 มีการเกาะกลุ่มกันแบบหนาแน่น ในขณะที่ B30 มีโครงสร้างแบบสายโซ่เปิดและมีความพรุนสูง (Fractal-like structure) ส่งผลให้มีพื้นที่ผิวจำเพาะมาก องค์ประกอบธาตุหลักของอนุภาคคือ คาร์บอน (C) และออกซิเจน (O) โดยที่ความเร็ว 100 km/h อนุภาคจาก B30 มีสัดส่วนคาร์บอนสูงสุดถึง 36.81% เทียบกับ B20 (22.44%) และ B7 (12.52%) พร้อมทั้งยังตรวจพบธาตุรอง เช่น เหล็ก (Fe) และกำมะถัน (S)

การใช้น้ำมันไบโอดีเซลในเครื่องยนต์เก่า แม้จะช่วยเพิ่มออกซิเจนในการเผาไหม้แต่กลับส่งผลให้มีการปลดปล่อยความเข้มข้นของอนุภาคเชิงมวลสูง และก่อให้เกิดอนุภาคระดับนาโนในโหมดการก่อตัว (Nucleation mode) และโหมดการสะสม (Accumulation mode) จึงควรมีการควบคุมมลพิษจากแหล่งกำเนิด เช่น การจำกัดการใช้รถดีเซลเก่า หรือการบังคับติดตั้งระบบกรองอนุภาคไอเสีย Diesel Particulate Filters (DPF) อย่างจริงจังเพื่อป้องกันผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชน รวมถึงควรมีการใช้อุปกรณ์ป้องกันระบบทางเดินหายใจที่มีประสิทธิภาพในการกรองอนุภาคระดับนาโน เช่น หน้ากากชนิด R95 หรือ R100 มาตรฐานสหรัฐอเมริกาและมาตรฐานยุโรป P95 หรือ P100 สำหรับงานที่มีไอระเหยน้ำมันหรือฝุ่นละอองผสมละอองน้ำมันเจือจาง

สาขาวิชาอาชีวอนามัย ความปลอดภัย

และสิ่งแวดล้อม

ปีการศึกษา 2568

ลายมือชื่อนักศึกษา..... ชนกร อภัยเกตุ

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... ภัทราพร อ.

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม..... 1070

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม..... 1070

TANAKORN UTHAIPHETRA : EXPOSURE ASSESSMENT OF PARTICLES FROM COMBUSTION IN DIESEL ENGINES OVER 10 YEARS OLD UNDER VARIOUS BIODIESEL FUEL CONDITIONS.

THESIS ADVISOR : ASST. PROF. KIATTISAK BATSUNGNOEN, Ph.D., 192 PP.

Keywords : Particles/biodiesel blends/particle number concentration (PNC)/mass concentration/ diesel engine

Thailand's automotive sector continues to rely heavily on diesel-powered vehicles that have been in service for more than a decade. A substantial proportion of these aging vehicles are not equipped with diesel particulate filters (DPFs), resulting in significantly higher particulate emissions than modern diesel vehicles and contributing to elevated concentrations of fine and ultrafine particulate matter with adverse health implications. Although biodiesel has been widely promoted as an alternative fuel, the physicochemical characteristics of nanoparticles emitted from aging diesel engines fueled with biodiesel blends remain poorly understood. This study investigated the size distribution, number concentration, mass concentration, morphology, and elemental composition of particulate emissions from a diesel engine aged over 10 years operating on three biodiesel blends (B7, B20, and B30) under simulated driving conditions at 50 and 100 km/h. Experiments were conducted using a chassis dynamometer coupled with an Engine Exhaust Particle Sizer (EEPS) for in-pipe measurements and a Portable Aerosol Spectrometer (PAS) together with a Scanning Mobility Particle Sizer coupled with a Condensation Particle Counter (SMPS+C) for tailpipe measurements. Particle morphology and elemental composition were subsequently characterized using field-emission scanning electron microscopy coupled with energy-dispersive X-ray spectroscopy (FESEM-EDS).

The results revealed that emissions from all three biodiesel blends exhibited a bimodal Particle size distribution within the exhaust pipe, comprising a nucleation mode (6–20 nm) and an accumulation mode (25–100 nm). Outside the tailpipe, particle sizes ranged from 10 to 1,000 nm, with a shift toward larger particle diameters while nanoparticles within the nucleation mode remained detectable.

Particle number concentrations varied with biodiesel blend and driving speed. At both 50 and 100 km/h, B7 consistently exhibited the highest in-pipe particle number concentrations (1.24×10^6 and 1.87×10^7 particles/cm³, respectively), whereas concentrations measured outside the tailpipe were substantially lower. At 50 km/h, B30 produced the highest downstream particle number concentration, whereas B7 exhibited the highest concentration at 100 km/h. In contrast, the largest geometric mean diameters (GMDs) were generally associated with B20 or B30, indicating differences in particle size characteristics among the biodiesel blends.

Mass concentrations were evaluated using environmental (TSP, PM₁₀, PM₄, PM_{2.5}, and PM₁) and occupational (inhalable, thoracic, and respirable dust) exposure metrics. Across all biodiesel blends, TSP and inhalable dust exhibited the highest mass concentrations. B30 consistently produced the highest TSP concentrations, reaching 44.56 µg/m³ at 50 km/h and 60.79 µg/m³ at 100 km/h, whereas B20 consistently yielded the lowest values. A similar pattern was observed for PM_{2.5}, with B30 producing the highest concentrations (27.66 and 36.39 µg/m³ at 50 and 100 km/h, respectively), B7 showing intermediate levels, and B20 exhibiting the lowest concentrations.

Particle morphology analysis revealed that B7-derived particles formed compact aggregates, whereas B30-derived particles exhibited open-chain, highly porous, fractal-like structures, indicating a larger specific surface area. Elemental analysis identified carbon (C) and oxygen (O) as the dominant constituents of particles from all biodiesel blends. At 100 km/h, B30-derived particles exhibited the highest carbon content (36.81%), compared with B20 (22.44%) and B7 (12.52%). Trace amounts of iron (Fe) and sulfur (S) were also detected.

The findings indicate that although biodiesel enhances fuel oxygenation, its use in aging diesel engines was associated with increased particulate mass emissions and the formation of nanoparticles in both the nucleation and accumulation modes.

These results underscore the importance of strengthening emission-control strategies for older diesel vehicles, particularly through the implementation of effective diesel particulate filters (DPFs) and stricter emission regulations, to reduce nanoparticle emissions and mitigate their potential impacts on public health. In occupational settings where exposure to diesel exhaust nanoparticles cannot be adequately controlled through engineering or administrative controls, appropriate respiratory protective equipment (e.g., R95/R100 or P95/P100 respirators) should be used to minimize inhalation exposure.

School of Occupational Health, Safety
and Environment

Academic Year 2025

Student's Signature..... สมชาย อภิบาลกิจ

Advisor's Signature..... สมชาย อภิบาลกิจ

Co-Advisor's Signature..... สมชาย

Co-Advisor's Signature..... สมชาย อภิบาลกิจ