

การลดปริมาณเขม่าควันดำของไอเสียจากเครื่องยนต์ดีเซลด้วยอุปกรณ์กรอง
มลพิษแบบไหลผ่านบางส่วน

REDUCTION OF DIESEL ENGINE'S PARTICULATE MATTER USING PARTIAL
FLOW DIESEL PARTICULATE FILTER



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่งทางราง

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2563

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

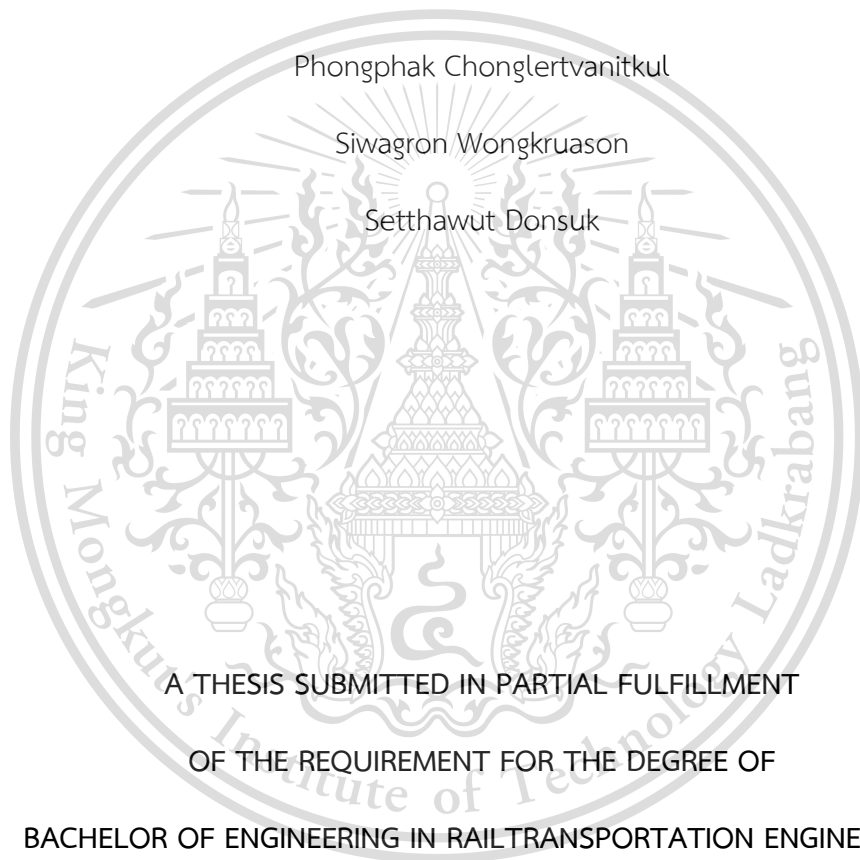
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

REDUCTION OF DIESEL ENGINE'S PARTICULATE MATTER USING PARTIAL
FLOW DIESEL PARTICULATE FILTER

Phongphak Chonglertvanitkul

Siwagron Wongkruason

Setthawut Donsuk



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN RAILTRANSPORTATION ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2020

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2563

สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่งทางราง คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การลดปริมาณเขม่าควันดำของไอเสียจากเครื่องยนต์ดีเซลด้วยอุปกรณ์กรองมลพิษแบบไหลผ่านบางส่วน

REDUCTION OF DIESEL ENGINE'S PARTICULATE MATTER USING PARTIAL FLOW
DIESEL PARTICULATE FILTER

ผู้จัดทำ

1. นาย พงศ์ภัค จงเลิศวิชกุล รหัสประจำตัว 60010646
2. นาย ศิวกร วงศ์เครือสร รหัสประจำตัว 60010985
3. นาย เสฏฐวุฒิ โดนสุข รหัสประจำตัว 60011115



อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร.ปรีชา การินทร์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

การลดปริมาณเขม่าควันดำของไอเสียจากเครื่องยนต์ดีเซลด้วยอุปกรณ์กรองมลพิษแบบไหลผ่านบางส่วน

นายพงศ์ ภัค	จงเลิศ วัฒนิชกุล	60010646
นายศิวกร	วงศ์ เครือศรี	60010985
นายเสกฐฎู ฒิ	โดน สุข	60011115
รศ.ดร.ปรีชา	การินทร์	อาจารย์ที่ปรึกษา ปีการศึกษา 2563

บทคัดย่อ

ปัจจุบันในประเทศไทยมีการใช้เครื่องยนต์ดีเซลอย่างแพร่หลาย และโดยอย่างไรก็ตามพบว่าเครื่องยนต์ดีเซลมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูง เมื่อเทียบกับเครื่องยนต์สันดาปภายในรูปแบบอื่นๆ แต่ก็มีข้อเสีย คือ มีการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ จึงทำให้เกิดเขม่าควันดำและฝุ่นละอองเป็นจำนวนมากซึ่งออกมาจากท่อไอเสีย ทำให้เป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมและส่งผลเสียต่อสุขภาพ ดังนั้น วิทยานิพนธ์นี้จึงจัดทำขึ้นเพื่อลดปริมาณเขม่าควันดำที่ออกจากท่อไอเสียของเครื่องยนต์ดีเซล โดยการใช้อุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเขม่าแบบไหลผ่านบางส่วน (Partial Flow DPF) ซึ่งวิทยานิพนธ์เล่มนี้แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกทำการศึกษาลักษณะทางกายภาพและเคมีของอุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเขม่าแบบไหลผ่านบางส่วน โดยใช้กล้องอิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope : SEM) วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy : EDS) และส่วนที่สอง ทำการศึกษา วิเคราะห์ผลกระทบบของดีเซล ออกซิเดชัน แคทตาลิสต์ (Diesel Oxidation Catalyst, DOC) ที่มีผลต่อการลดปริมาณมลพิษ ซึ่งเคลือบด้วย แพลทินัม (Pt) และซีเรียมออกไซด์ (CeO_2) โดยทำงานควบคู่ไปกับอุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเขม่าแบบไหลผ่านบางส่วน ซึ่งจากผลวิจัยพบว่าโครงสร้างระดับมาโครภายในของอุปกรณ์กรองมลพิษแบบไหลผ่านบางส่วน (Partial Flow DPF) ซึ่งประกอบด้วยชั้นครีโบลหะ (Metal Foil) และชั้นเส้นใยโลหะ (Metal Fiber) พบว่าเส้นใยโลหะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 21-28 ไมครอน องค์ประกอบธาตุหลักคือ เหล็ก (Fe) โครเมียม (Cr) และอลูมิเนียม (Al)

จากผลการศึกษาสารเคลือบเพื่อเร่งปฏิกิริยาเคมี ใน ดีเซล ออกซิเดชัน แคทตาลิสต์ (DOC) พบว่า สารซีเรียมออกไซด์ (CeO_2) มีส่วนประกอบของธาตุออกซิเจน (O_2) ทำให้การเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation) เพิ่มขึ้น ส่วนสารเคลือบแพลทินัม (Platinum) พบว่า มีคุณสมบัติเป็นโลหะทรานซิชัน (Transition metal) ดังนั้น ทำให้เร่งปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในดีเซล ออกซิเดชัน แคทตาลิสต์ (DOC) ได้ดี จากการทดสอบพร้อมอุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเขม่าแบบไหลผ่านบางส่วน

ไม่ว่ากรณีใด (Partial flow DPF) บนแท่นทดสอบเครื่องยนต์ พบว่า ปริมาณแก๊สไนโตรเจนออกไซด์ (NO) เพิ่มขึ้น

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ในดีเซล ออกซิเดชัน แคทตาลิสต์ (DOC) และทำให้แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) มีปริมาณลดลง เนื่องจาก กลายเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์(CO₂) ส่วนปริมาณแก๊สไฮโดรคาร์บอน (HC) ลดลง เนื่องจากจะถูกออกซิไดซ์ให้เป็น คาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) และน้ำ (H₂O) และค่าอนุภาคเขม่าควันดำ มีปริมาณลดลง เนื่องจากอนุภาคเขม่าควันดำถูกดักจับ โดยอุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเขม่าอนุภาค เขม่าแบบไหลผ่านบางส่วน (Partial Flow DPF)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

REDUCTION OF DIESEL ENGINE'S PARTICULATE MATTER
USING PARTIAL FLOW DIESEL PARTICULATE FILTER

Phongphak	Chonglertvanitkul	60010646
Siwagron	Wongkruason	60010985
Setthawut	Donsuk	60011115
Assoc.Prof. Dr.Preechar	Karin	Year 2563

ABSTRACT

Nowadays, in Thailand, there is widespread use of automotive diesel engines. As you know, diesel engines have high thermal efficiency. When compared with another of internal combustion engine but it has a disadvantage is incomplete combustion. This causes a lot of soot, black smoke and dust coming out of the exhaust pipe. It pollutes the environment and negatively affects health. Therefore, this thesis is designed to reduce the amount of black smoke that emits from the exhaust pipe of the diesel engine. By using the partial flow diesel particulate filter (partial flow DPF). This thesis, the study was divided into 2 parts. First, study physical and chemical properties of partial flow diesel particulate filter by using Scanning Electron Microscope (SEM) , Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (EDS). Second, analyzed the effect of the catalytic converter (Diesel Oxidation Catalyst (DOC) on the Reduce the amount of pollution that were coated with platinum (Pt) and cerium oxide (CeO_2) by using a partial flow diesel particulate filter.

From the Result, it was found that the internal macro-level structure of the partial flow DPF filtering device, which consisted of the metal foil layer and the metal fiber layer. The diameter is about 21-28 microns, the main elements are iron (Fe), chromium (Cr) and aluminum (Al). From the results of the study of coatings for catalytic converters (DOC), cerium oxide (CeO_2) contained oxygen (O_2), increasing the oxidation reaction. For the platinum-type coating, it was found that it qualified as Transition metal therefore makes it possible to accelerate the chemical reactions that occur in the catalytic converter (DOC) well from the test with a partial flow DPF filtering device. On the engine test bench, it was found that the amount of nitrogen oxide (NO) gas increased. Due to oxidation In catalytic converters (DOC), the carbon monoxide (CO) gas is reduced because it is carbon dioxide (CO_2), while the hydrocarbon gas (HC) content is reduced due to being oxidized. are Carbon dioxide (CO_2) and water (H_2O) and particulate matter values were reduced due to the black soot particles being trapped by the partial flow DPF filtering device.

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก อาจารย์ที่ปรึกษา คือ รศ.ดร.ปรีชา การินทร์ ที่ได้กรุณาเสียสละเวลาให้ข้อเสนอแนะ ตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่อง ด้วยความเอาใจใส่ตั้งแต่ต้นจนแล้วเสร็จ ผู้ศึกษาขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบพระคุณพี่ทัณญ พี่วิรุทธ พี่ปณณต์ พี่กฤติน และพี่Ye Htet Lin ที่ให้ความรู้และให้คำแนะนำ ให้ความอนุเคราะห์ในการเตรียมการ การทดสอบและการเก็บรวบรวมข้อมูลในงานวิจัย รวมไปถึง ให้คำปรึกษา แนะนำ ตรวจสอบ ติดตามความก้าวหน้า แก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการทำงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณบุคลากรสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ที่ให้ข้อมูลเกี่ยวกับการศึกษาทางด้านสัญญาณวิทยาและให้ความรู้ คอยแนะนำ ข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ รวมถึงช่วยเตรียมชิ้นงานวิจัยเพื่อทำการทดสอบให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้คุณค่าประโยชน์อันพึงมีจากการศึกษางานวิจัยผู้ศึกษา ขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณของบิดา มารดา ซึ่งเป็นผู้ให้ชีวิตและเป็นผู้มีพระคุณ ตลอดจนบูรพาจารย์ทุกท่าน และพี่ๆทุกท่าน ที่มีส่วนสำคัญต่อความสำเร็จในครั้งนี้

นายพงศ์ภัค จงเลิศวณิชกุล
นายศิวกร วงศ์เครือสร
นายเสฏฐวุฒิ โดนสุข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and IV cite the document when use.

สารบัญ

บทคัดย่อ.....	I
ABSTRACT	III
กิตติกรรมประกาศ.....	IV
สารบัญ.....	V
สารบัญตาราง	VIII
สารบัญรูปภาพ.....	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ.....	1
1.2 จุดประสงค์ของงานวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
1.5 วิธีการดำเนินงาน.....	3
บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 เครื่องยนต์ดีเซล (Diesel engine).....	4
2.2 มลพิษที่เกิดจากเครื่องยนต์ดีเซล	7
2.3 อนุภาคฝุ่นละออง.....	9
2.4 เชื้อเพลิงทางเลือก : ไบโอดีเซล	10
2.5 อุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเขม่าในเครื่องยนต์ดีเซล.....	12
2.6 การดักจับเขม่าและปฏิกิริยาทางเคมีของแก๊สไอเสียที่เกิดขึ้นในอุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาค เขม่าแบบไหลผ่านบางส่วน	14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	16
3.1 เครื่องมือทดลอง.....	16
3.1.1 รายละเอียดของเครื่องยนต์ ISUZU D-max 4JJ1-TC.....	17
3.1.2 ไดนาโมมิเตอร์ (Eddy Current Dynamometer).....	18
3.1.3 เซนเซอร์วัดความดัน (Pressure sensor).....	18
3.1.4 เซนเซอร์วัดองศาเพลลาข้อเหวี่ยง (Crank angle encoder sensors).....	19
3.1.5 ระบบรวบรวมข้อมูล (Data acquisition unit)	20
3.1.6 เครื่องมือตรวจวัดความทึบแสงและเครื่องวิเคราะห์แก๊สไอเสีย (AVL Opacity Meter..... and Gas Analyzer).....	20
3.1.7 ดีเซล ออกซิเดชัน แคทตาลิสต์ (Diesel Oxidation Catalyst, DOC).....	21
3.1.8 อุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเขม่าแบบไหลผ่านบางส่วน (Partial Flow DPF)	21
3.1.9 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด(Scanning Electron Microscope / SEM) 23	
3.2 การทดลองและขั้นตอน (Experimental apparatus and Procedure).....	24
3.2.1 การออกแบบและติดตั้งระบบกรองเขม่าแบบไหลผ่านบางส่วน	24
3.2.2 เงื่อนไขในการทดสอบ	27
3.2.3 สันฐานวิทยาและโครงสร้างระดับนาโนของอุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเขม่าแบบไหล ผ่านบางส่วน	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and VI cite the document when use.

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 4 ผลการวิจัย	29
4.1 การวิเคราะห์โครงสร้างภายในของอุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเขม่าแบบไหลผ่านบางส่วน...29	
4.1.1 ลักษณะโครงสร้างพื้นผิว ของอุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเขม่าแบบไหลผ่านบางส่วน ..	29
4.1.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยสเปกโทรเมตรีรังสีเอกซ์แบบกระจายพลังงาน (EnergyDispersive X-Ray Spectroscopy : EDS).....	31
4.2 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์เมื่อติดตั้งระบบกรองมลพิษอนุภาคเขม่าแบบไหล.... ผ่านบางส่วน (Partial Flow DPF)	33
4.3 การวิเคราะห์ไอเสียของเครื่องยนต์เมื่อติดตั้งระบบกรองมลพิษอนุภาคเขม่าแบบไหลผ่าน บางส่วน	38
บทที่ 5 สรุปผลงานวิจัย	47
เอกสารอ้างอิง	48
ภาคผนวก	49
ภาคผนวก ก.....	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, or cite the document when use.

สารบัญตาราง

ตารางที่ 3.1	รายละเอียดของเครื่องยนต์ ISUZU D-max 4JJ1-TC.....	17
ตารางที่ 3.2	แสดงรายละเอียดของอุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเขม่าแบบไหลผ่านบางส่วน (Partial Flow DPF).....	21
ตารางที่ 3.3	แสดงเงื่อนไขในการทดสอบเครื่องยนต์ ISUZU D-max 4JJ1-TC	27
ตารางที่ 4.1	องค์ประกอบของธาตุ ของครีบอลโลหะ ด้วย วิธี EDS	31
ตารางที่ 4.2	องค์ประกอบของธาตุ ของเส้นใยโลหะ ด้วยวิธี EDS.....	32



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 2.1	ลักษณะการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซลแบบสี่จังหวะ	4
รูปที่ 2.2	วัฏจักรของเครื่องยนต์ดีเซล	5
รูปที่ 2.3	อัตราการปล่อยความร้อนของเครื่องยนต์ดีเซลและช่วงการเผาไหม้แบบต่างๆ.....	6
รูปที่ 2.4	แผนผังการลุกลามของเปลวไฟจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซล	7
รูปที่ 2.5	ปริมาณมลพิษอนุภาคเขม่าดีเซลและการกระจายขนาดของมลพิษอนุภาคเดี่ยวจากไอเสีย เครื่องยนต์ดีเซลและไบโอดีเซล.....	8
รูปที่ 2.6	ภาพรวมการกระจายของขนาดมลพิษอนุภาคเขม่าจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงไฮโดรคาร์บอน ในเครื่องยนต์สันดาปภายใน	9
รูปที่ 2.7	แสดงข้อมูลการใช้พลังงานของโลก.....	10
รูปที่ 2.8	ปริมาณมลพิษอนุภาคเขม่าดีเซลและการกระจายขนาดของมลพิษอนุภาคเดี่ยวจากไอเสีย เครื่องยนต์ดีเซลและไบโอดีเซล.....	11
รูปที่ 2.9	อุปกรณ์กรองมลพิษ (a) แบบไหลผ่านบางส่วน (Flow-through Partial flow dieselparticulate filters (P-DPFs)) และ (b) อุปกรณ์กรองมลพิษดีเซลแบบไหลผ่าน ผนังทั้งหมด (Full flow, Wall-flow diesel particulate filters (F-DPFs)).....	13
รูปที่ 2.10	แผนภาพทิศทางการไหลของอนุภาคเขม่าดีเซลและลักษณะภายในของอุปกรณ์กรอง มลพิษอนุภาคเขม่าแบบไหลผ่านบางส่วน	14
รูปที่ 2.11	อุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเขม่าในเครื่องยนต์ดีเซล : ปฏิกริยาไอเสียเพื่อลดการปล่อย เขม่า	15
รูปที่ 3.1	ชุดทดสอบสมรรถนะและประสิทธิภาพเครื่องยนต์ (Engine dynamometer) ขนาด ประมาณ 100 kW ณ ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยียานยนต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง.....	16
รูปที่ 3.2	เครื่องยนต์ ISUZU D-max 4J1-TC.....	17
รูปที่ 3.3	ไดนาโมชนิดกระแสเหนี่ยวนำ (Tokyo Plant model ED-150-LC).....	18
รูปที่ 3.4	แสดงตัวอย่างของ Pressure Sensor (Kistler 6052C31-piezoelectric crystal).....	19
รูปที่ 3.5	เซนเซอร์วัดองศาเพลลาข้อเหวี่ยง (Crank angle encoder sensors) และ marker disk	19
รูปที่ 3.6	ระบบรวบรวมข้อมูล (Data acquisition unit) และ จอแสดงผล (Data acquisition interface).....	20
รูปที่ 3.7 (1)	เครื่องมือตรวจวัดระดับความทึบแสง (AVL Opacity Meter) และ (2) เครื่อง วิเคราะห์ประสิทธิภาพการเผาไหม้ (Gas Analyzer).....	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามแก้ไขตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, an IX cite the document when use.

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่ 3.8 ตัวอย่างของดีเซล ออกซิเดชัน แคทตาลิสต์ (Diesel Oxidation Catalyst, DOC) (1) เคลือบด้วยสารซีเรียมออกไซด์ (CeO_2) , (2) เคลือบด้วยสารแพลทินัม (Pt).....	21
รูปที่ 3.9 ตัวอย่างอุปกรณ์กรองมลพิษแบบไหลผ่านบางส่วน (Partial Flow DPF) ซึ่งผลิตจากเส้นใย โลหะ (Metal fiber) และครีบลโลหะ (Metal foil)	22
รูปที่ 3.10 ตัวอย่างภาพถ่ายระดับมาโครของครีบลโลหะ (Metal foil)	22
รูปที่ 3.11 ตัวอย่างภาพถ่ายระดับมาโครของเส้นใยโลหะ (Metal fiber).....	22
รูปที่ 3.12 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope / SEM) ณ ห้องปฏิบัติการทางวัสดุศาสตร์ขั้นสูง สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ	23
รูปที่ 3.13 โครงสร้างของหน้าแปลนท่อทางออกไอเสีย (Header Flange) ที่ต่อรวมไอเสีย (Engine Exhaust Manifold) ก่อนเข้าดีเซลออกซิเดชันแคทตาลิสต์ Diesel Oxidation Catalyst... (DOC)	25
รูปที่ 3.14 แบบสองมิติและแบบสามมิติของดีเซลออกซิเดชันแคทตาลิสต์ (DOC).....	25
รูปที่ 3.15 แบบสองและสามมิติของระบบอุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเขม่าแบบไหลผ่านบางส่วน (Partial Flow DPFs) ที่ประกอบเข้ากับดีเซลออกซิเดชันแคทตาลิสต์ (DOC) หน้าแปลนต่อ รวมไอเสียเครื่องยนต์และท่อสำหรับติดตั้งเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ ความดัน ปริมาณแก๊สไอ เสียและมลพิษอนุภาคเขม่า.....	26
รูปที่ 3.16 การทดสอบ และวิเคราะห์ชิ้นส่วนโครงสร้างระดับนาโนของอุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาค เขม่าแบบไหลผ่านบางส่วน ณ ห้องปฏิบัติการทางวัสดุศาสตร์ขั้นสูง สำนักงานพัฒนา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ	28
รูปที่ 4.1 โครงสร้างระดับไมโครของครีบลโลหะ (Metal Foil).....	30
รูปที่ 4.2 โครงสร้างระดับไมโครของเส้นใยโลหะ (Metal Fiber).....	30
รูปที่ 4.3 การวิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุด้วยวิธี EDS ของครีบลโลหะ (Metal Foil)	31
รูปที่ 4.4 การวิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุด้วยวิธี EDS ของเส้นใยโลหะ (Metal Fiber).....	32
รูปที่ 4.5 อัตราการไหลของเชื้อเพลิงเข้าห้องเผาไหม้เครื่องยนต์ (Fuel Flow Rate) กรณีติดตั้งและไม่ ติดตั้งดีเซล ออกซิเดชัน แคทตาลิสต์และอุปกรณ์กรองมลพิษแบบไหลผ่านบางส่วน บน แท่นทดสอบ เครื่องยนต์.....	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, an X cite the document when use.

สารบัญรูปร่างภาพ (ต่อ)

รูปที่ 4.6 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรค (Brake Specific Fuel Consumption) กรณีติดตั้งและไม่ติดตั้งดีเซล ออกซิเดชัน แคทตาลิสต์และอุปกรณ์กรองมลพิษแบบไหลผ่านบางส่วน บนแท่นทดสอบ เครื่องยนต์.....	34
รูปที่ 4.7 อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเบรค (Brake Specific Energy Consumption) กรณีติดตั้งและไม่ติดตั้งดีเซล ออกซิเดชัน แคทตาลิสต์และอุปกรณ์กรองมลพิษแบบไหลผ่านบางส่วน บนแท่นทดสอบ เครื่องยนต์.....	34
รูปที่ 4.8 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรค (Brake Thermal Efficiency) กรณีติดตั้งและไม่ติดตั้งดีเซล ออกซิเดชัน แคทตาลิสต์และอุปกรณ์กรองมลพิษแบบไหลผ่านบางส่วน บนแท่นทดสอบเครื่องยนต์	35
รูปที่ 4.9 อุณหภูมิไอเสียเครื่องยนต์ กรณีติดตั้งซีเรียมออกไซด์ (CeO ₂) ดีเซล ออกซิเดชัน แคทตาลิสต์และอุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเขม่า อนุภาคเขม่าแบบไหลผ่านบางส่วน บนแท่นทดสอบเครื่องยนต์.....	36
รูปที่ 4.10 อุณหภูมิไอเสียเครื่องยนต์ กรณีติดตั้งแพลตินัม (Pt) ดีเซล ออกซิเดชัน แคทตาลิสต์ และอุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเขม่า อนุภาคเขม่าแบบไหลผ่านบางส่วน บนแท่นทดสอบเครื่องยนต์.....	36
รูปที่ 4.11 แก๊สไนโตรเจนออกไซด์ (NO) ในไอเสียเครื่องยนต์ กรณีติดตั้งซีเรียมออกไซด์ (CeO ₂) ดีเซล ออกซิเดชัน แคทตาลิสต์ และอุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเขม่าแบบไหลผ่านบางส่วน บนแท่นทดสอบเครื่องยนต์.....	38
รูปที่ 4.12 แก๊สไนโตรเจนออกไซด์ (NO) ในไอเสียเครื่องยนต์ กรณีติดตั้งแพลตินัม (Pt) ดีเซล ออกซิเดชัน แคทตาลิสต์และอุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเขม่าแบบไหลผ่านบางส่วน บนแท่นทดสอบเครื่องยนต์.....	38
รูปที่ 4.13 แก๊สออกซิเจน (O ₂) ในไอเสียเครื่องยนต์กรณีติดตั้งซีเรียมออกไซด์ (CeO ₂) ดีเซล ออกซิเดชัน แคทตาลิสต์และอุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเขม่าแบบไหลผ่านบางส่วน บนแท่นทดสอบเครื่องยนต์.....	39
รูปที่ 4.14 แก๊สออกซิเจน (O ₂) ในไอเสียเครื่องยนต์ กรณีติดตั้งแพลตินัม (Pt) ดีเซล ออกซิเดชัน แคทตาลิสต์ และอุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเขม่าแบบไหลผ่านบางส่วน บนแท่นทดสอบเครื่องยนต์.....	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, or XI cite the document when use.

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่ 4.15	แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ในไอเสียเครื่องยนต์ กรณีติดตั้งซีเรียมออกไซด์ (CeO ₂) ดีเซล ออกซิเดชัน แคทตาลิสต์และอุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเขม่าแบบไหลผ่านบางส่วน บนแท่นทดสอบเครื่องยนต์41
รูปที่ 4.16	แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ในไอเสียเครื่องยนต์ กรณีติดตั้งแพลตินัม (Pt) ดีเซล ออกซิเดชัน แคทตาลิสต์ และอุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเขม่าแบบไหลผ่านบางส่วน บนแท่นทดสอบเครื่องยนต์41
รูปที่ 4.17	แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO ₂) ในไอเสียเครื่องยนต์ กรณีติดตั้งซีเรียมออกไซด์ (CeO ₂) ดีเซล ออกซิเดชัน แคทตาลิสต์และอุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเขม่าแบบไหลผ่านบางส่วน บนแท่นทดสอบเครื่องยนต์42
รูปที่ 4.18	แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO ₂) ในไอเสียเครื่องยนต์ กรณีติดตั้งแพลตินัม (Pt) ดีเซล ออกซิเดชัน แคทตาลิสต์ และอุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเขม่าแบบไหลผ่านบางส่วน บนแท่นทดสอบเครื่องยนต์42
รูปที่ 4.19	แก๊สไฮโดรคาร์บอน (HC) ในไอเสียเครื่องยนต์ กรณีติดตั้งซีเรียมออกไซด์ (CeO ₂) ดีเซล ออกซิเดชัน แคทตาลิสต์และอุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเขม่าแบบไหลผ่านบางส่วน บนแท่นทดสอบเครื่องยนต์44
รูปที่ 4.20	แก๊สไฮโดรคาร์บอน (HC) ในไอเสียเครื่องยนต์ กรณีติดตั้งแพลตินัม (Pt) ดีเซล ออกซิเดชัน แคทตาลิสต์ และอุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเขม่าแบบไหลผ่านบางส่วน บนแท่นทดสอบเครื่องยนต์44
รูปที่ 4.21	เขม่าควันดำของไอเสียเครื่องยนต์ (ใช้เครื่องมือวัดควันดำแบบ Opacity Meter) กรณีติดตั้งซีเรียมออกไซด์ (CeO ₂) ดีเซล ออกซิเดชัน แคทตาลิสต์และอุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเขม่าแบบไหลผ่านบางส่วน บนแท่นทดสอบเครื่องยนต์45
รูปที่ 4.22	เขม่าควันดำของไอเสียเครื่องยนต์ (ใช้เครื่องมือวัดควันดำแบบ Opacity Meter) กรณีติดตั้งแพลตินัม (Pt) ดีเซล ออกซิเดชัน แคทตาลิสต์และอุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเขม่าแบบไหลผ่านบางส่วน บนแท่นทดสอบเครื่องยนต์45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, arXII cite the document when use.

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ในปัจจุบันฝุ่นละอองที่เกิดจากไอเสียของรถยนต์ดีเซล ถือเป็นอีกปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อนในประเทศไทย โดยรถยนต์ดีเซลที่มีค่าควันดำเกินมาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษในประเทศไทยยังคงมีการใช้งานจนถึงปัจจุบันทำให้เป็นสาเหตุในการเกิดมลพิษในอากาศ โดยเฉพาะเครื่องยนต์ดีเซลที่เสื่อมสภาพทำให้การทำงานของเครื่องยนต์ดีเซลไม่เต็มประสิทธิภาพ ดังนั้นทำให้น้ำมันที่ฉีดเข้าไปในห้องเผาไหม้ ไม่สามารถเผาไหม้จนหมด และปล่อยเขม่าควันดำออกมา เช่น รถโดยสารสาธารณะที่มีค่าควันดำเกินมาตรฐาน ยังคงถูกใช้งานอยู่ในปัจจุบัน เป็นอีกสาเหตุที่ทำให้เกิดฝุ่นละอองขนาดเล็ก(Particulate Matter, PM) ที่เป็นมลพิษในประเทศไทย ซึ่งประเทศไทยได้มีการกำหนดมาตรฐานควันดำของรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์แบบจุดระเบิดด้วยการอัด[1] โดยได้ดำเนินการตรวจสอบ ตรวจจับและห้ามใช้รถยนต์ดังกล่าว ซึ่งดำเนินการได้กับรถยนต์ ชนิด รถกระบะ รถตู้ รถประจำทาง เป็นต้น โดยการออกคำสั่งห้ามใช้ยานพาหนะ (ห้ามใช้ชั่วคราว , ห้ามใช้เด็ดขาด) แก่รถยนต์ที่มีค่าควันดำเกินมาตรฐานกำหนด (ร้อยละ 50 เมื่อตรวจวัดด้วยเครื่องมือวัดเขม่าควันดำระบบกระดาษกรองหรือไม่เกินร้อยละ45 เมื่อวัดด้วยเครื่องมือวัดเขม่าควันดำระบบวัดความทึบแสง) จึงเกิดความคิดที่จะนำอุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเขม่าแบบไหลผ่านบางส่วนมาใช้ในเครื่องยนต์ดีเซล (Diesel Particulate Filter, DPF) เพื่อควบคุมการปล่อยมลพิษออกสู่อากาศ โดยเฉพาะนำไปติดตั้งในไอเสียของรถยนต์ดีเซล ซึ่งช่วยลดเขม่าควันดำให้มากที่สุดเพื่อให้รถยนต์สามารถวิ่งบนท้องถนนได้อย่างถูกกฎหมาย

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาอุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเขม่าในเครื่องยนต์ดีเซลชนิดแบบไหลผ่านบางส่วน(Partial Flow DPF) นำมาติดตั้งในเครื่องยนต์ดีเซล โดยทดสอบการกรองมลพิษเขม่าควันดำจากแก๊สไอเสีย เพื่อให้เห็นความแตกต่างของไอเสีย ที่ไม่ได้ทำการติดตั้งอุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเขม่าแบบไหลผ่านบางส่วน พร้อมทั้งศึกษาลักษณะทางกายภาพและเคมีของอุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเขม่าแบบไหลผ่านบางส่วนเพื่อให้เข้าใจในสัณฐานวิทยาและหลักการทำงานของอุปกรณ์ โดยสามารถนำข้อมูลมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในอนาคตได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

1.2 จุดประสงค์ของงานวิจัย

- 1.) ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของอุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเขม่าแบบไหลผ่านบางส่วน (Partial Flow DPF) โดยใช้ กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) , วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยสเปกโทรเมตรีรังสีเอกซ์แบบกระจายพลังงาน (EDS)
- 2.) วิเคราะห์ผลกระทบของดีเซล ออกซิเดชัน แคทตาลิสต์ (Diesel Oxidation Catalyst, DOC) ที่มีผลต่อการลดปริมาณมลพิษ ซึ่งเคลือบด้วย แพลตินัม (Pt) และ ซีเรียมออกไซด์ (CeO₂) โดยใช้อุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเขม่าแบบไหลผ่านบางส่วน (Partial Flow DPF)

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

- 1.) ออกแบบ ทดสอบและวิเคราะห์อุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเขม่าแบบไหลผ่านบางส่วน (Partial Flow DPF) และดีเซล ออกซิเดชัน แคทตาลิสต์ (Diesel Oxidation Catalyst, DOC) สำหรับรถยนต์ดีเซล
- 2.) ศึกษาและวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะทางกายภาพและทางเคมีของอุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเขม่าแบบไหลผ่านบางส่วน (Partial Flow DPF) เพื่อให้ทราบถึงหลักการทำงานของอุปกรณ์ และสัณฐานวิทยาภายในของอุปกรณ์ได้
- 3.) ศึกษาและวิเคราะห์ผลการลดปริมาณมลพิษของดีเซล ออกซิเดชัน แคทตาลิสต์ (Diesel Oxidation Catalyst, DOC) ที่เคลือบด้วยสารต่างกัน คือ แพลตินัม (Pt) และ ซีเรียมออกไซด์ (CeO₂)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.) เมื่อนำอุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเขม่าแบบไหลผ่านบางส่วน (Partial Flow DPF) ไปติดตั้งในรถยนต์ดีเซล จะส่งผลให้มลพิษที่เกิดจากเครื่องยนต์ดีเซลลดลง
- 2.) เป็นต้นแบบ (Prototypes) ของระบบกรองมลพิษอนุภาคเขม่าแบบไหลผ่านบางส่วน (Partial Flow DPF) สำหรับรถยนต์ดีเซล
- 3.) ทราบถึงความแตกต่างของดีเซล ออกซิเดชัน แคทตาลิสต์ (Diesel Oxidation Catalyst, DOC) ที่เคลือบด้วยสารที่ต่างกัน เพื่อเลือกใช้งานควบคู่กับอุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเขม่าแบบไหลผ่านบางส่วน (Partial Flow DPF) ให้มีประสิทธิภาพในการช่วยลดปริมาณมลพิษที่เกิดจากเครื่องยนต์ดีเซลมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

1.5 วิธีการดำเนินงาน

- 1.) ศึกษาโครงสร้างระดับนาโน และวิเคราะห์ลักษณะกายภาพและเคมีของอุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเขม่าแบบไหลผ่านบางส่วน (Partial Flow DPF) โดยการใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) , วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยสเปกโทรเมตรีรังสีเอกซ์แบบกระจายพลังงาน (EDS)
- 2.) ทดสอบการปล่อยมลพิษควันดำจากเครื่องยนต์ IZUSU D-max 4JJ1-TC พร้อมทั้งทำการเก็บรวบรวม และวัดค่าอนุภาคเขม่าควันดำ ที่ออกจากไอเสียของเครื่องยนต์ โดยที่ติดตั้งระบบอุปกรณ์กรองฯ และไม่ติดตั้งระบบอุปกรณ์กรองฯ
- 3.) เปรียบเทียบประสิทธิภาพ และวิเคราะห์ผลข้อมูลที่ได้จากการทดสอบของเครื่องยนต์ และค่าการปล่อยเขม่าควันดำที่ออกจากไอเสียของเครื่องยนต์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

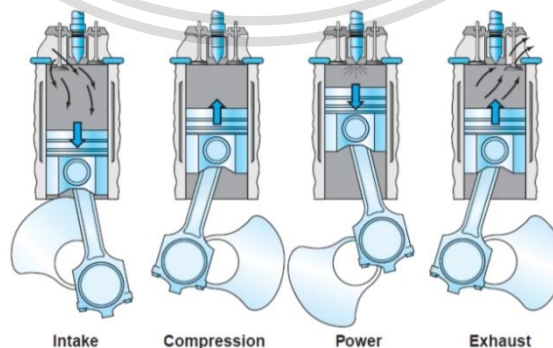
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 2

วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เครื่องยนต์ดีเซล (Diesel engine)

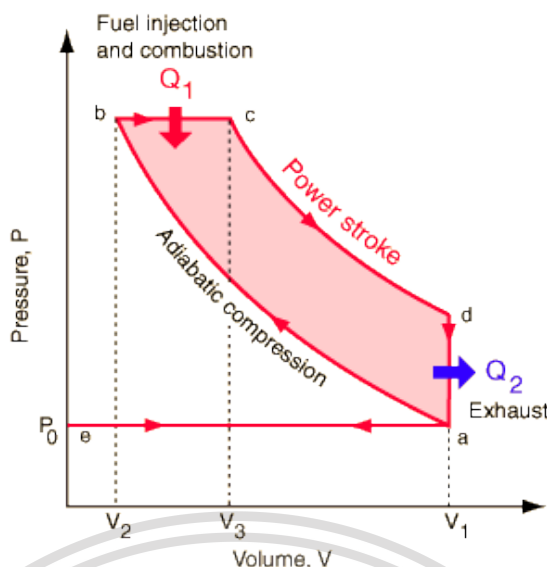
เครื่องยนต์ดีเซล หรือเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด (Compression ignition, CI) เครื่องยนต์ชนิดนี้สามารถเริ่มกระบวนการเผาไหม้ในแต่ละวัฏจักรโดยอาศัยการจุดระเบิดด้วยตัวเอง (Auto-ignition) เครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดถูกออกแบบให้นำอากาศเข้าห้องเผาไหม้และอัดอากาศให้ปริมาตรลดลง เพื่อให้เหมาะสมกับคุณสมบัติเชื้อเพลิงดีเซล ทำให้อุณหภูมิและความดันของอากาศในห้องเผาไหม้สูงขึ้น จากนั้นฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงด้วยหัวฉีดความดันสูง (High pressure injector) เข้าไปในห้องเผาไหม้โดยตรง (Direct injection) เมื่อละอองของเชื้อเพลิงระเหยและสัมผัสกับโมเลกุลของออกซิเจนในสภาวะที่อุณหภูมิสูง จึงเกิดการทำปฏิกิริยาเคมีกันเรียกว่าการจุดระเบิดด้วยตัวเอง และเกิดการลุกลามของเปลวไฟโดยเริ่มจากจุดศูนย์กลางการระเบิด จะเห็นว่าเชื้อเพลิงไม่ได้ผสมเป็นเนื้อเดียวกันกับอากาศ (Non-homogeneous) ทำให้เวลาที่ใช้ในการเผาไหม้ในหนึ่งวัฏจักรของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัดมากกว่าเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ นอกจากนี้ถ้าเชื้อเพลิงกับอากาศไม่ได้ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน ส่งผลให้เกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์จึงทำให้เกิดมลพิษเขม่า (Particulate matter, PM) วัฏจักรดีเซลถูกพัฒนาขึ้นมาเพราะต้องการเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์โดยการเพิ่มอัตราส่วนการอัด (Compression ratio) โดยการลดขนาดห้องเผาไหม้ (Clearance volume, V_c) เพื่อเพิ่มปริมาตรกระบอกสูบ (Displacement volume, V_d) การอัดอากาศให้มีความดันและอุณหภูมิที่สูงขึ้นตามหลักอุณหพลศาสตร์จะส่งผลให้งานที่ได้ในหนึ่งวัฏจักรสูงขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 2.1 ลักษณะการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซลแบบสี่จังหวะ [2]
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.2 วัฏจักรของเครื่องยนต์ดีเซล [3]

จังหวะดูด (Intake stroke) อากาศจะถูกดูดผ่านวาล์วไอดี (Intake valve) ที่เปิดอยู่เข้าไปในกระบอกสูบ (Cylinder) ขณะที่วาล์วไอเสียปิดอยู่ (Exhaust valve) โดยลูกสูบจะเคลื่อนที่ลงจากจุดศูนย์ตายบน (Top dead center, TDC) จนถึงจุดศูนย์ตายล่าง (Bottom dead center, BDC)

จังหวะอัด (Compression stroke) โดยลูกสูบจะเคลื่อนที่ขึ้นจากจุดศูนย์ตายล่างไปที่จุดศูนย์ตายบน จากนั้นเชื้อเพลิงจะถูกฉีดเข้าไปในห้องเผาไหม้ ด้วยหัวฉีดแรงดันสูง ทำให้เชื้อเพลิงเป็นละอองขนาดเล็ก จึงเกิดการระเหย (Vaporization) และทำปฏิกิริยากับโมเลกุลของออกซิเจนในอากาศ ทำให้เกิดการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงขึ้นอย่างต่อเนื่องจนสิ้นสุดกระบวนการฉีดเชื้อเพลิง การฉีดเชื้อเพลิงและการเผาไหม้สิ้นสุดลงเมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ลงจากจุดศูนย์ตายบนได้ระยะหนึ่ง

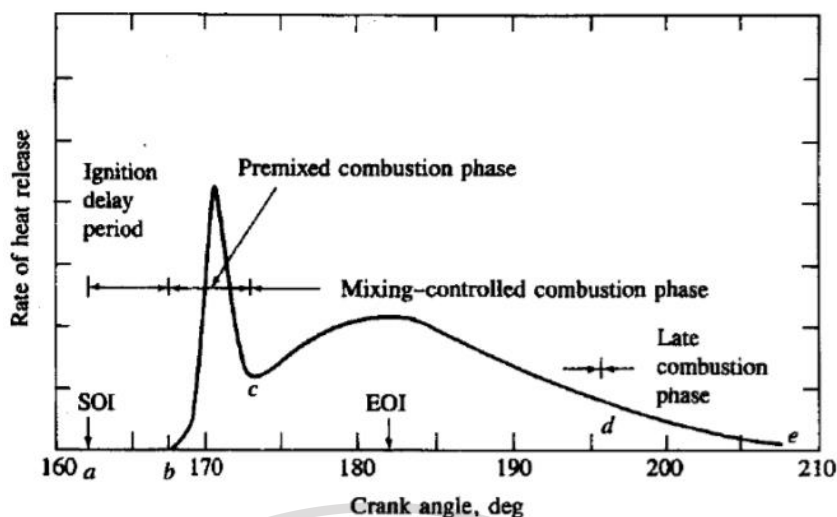
จังหวะขยายหรือได้กำลัง (Expansion, Power stroke) เกิดขึ้นหลังจากมีการจุดระเบิด ทำให้โมเลกุลของแก๊สไอเสียเคลื่อนที่ชนผนังด้านบนของลูกสูบ ทำให้ลูกสูบเคลื่อนที่ลงจนถึงจุดศูนย์ตายล่าง ซึ่งจังหวะนี้เองจะทำให้ได้งานหลักจากวัฏจักรดีเซล

จังหวะคายไอเสีย (Exhaust stroke) วาล์วไอเสียจะถูกเปิดเพื่อให้ไอเสียไหลออกไปสู่บรรยากาศ (Exhaust blow down) โดยการเคลื่อนที่ของลูกสูบจากจุดศูนย์ตายล่างขึ้นสู่จุดศูนย์ตายบน และพร้อมที่จะเริ่มทำงานในวัฏจักรถัดไป [4]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.3 อัตราการปล่อยความร้อนของเครื่องยนต์ดีเซลและช่วงการเผาไหม้แบบต่างๆ [5]

ช่วงล่าช้าการจุดระเบิด (Ignition Delay, a-b) คือช่วงระหว่างการเริ่มต้นฉีดเชื้อเพลิง(SOI, Start of Injection) เข้าสู่ห้องเผาไหม้จนถึงจุดเริ่มต้นของการเผาไหม้

ช่วงการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงที่ผสมกันก่อนแล้ว (Premixed Combustion Phase, b-c) ซึ่งเป็นช่วงเวลาของการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงที่ผสมกับอากาศกันก่อนในช่วงล่าช้าการจุดระเบิด ซึ่งจะเกิดการเผาไหม้อย่างรวดเร็วและพร้อมกันส่งผลให้อัตราการปล่อยความร้อนในช่วงนี้มีค่าสูงสุด

ช่วงการเผาไหม้ที่ควบคุมโดยการผสม (Mixing Combustion Phase, c-d) เมื่อเชื้อเพลิงและอากาศที่ผสมกันก่อนแล้วถูกเผาไหม้จนหมด อัตราการเผาไหม้จะถูกควบคุมโดยอัตราการเกิดของส่วนผสมระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศที่พร้อมจะเผาไหม้ โดยจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้นแต่อาจจะไม่สูงถึงค่าแรกแล้วจะลดลงเมื่อกระบวนการเผาไหม้ดำเนินต่อไป

ช่วงการเผาไหม้ล่าช้า (Late Combustion Phase, d-e) เป็นช่วงที่การปล่อยความร้อนเกิดขึ้นในอัตราที่ต่ำในจังหวะขยายตัว ซึ่งเป็นการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงที่เหลืออยู่เล็กน้อยและ เป็นการเผาไหม้ในส่วนของเขม่าที่เกิดจากการเผาไหม้ของส่วนผสมหนาที่เกิดขึ้นก่อนหน้านี้ [6]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

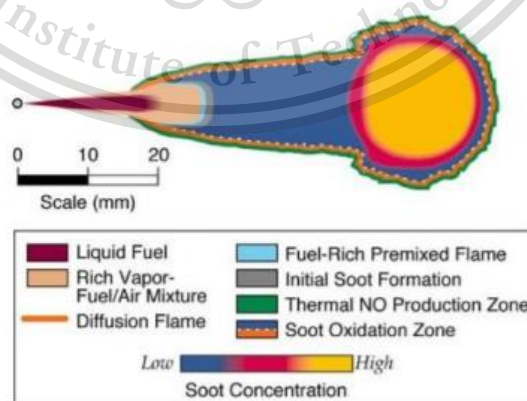
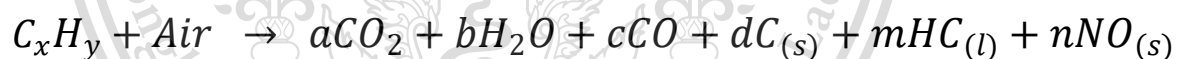
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.2 มลพิษที่เกิดจากเครื่องยนต์ดีเซล

คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO), ไฮโดรคาร์บอน (HC) และอัลดีไฮด์ ถูกปล่อยออกมาพร้อมกับไอเสียอันเป็นผลมาจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงที่ไม่สมบูรณ์ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์สามารถสะสมในบรรยากาศโดยรอบและทำให้เกิดอาการปวดหัว เวียนศีรษะและง่วงนอน ไฮโดรคาร์บอนและอัลดีไฮด์ทำให้เกิดอาการระคายเคืองตาและรู้สึกสำลัก ไฮโดรคาร์บอนและอัลดีไฮด์เป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดกลิ่นของน้ำมันดีเซล ไฮโดรคาร์บอนยังส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของหมอกควัน

ไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) ถูกสร้างขึ้นจากไนโตรเจนและออกซิเจนภายใต้สภาวะความดันและอุณหภูมิสูงในกระบอกสูบของเครื่องยนต์ ไนโตรเจนออกไซด์ประกอบด้วยไนตริกออกไซด์ (NO) เป็นส่วนใหญ่และไนโตรเจนไดออกไซด์ส่วนน้อย (NO₂) โดยที่ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์มีความเป็นพิษสูง การปล่อยก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ (NO_x) ยังเป็นปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมอย่างรุนแรงเนื่องจากมีบทบาทในการก่อตัวของหมอกควัน

ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ถูกสร้างขึ้นจากกำมะถันที่มีอยู่ในน้ำมันดีเซล ความเข้มข้นของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂) ในก๊าซไอเสียขึ้นอยู่กับปริมาณกำมะถันของเชื้อเพลิง เชื้อเพลิงที่มีกำมะถันต่ำกว่า 0.05% ถูกนำมาใช้สำหรับเครื่องยนต์ดีเซลส่วนใหญ่ ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นก๊าซพิษไม่มีสี มีกลิ่นที่ระคายเคือง การออกซิเดชันของซัลเฟอร์ไดออกไซด์ก่อให้เกิดซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ซึ่งเป็นสารตั้งต้นของกรดซัลฟิวริกซึ่งมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเป็นสาเหตุหลักของฝนกรด [7]

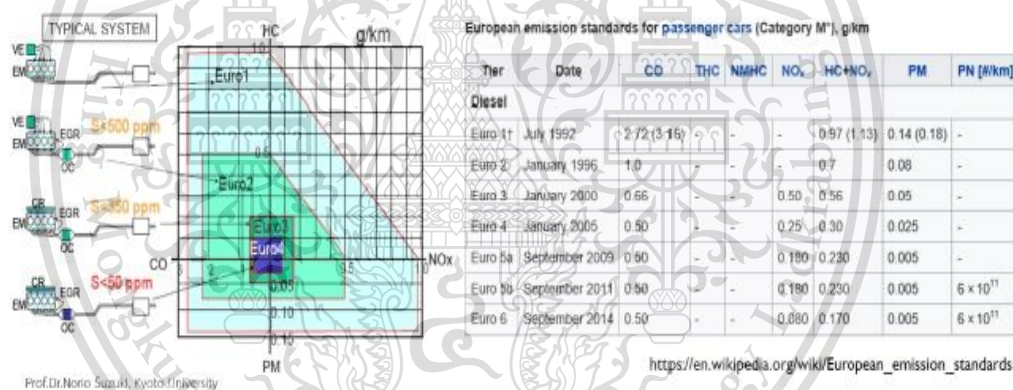


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่รูปที่ 2.4 แผนผังการลุกลามของเปลวไฟจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซล [8] โดยขึ้นด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

นักวิจัยทางการแพทย์ได้เผยแพร่งานวิจัยกันอย่างแพร่หลายว่า มลพิษอนุภาคเขม่าจากเครื่องยนต์ดีเซลคือสาเหตุหลักอันหนึ่งของมะเร็งปอดในสังคมเมืองใหญ่ที่มีความแออัดของรถยนต์ ทำให้สหภาพยุโรปได้กำหนดมาตรฐานการปล่อยมลพิษไอเสียจากรถยนต์แต่ละประเภท ดังแสดงตัวอย่างมาตรฐานไอเสียรถยนต์ดีเซลใน รูปที่ 2.5 ทั้งนี้เทคโนโลยีเครื่องยนต์สันดาปภายในได้ถูกพัฒนาให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ปล่อยมลพิษลดลงให้สอดคล้องกับมาตรฐานการปล่อยมลพิษไอเสียที่เข้มงวดขึ้นตามลำดับ เช่น ระบบปั๊มฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงที่เป็นรางร่วมแบบความดันสูงควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ (High pressure pump, fuel injector and common rail system) ดีเซล ออกซิเดชัน แคทตาลิสต์ (Diesel Oxidation catalysts, DOCs) เป็นต้น การพัฒนาเทคโนโลยีเครื่องยนต์สันดาปภายในสามารถลดปริมาณการปล่อยมลพิษอนุภาคเขม่าของเครื่องยนต์ได้เพียงพอที่จะผ่านมาตรฐาน ระดับยูโร 4 ได้แต่อย่างไรก็ตามเนื่องจากเครื่องยนต์ดีเซลมีสมรรถนะและความทนทานสูงมาก ทำให้รถยนต์และรถบรรทุกที่มีเทคโนโลยีระดับการปล่อยมลพิษไอเสียอยู่ในระดับยูโร 1-3 ยังสามารถใช้งานได้ ถึงแม้ว่าจะค่อนข้างเก่าและปล่อยมลพิษอนุภาคเขม่าในปริมาณที่สูงเมื่อเทียบกับรถยนต์ที่ใช้เทคโนโลยีระดับยูโร 4



รูปที่ 2.5 ปริมาณมลพิษอนุภาคเขม่าดีเซลและการกระจายขนาดของมลพิษอนุภาคเดี่ยวจากไอเสียเครื่องยนต์ดีเซลและไบโอดีเซล [9]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

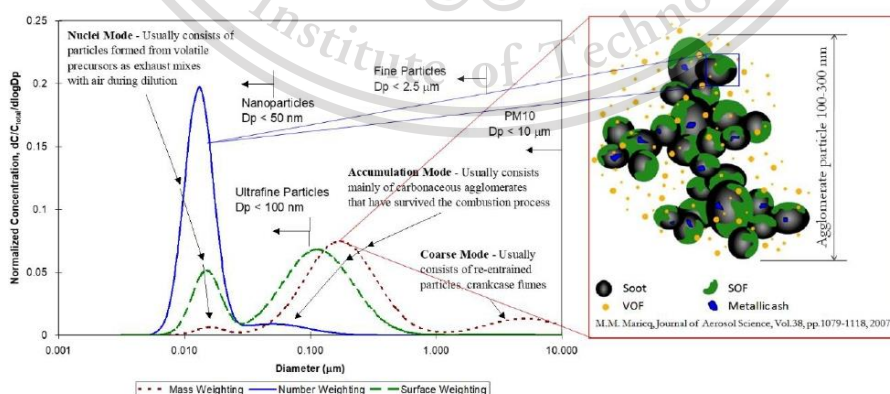
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.3 อนุภาคฝุ่นละออง

อนุภาคฝุ่นละออง (PM) คืออนุภาคที่ซับซ้อนซึ่งประกอบไปด้วยของแข็งและของเหลว อนุภาคฝุ่นละอองเกิดจากอนุภาคคาร์บอนที่สร้างขึ้นภายในกระบอกสูบของเครื่องยนต์ระหว่างการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์

อนุภาคคาร์บอนก่อตัวเป็นกลุ่มก้อนขนาดใหญ่ขึ้นและรวมเข้ากับส่วนประกอบอื่นเล็กน้อย เช่น เถ้าของโลหะที่มาจากสารเติมแต่งน้ำมันหล่อลื่น (Metal Oxide Ashes) และเชื้อเพลิงที่ไม่ถูกเผาไหม้ (Unburned Hydrocarbon) ที่ควบแน่นเป็นของเหลวบนผิวของเขม่าคาร์บอน หากพิจารณาเป็นกลุ่มของฝุ่นละอองที่มีขนาดต่ำกว่า 1 ไมครอน จะแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่กลุ่ม Nuclei Mode เป็นกลุ่มอนุภาคที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 10 นาโนเมตร ,กลุ่ม Accumulation Mode เป็นกลุ่มของอนุภาคที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ในช่วง 100-1000 นาโนเมตร และ กลุ่ม coarse mode เป็นกลุ่มของอนุภาคที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 1000 นาโนเมตร และอนุภาคของฝุ่นละอองยังสามารถแบ่งได้ตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางดังนี้ อนุภาคขนาดเล็กกว่า 100 นาโนเมตร เรียกว่า Ultrafine Particles อนุภาคขนาดตั้งแต่ 0.1 ถึง 2.5 ไมโครเมตร เรียกว่า Fine Particles หรือ PM 2.5 และอนุภาคขนาดตั้งแต่ 2.5 ถึง 10 ไมโครเมตร เรียกว่า Coarse Particles หรือ PM 10 ซึ่งโดยปกติแล้วอนุภาคที่เกิดจากเครื่องยนต์จะมีขนาดเล็กมากสามารถกำจัดได้ด้วยการใช้อุปกรณ์กรองเขม่าหรือ Diesel Particulate Filter (DPF) ซึ่งทำให้ต้นทุนการผลิตรถยนต์เพิ่มขึ้นทำให้ยังไม่แพร่หลายในประเทศไทย อีกหนึ่งทางเลือกที่สามารถช่วยลดปริมาณของฝุ่นละอองจากเครื่องยนต์ได้คือใช้เชื้อเพลิงทางเลือกที่สามารถนำมาใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลได้อย่างมีประสิทธิภาพ [10]



รูปที่ 2.6 ภาพรวมการกระจายของขนาดมลพิษอนุภาคเขม่าจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงไฮโดรคาร์บอน

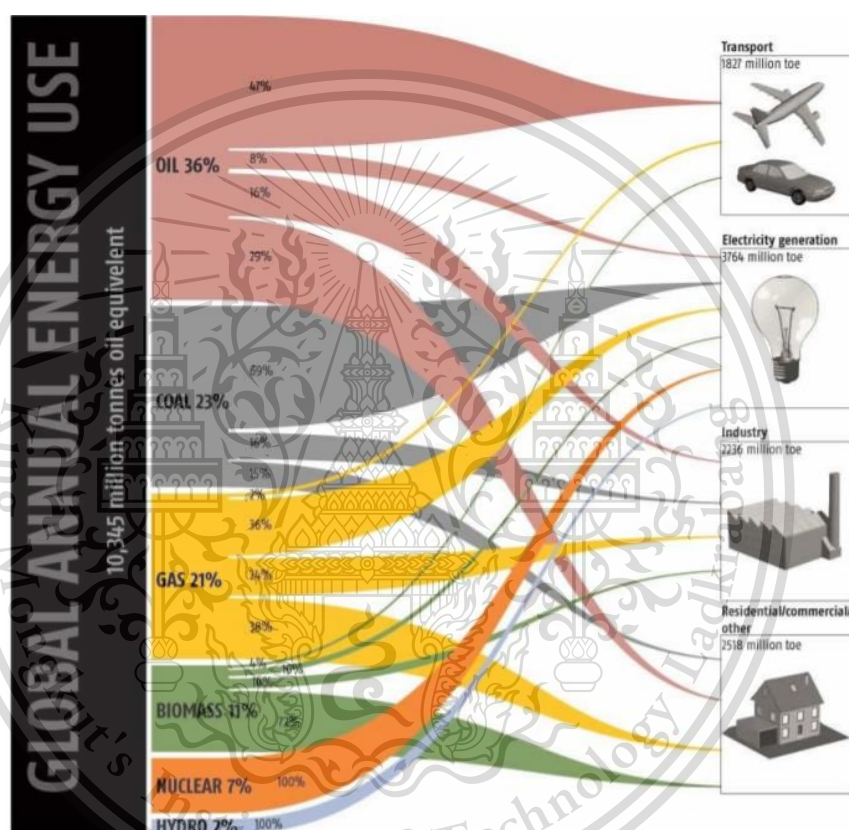
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ในเครื่องยนต์สันดาปภายใน [11] อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.4 เชื้อเพลิงทางเลือก : ไบโอดีเซล

ไบโอดีเซล เป็นเชื้อเพลิงทางเลือกสำหรับเครื่องยนต์ดีเซลที่ผลิตด้วยกระบวนการทางเคมีระหว่างน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์กับแอลกอฮอล์เช่นเมทานอล โดยใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น โซเดียมหรือโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ และได้สารประกอบที่เรียกว่า เมทิลเอสเทอร์ ซึ่งเอสเทอร์ดังกล่าวเป็นที่รู้จักกันในชื่อไบโอดีเซล เนื่องจากวัตถุดิบหลักในการผลิตไบโอดีเซลคือน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์ ดังนั้นไบโอดีเซลจึงถือว่าเป็นเชื้อเพลิงที่สามารถหมุนเวียนได้ เครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้ไบโอดีเซลมีการปล่อยมลพิษทางอากาศต่ำกว่าเมื่อเทียบกับการใช้น้ำมันดีเซล



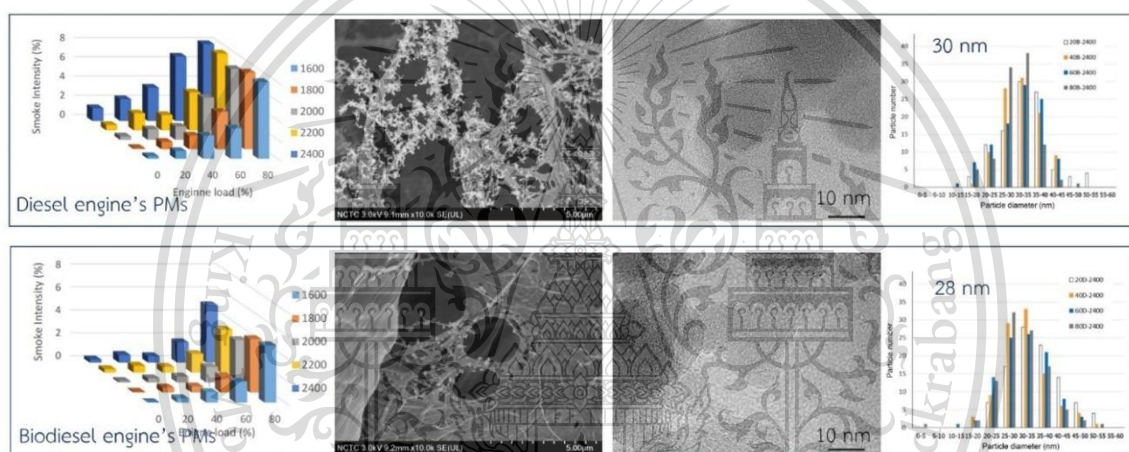
รูปที่ 2.7 แสดงข้อมูลการใช้พลังงานของโลก [12]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

การวิเคราะห์โครงสร้างอนุภาคเดี่ยวปฐมภูมิ (Primary single nanoparticles) ของเขม่า ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนข้างต้นพบว่า ชนิดของเชื้อเพลิง ภาระการทำงานของเครื่องยนต์ (Engine load) และความเร็วยรอบของเครื่องยนต์ (Engine speed) ล้วนส่งผลต่อปริมาณและขนาดอนุภาคเดี่ยวของเขม่า จากการทดลองพบว่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางอนุภาคเดี่ยวของ เขม่าจากไอเสียเครื่องยนต์ไบโอดีเซลและเครื่องยนต์ดีเซลมีค่าประมาณ 28 นาโนเมตร และ 30 นาโน เมตร ตามลำดับ ดังแสดงใน รูปที่ 2.8 จะเห็นได้ชัดเจนว่านอกจากเขม่าในไอเสียของเครื่องยนต์ไบโอดีเซล ลดลงประมาณครึ่งหนึ่งของเครื่องยนต์ดีเซลแล้วยังพบข้อดีของไบโอดีเซล อีกว่าขนาดอนุภาคเดี่ยวของ เขม่าจากไอเสียเครื่องยนต์ไบโอดีเซลมีขนาดเล็กกว่าเครื่องยนต์ดีเซลเล็กน้อยซึ่งน่าจะส่งผลกระทบต่อ กลไกการสลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ได้



รูปที่ 2.8 ปริมาณมลพิษอนุภาคเขม่าดีเซลและการกระจายขนาดของมลพิษอนุภาคเดี่ยวจากไอเสียเครื่องยนต์ดีเซลและไบโอดีเซล [13]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.5 อุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเขม่าในเครื่องยนต์ดีเซล

กลุ่มผู้ผลิตรถยนต์จึงได้พัฒนาอุปกรณ์กรองมลพิษแบบไหลผ่านบางส่วน (Flow-through Partial flow diesel particulate filters (P-DPFs)) ดังแสดงใน รูปที่ 2.9 (a) มีหลักการ เบื้องต้นคือ ให้อากาศไหลผ่านอุปกรณ์กรองที่สามารถกรองอนุภาคเขม่าดีเซลได้บางส่วน วัสดุพรุนซึ่งเป็น เส้นใย โลหะเคลือบด้วยตัวเร่งปฏิกิริยาเคมีจะทำหน้าที่ดักจับอนุภาคเขม่าคาร์บอน ในขณะที่เดียวกันแก๊ส ไนโตรเจนออกไซด์และออกซิเจนที่เป็นส่วนหนึ่งของแก๊สไอเสียนั้นจะทำปฏิกิริยากับอนุภาคเขม่า คาร์บอน ภายใต้ตัวเร่งปฏิกิริยาเคมีให้กลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ ขณะที่อนุภาคเขม่าคาร์บอน บางส่วนก็ปล่อย หลุดออกไปพร้อมกับแก๊สไอเสีย ทำให้ประสิทธิภาพการกรองสูงสุดมีค่าประมาณ 50-70 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นอยู่กับชนิดเทคโนโลยีของเครื่องยนต์ดีเซล สภาพและอายุการใช้งานของเครื่องยนต์ ดีเซล ส่วนผสมของ เชื้อเพลิงดีเซลที่ใช้ทดสอบ คุณสมบัติเฉพาะของระบบ อุปกรณ์กรองมลพิษ อนุภาคเขม่าอนุภาค เป็นต้น โดยได้ถูก นำมาติดตั้งบริเวณท่อไอเสียของรถบรรทุกและรถบัสโดยสาร เก่าในสหรัฐอเมริกาและกลุ่มประเทศยุโรป เพื่อแก้ปัญหามลพิษอนุภาคเขม่าดีเซลสำหรับติดตั้ง อุปกรณ์ในรถเก่า (Retrofit) [14]

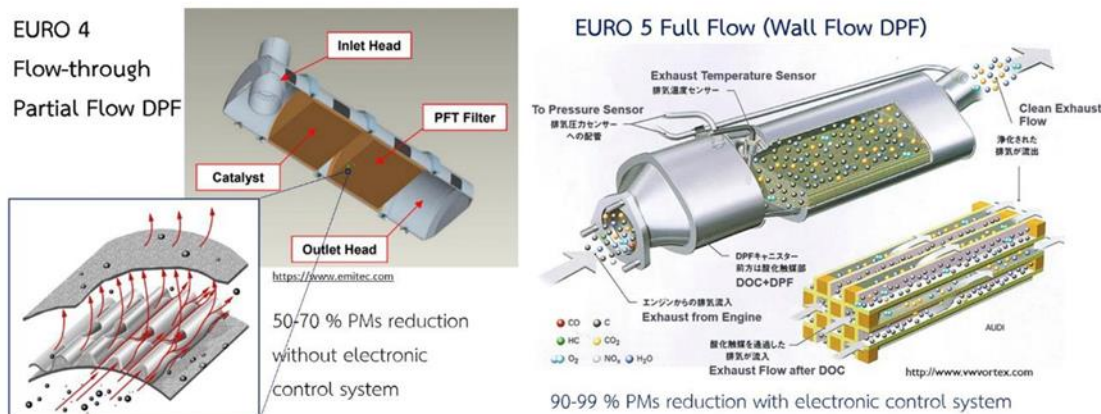
อุปกรณ์กรองมลพิษดีเซลแบบไหลผ่านผนังทั้งหมด (Full flow, Wall-flow diesel particulate filters (F-DPFs)) มีหน้าที่สำคัญหลักในการกรองหรือดักจับมลพิษอนุภาคเขม่าดีเซล (Particulate trapping) และเผาอนุภาคเขม่าดีเซล (Particulate oxidation) โดยเรียกอีกอย่างว่า การ สร้างใหม่ของตัวกรอง (Filter regeneration) ปกติแล้วอุปกรณ์ดังกล่าวทำจากเซรามิก เช่น คอดีไรท์ (Cordierite) หรือ ซิลิคอนคาร์ไบด์ (Silicon carbide) มีโครงสร้างเป็นช่องสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด เล็กจำนวนมากมายโดยจะปิดทางเข้าออกสลับกันเพื่อให้ไอเสียไหลผ่านผนัง (Wall) ของช่องสี่เหลี่ยม ขนาดเล็ก ดังกล่าวซึ่งมีโครงสร้างเป็นวัสดุพรุน ดังแสดงใน รูปที่ 2.9 (b)

แก๊สไอเสียซึ่งมีสถานะเป็นก๊าซสามารถไหลผ่านผนังของวัสดุพรุน (Porous media) ได้แต่ อย่งไรก็ตามในช่วงแรกของขบวนการดักจับนั้นมลพิษอนุภาคเขม่าดีเซลบางส่วนจะไหลผ่านช่องรู พรุน (Pores) ออกไปพร้อมกับแก๊สไอเสียได้ มลพิษอนุภาคเขม่าบางส่วนจะไม่สามารถผ่านได้และเริ่ม จับตัวกัน ที่ผนังรูพรุนและสะสมจนเต็มบริเวณรูพรุนที่ผิวของผนังด้านด้านขาเข้า (Inlet wall surface) มลพิษ อนุภาคเขม่าจะทับถมกันมากขึ้นจนเต็มช่องว่างของความพรุนในผิวของผนังตัวกรอง พฤติกรรมการดักจับ ช่วงแรกนี้เป็นการกรองด้วยผนังตัวกรอง (Depth filtration) จะมีประสิทธิภาพ การกรองประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้น มลพิษอนุภาคเขม่าจะทับถมและดักจับกันเองจนเต็ม ช่องสี่เหลี่ยมขนาดเล็กดังกล่าวข้างต้น พฤติกรรมการดักจับทับถมกันเองของเขม่า (Soot cake filtration) [15-17]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 2.9 อุปกรณ์กรองมลพิษ (a) แบบไหลผ่านบางส่วน (Flow-through Partial flow diesel particulate filters (P-DPFs)) และ (b) อุปกรณ์กรองมลพิษดีเซลแบบไหลผ่านผนังทั้งหมด (Full flow, Wall-flow diesel particulate filters (F-DPFs)) [18]

ในกรณีของอุปกรณ์กรองมลพิษดีเซลแบบไหลผ่านผนังทั้งหมด การไหลของก๊าซไอเสียทั้งหมดจะผ่านตัวกรองทั้งหมด แต่อุปกรณ์กรองมลพิษแบบไหลผ่านบางส่วน ก๊าซไอเสียและอนุภาคเขม่าสามารถผ่านได้บางส่วน ดังนั้นอุปกรณ์กรองมลพิษดีเซลแบบไหลผ่านผนังทั้งหมด จึงมีประสิทธิภาพในการดักจับที่สูงกว่า แต่มีข้อเสียคือจะทำให้เกิดการอุดตัน ซึ่งจะส่งผลให้แรงดันย้อนกลับสูงขึ้น และการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่สูงขึ้น แม้ว่าอุปกรณ์กรองมลพิษแบบไหลผ่านบางส่วนจะมีประสิทธิภาพในการดักจับที่ต่ำกว่า แต่จะไม่อุดตัน ดังนั้นอุปกรณ์กรองมลพิษแบบไหลผ่านบางส่วนจึงเหมาะสำหรับการใช้งานมากกว่า เนื่องจากในระยะยาวอุปกรณ์กรองมลพิษดีเซลแบบไหลผ่านผนังทั้งหมดจะต้องมีการบำรุงรักษาและสิ้นเปลืองมากกว่าอุปกรณ์กรองมลพิษแบบไหลผ่านบางส่วน

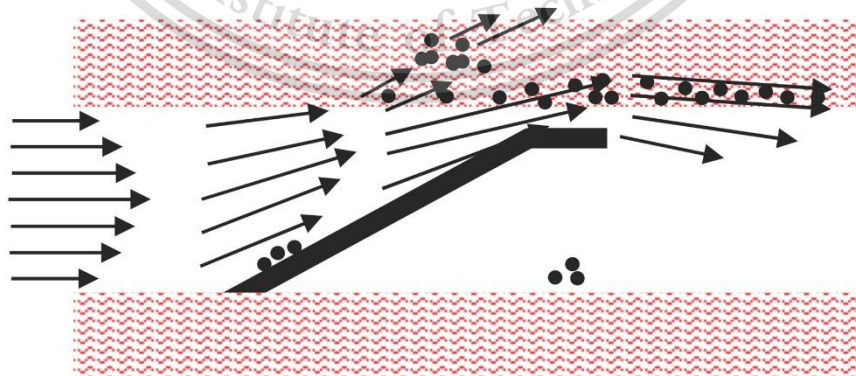
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

2.6 การดักจับเขม่าและปฏิกิริยาทางเคมีของแก๊สไอเสียที่เกิดขึ้นในอุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเขม่าแบบไหลผ่านบางส่วน

อุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเขม่าแบบไหลผ่านบางส่วน (Partial flow diesel particulate filter, Partial flow DPF) เป็นอุปกรณ์ที่ทำงานเสริม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการลดเขม่าควันดำของเครื่องยนต์ โดยอุปกรณ์นี้ไม่ส่งผลทำให้เกิดความดันย้อนกลับ (Back pressure) สู่อุปกรณ์ ลักษณะของอุปกรณ์นี้สร้างขึ้นจากแผ่นพอยล์และแผ่นไฟเบอร์แบบสลับกันเรียงตัวเป็นชั้น โดยที่ชั้นแผ่นไฟเบอร์ที่มีลักษณะเป็นรูพรุน และชั้นแผ่นพอยล์มีลักษณะคล้ายปลั้วตามใน รูปที่ 2.9 เมื่อก๊าซไอเสียไหลผ่านช่องของวัสดุกรองอนุภาคเขม่า จะไหลไปตามช่องแต่ละอัน ของชั้นไฟเบอร์ อนุภาคขนาดเล็กเท่านั้นที่สามารถไหลผ่านช่องได้ เมื่ออนุภาคขนาดเล็กไหลผ่านช่อง จะทำให้ความเร็วก๊าซเพิ่มขึ้น และเกิดการปั่นป่วนของอนุภาค (Turbulent) ทำให้เกิดการเบี่ยงเบนการไหลและอนุภาคถูกดักจับบนแผ่นไฟเบอร์ ส่วนอนุภาคขนาดกลางและขนาดใหญ่จะถูกกรอง ด้วยกลไกแบบหลายชั้น (Deep-bed Filtration)



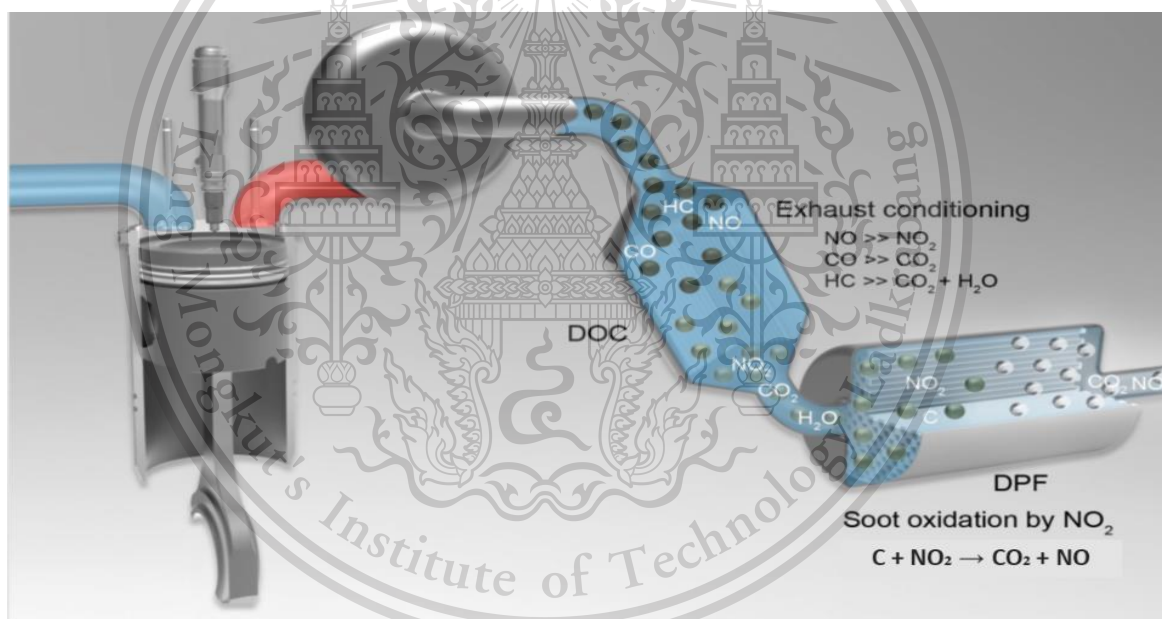
รูปที่ 2.10 แผนภาพทิศทางการไหลของอนุภาคเขม่าดีเซลและลักษณะภายในของอุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเขม่าแบบไหลผ่านบางส่วน [19-20]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นใบเซ็ปะหรือชิ้นงานด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ปฏิกิริยาทางเคมีของก๊าซไอเสียโดยเริ่มจากก๊าซไอเสียที่ออกมาจะประกอบด้วย ไฮโดรคาร์บอน (HC) , เขม่า(soot) , คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) , ไนโตรเจนออกไซด์ (NO) เมื่อติดตั้ง อุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเขม่าแบบไหลผ่านบางส่วน (Partial Flow DPF) และดีเซล ออกซิเดชัน แคทตาลิสต์ (Diesel Oxidation Catalyst, DOC) ก๊าซไอเสียที่เกิดจากการสันดาบภายในของ เครื่องยนต์จะถูกส่งผ่านไปยังดีเซล ออกซิเดชัน แคทตาลิสต์ (Diesel Oxidation Catalyst, DOC) จะ เกิดปฏิกิริยาทำให้ไนโตรเจนออกไซด์ (NO) เปลี่ยนเป็นไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) และส่งต่อไปยัง อุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเขม่าแบบไหลผ่านบางส่วน (Partial Flow DPF) ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) จะไปทำปฏิกิริยากับเขม่าที่จับอยู่ในอุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเขม่าแบบไหลผ่านบางส่วน (Partial Flow DPF) ทำให้เขม่าสลายตัวเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) และถูกปล่อยออกสู่ชั้น บรรยากาศต่อไปโดยที่ไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม แต่จะมีเงื่อนไขของการที่ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) จะไปทำปฏิกิริยากับเขม่า จะต้องมีอุณหภูมิในอุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเขม่าแบบไหลผ่าน บางส่วน (Partial Flow DPF) ไม่ต่ำกว่าประมาณ 350 องศาเซลเซียส ดังแสดงในรูป ..



รูปที่ 2.11 อุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเขม่าในเครื่องยนต์ดีเซล:ปฏิกิริยาไอเสียเพื่อลดการปล่อย เขม่า [21]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

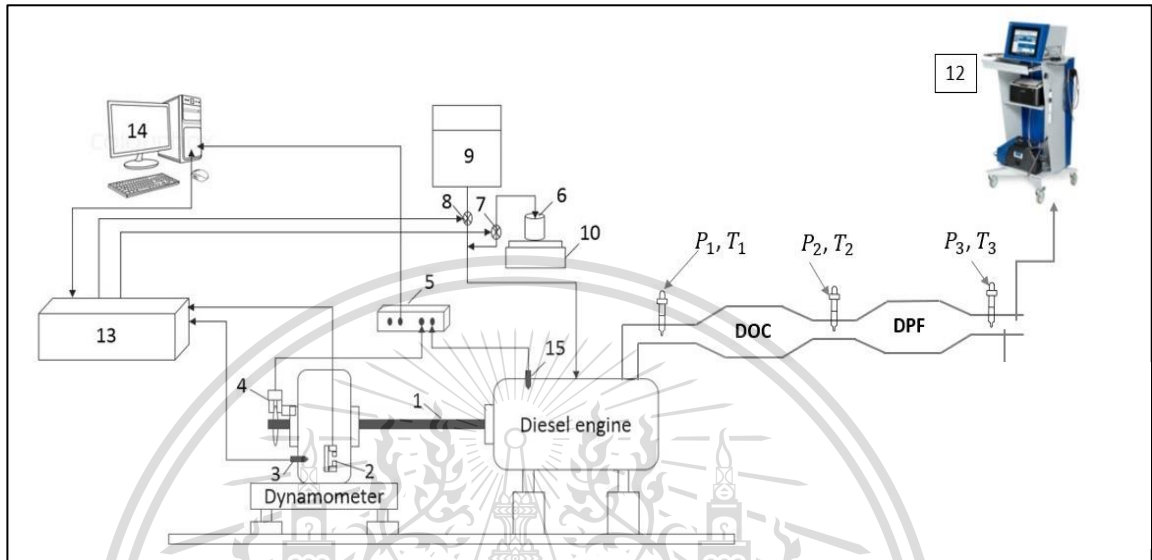
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 เครื่องมือทดลอง



- 1) Propeller shaft
- 2) Load cell
- 3) Eddy Current Dynamometer
- 4) Crank angle encoder sensors
- 5) Data acquisition unit
- 6) Fuel beaker
- 7) Solenoid valve
- 8) Solenoid valve
- 9) Fuel supply
- 10) Weight scale
- 11) BOSCH Smoke Intensity Meter
- 12) AVL Opacity Meter and Gas Analyzer
- 13) Data logger
- 14) Computer
- 15) Pressure sensor

รูปที่ 3.1 ชุดทดสอบสมรรถนะและประสิทธิภาพเครื่องยนต์ (Engine dynamometer) ขนาดประมาณ 100 kW ณ ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยียานยนต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

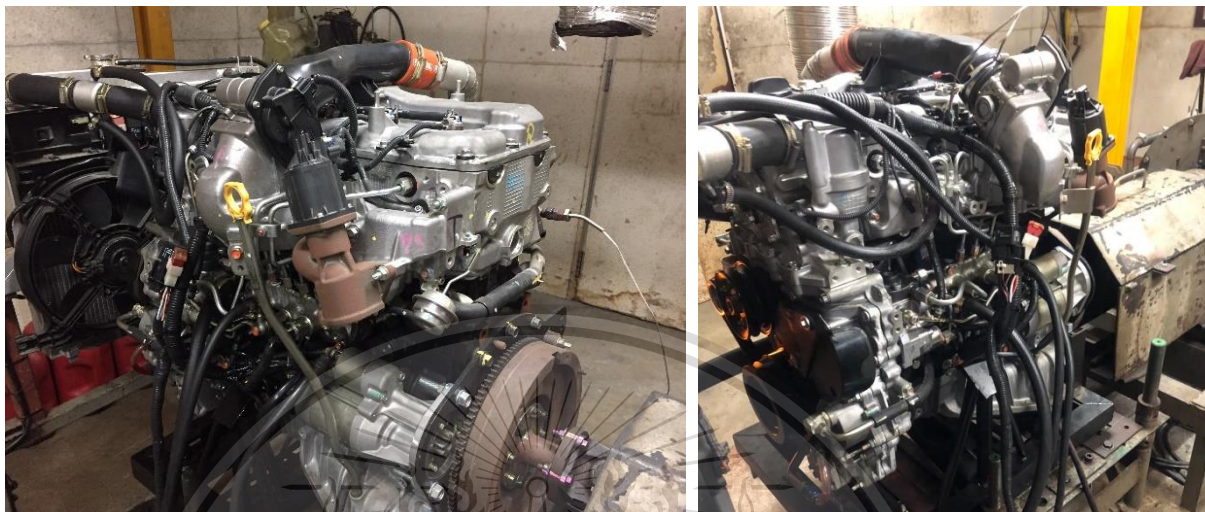
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.1.1 รายละเอียดของเครื่องยนต์ ISUZU D-max 4JJ1-TC

เครื่องยนต์ดีเซล 4 สูบไต่เร็กอินเจคชั่นแบบคอมมอนเรล โดยนำมาใช้ทดสอบกับเชื้อเพลิงไบโอดีเซล ข้อมูลจำเพาะของเครื่องยนต์โดยย่อ ดังแสดงใน ตารางที่ 3.1



รูปที่ 3.2 เครื่องยนต์ ISUZU D-max 4JJ1-TC

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดของเครื่องยนต์ ISUZU D-max 4JJ1-TC

รายการ	ข้อมูล
รุ่นเครื่องยนต์	4JJ1-TC
แบบเครื่องยนต์	เครื่องยนต์ดีเซล 4 สูบ/แบบสูบเรียง
ชนิดของปลอกสูบ	ไม่ใช้ปลอกสูบ
ชนิดของห้องเผาไหม้	แบบไต่เร็กอินเจคชั่น
ลำดับการฉีด	1-3-4-2
ความกว้าง x ระยะชัก มม.(นิ้ว)	95.4 (3.76) x 104.9 (4.13)
ความจุ ซีซี (ลูกบาศก์นิ้ว)	2999 (183)
อัตราส่วนกำลังอัด	18.3
ระบบน้ำมัน	จ่ายเชื้อเพลิงแบบคอมมอนเรล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.1.2 ไตนาโมมิเตอร์ (Eddy Current Dynamometer)

ไตนาโมมิเตอร์ชนิดนี้อาศัยหลักการทางไฟฟ้า โดยใช้หลักการของ Eddy Current ที่จะเหนี่ยวนำขึ้นในแผ่นโลหะที่หมุนได้โดยใช้สนามแม่เหล็กและจะทำให้แผ่นโลหะนี้เกิดการสูญเสียแบบ Eddy Current ทำให้แผ่นโลหะไม่สามารถหมุนได้อย่างอิสระ กล่าวคือ เครื่องยนต์จะถูกหน่วงหรือเบรกให้หมุนช้าลง โดยแรงบิดที่เบรกจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความเข้มของสนามแม่เหล็ก ซึ่งความเข้มสนามแม่เหล็กแปรผันตรงกับกระแสที่จ่ายให้ขดลวดสร้างสนามแม่เหล็ก ดังนั้นสามารถควบคุมแรงบิดที่ใช้ในการเบรกได้จากกระแสที่จ่ายให้กับขดลวดด้วยคอมพิวเตอร์



รูปที่ 3.3 ไตนาโมชนิดกระแสเหนี่ยวนำ (Tokyo Plant model ED-150-LC)

3.1.3 เซ็นเซอร์วัดความดัน (Pressure sensor)

เซ็นเซอร์ความดันเป็นอุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับการตรวจสอบปรากฏการณ์ภายในห้องเผาไหม้ เซ็นเซอร์ความดัน (Kistler 6052C31-piezoelectric crystal) ดังตัวอย่างที่แสดงใน รูปที่ 3.4 จะถูกติดตั้งภายในห้องเผาไหม้ เพื่อตรวจวัดความดันของก๊าซในห้องเผาไหม้ โดยเซ็นเซอร์จะส่งสัญญาณทางไฟฟ้าที่มีความสัมพันธ์กับความดันที่อยู่ในห้องเผาไหม้ เซ็นเซอร์ถูกสร้างให้มีเยื่อบางที่สามารถโค้งงอตามความดัน ซึ่งระดับความโค้งงอสามารถวัดได้ด้วยการแปลงความต้านทาน หรือ การเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้า

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.1.5 ระบบรวบรวมข้อมูล (Data acquisition unit)

เป็นระบบเก็บข้อมูลใช้เพื่อรวมสัญญาณจากเซ็นเซอร์ความดันและเซ็นเซอร์วัดค่าเพลลาข้อเหวี่ยง ทำงานโดยประมวลผลข้อมูลตามองศาเพลลาข้อเหวี่ยงและจะได้ผลลัพธ์เป็นข้อมูลของปริมาตรความดัน มุมความดัน อัตราการปลดปล่อยความร้อน อัตราการปลดปล่อยความร้อนสะสม เป็นต้น



รูปที่ 3.6 ระบบรวบรวมข้อมูล (Data acquisition unit) และ จอแสดงผล (Data acquisition interface)

3.1.6 เครื่องมือตรวจวัดความทึบแสงและเครื่องวิเคราะห์แก๊สไอเสีย (AVL Opacity Meter and Gas Analyzer)

เครื่องมือตรวจวัดเขม่าควันดำด้วยระบบวัดความทึบแสง ในการทดลองจะวัดแสงที่ไหลผ่านบางส่วน วัดค่าของแสงที่ทะลุผ่านควันดำโดยค่าที่วัดได้จะแสดงเป็นหน่วยร้อยละ และเครื่องวิเคราะห์ประสิทธิภาพการเผาไหม้ (Gas analyzer) สามารถวิเคราะห์แก๊สไอเสีย (CO , CO_2 , HC , O_2 , NO_x) และแสดงผลบนหน้าจอ



รูปที่ 3.7 (1) เครื่องมือตรวจวัดระบบวัดความทึบแสง (AVL Opacity Meter) และ (2) เครื่องวิเคราะห์ประสิทธิภาพการเผาไหม้ (Gas Analyzer)

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.1.7 ดีเซล ออกซิเดชัน แคทตาลิสต์ (Diesel Oxidation Catalyst, DOC)

คือ ตัวเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันในเครื่องยนต์ดีเซล และเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาที่ออกแบบมาเพื่อลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO), ไฮโดรคาร์บอน (HC) และฝุ่นละออง (PM) ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ ดีเซล ออกซิเดชัน แคทตาลิสต์ชนิดเคลือบด้วยสารซีเรียมออกไซด์ (CeO_2) $20\text{g}/\text{ft}^3$ 200 cpsi. และที่เคลือบด้วยสารแพลทินัม (Pt) $20\text{g}/\text{ft}^3$ 200 cpsi.



รูปที่ 3.8 ตัวอย่างของดีเซล ออกซิเดชัน แคทตาลิสต์ (Diesel Oxidation Catalyst, DOC)
(1) เคลือบด้วยสารซีเรียมออกไซด์ (CeO_2) , (2) เคลือบด้วยสารแพลทินัม (Pt)

3.1.8 อุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเขม่าแบบไหลผ่านบางส่วน (Partial Flow DPF)

โครงสร้างภายในของอุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเขม่าแบบไหลผ่านบางส่วนประกอบไปด้วย 2 ส่วนคือ metal foil และ metal fiber โดยจะมีคุณสมบัติ รูปแบบ ขนาด และ ความหนาแน่นของจำนวนช่อง ดังตารางที่ 3.2

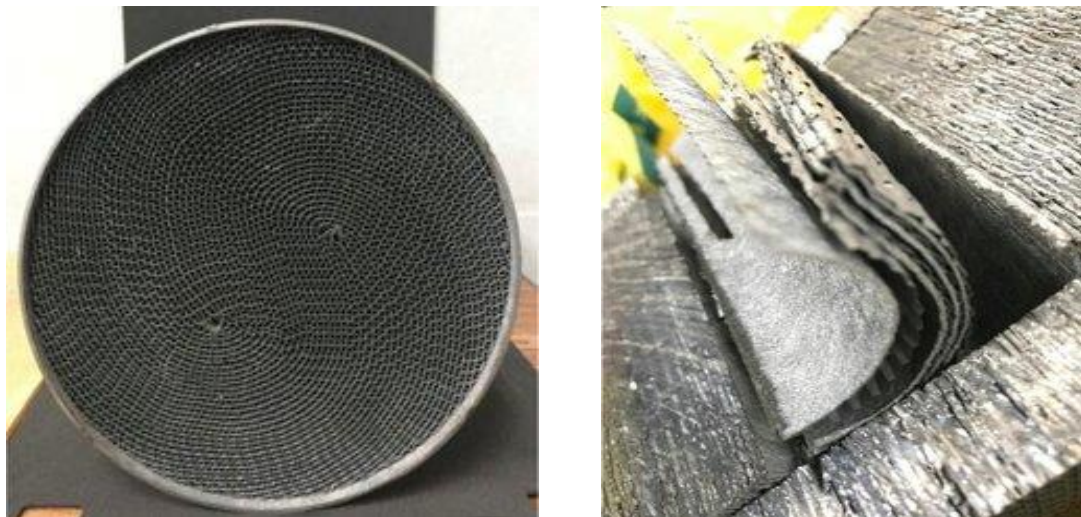
ตารางที่ 3.2 แสดงรายละเอียดของอุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเขม่าแบบไหลผ่านบางส่วน (Partial Flow DPF)

คุณสมบัติ	Metal
รูปแบบ	ไหลผ่านบางส่วน (Partial Flow)
ขนาด	Dia.144x200x190 mm.
ความหนาแน่นของจำนวนช่อง (cps)	200

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถที่จะใช้เพื่อประโยชน์ทางการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

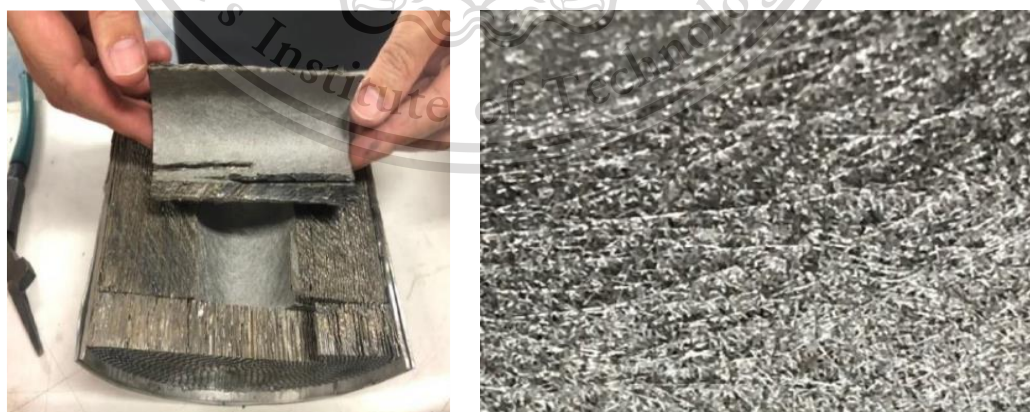
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.9 ตัวอย่างอุปกรณ์กรองมลพิษแบบไหลผ่านบางส่วน (Partial Flow DPF) ซึ่งผลิตจากเส้นใยโลหะ (Metal fiber) และครีบลโลหะ (Metal foil)



รูปที่ 3.10 ตัวอย่างภาพถ่ายระดับมาโครของครีบลโลหะ (Metal foil)



รูปที่ 3.11 ตัวอย่างภาพถ่ายระดับมาโครของเส้นใยโลหะ (Metal fiber)

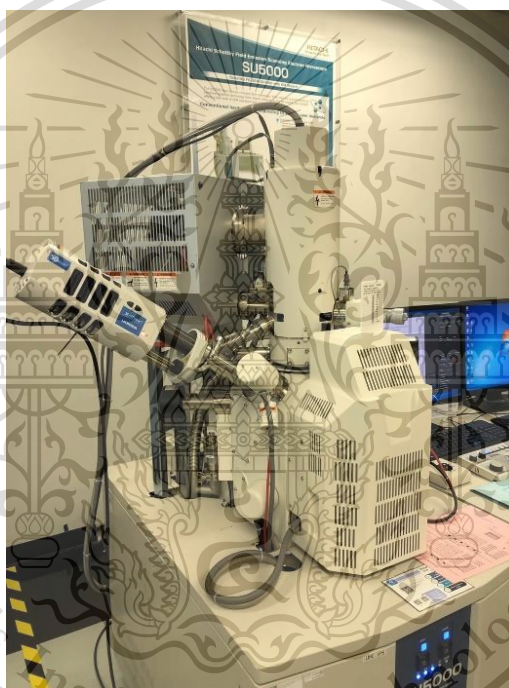
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.1.9 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด(Scanning Electron Microscope / SEM)

กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope / SEM) เป็นกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดหนึ่งถ่ายภาพชิ้นงานโดยอาศัยหลักการกราดไปบนพื้นผิว Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (EDS) เป็นการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วย สเปกโตรเมตรีรังสีเอ็กซ์แบบกระจายพลังงาน ที่ใช้ร่วมกับกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ใช้ในการวิเคราะห์ธาตุ



รูปที่ 3.12 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope / SEM)
ณ ห้องปฏิบัติการทางวัสดุศาสตร์ขั้นสูง สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.2 การทดลองและขั้นตอน (Experimental apparatus and Procedure)

การทดสอบเครื่องยนต์บนแท่นทดสอบเครื่องยนต์ (Engine dynamometer) เพื่อศึกษาและวิเคราะห์พฤติกรรมการเผาไหม้ ประสิทธิภาพและการปล่อยมลพิษของเครื่องยนต์ ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษา วิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพและเคมี โดยการใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) และการวิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุด้วยวิธี EDS นอกจากนี้ มีการวิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพ และการกำจัดปริมาณเขม่าควันดำของอุปกรณ์มลพิษแบบไหลผ่านบางส่วน (Partial Flow DPF) โดยทำการเก็บรวบรวมปริมาณเขม่าและฝุ่นละออง จากเครื่องวัดความทึบแสง (AVL opacity meter) และเครื่องวิเคราะห์ประสิทธิภาพการเผาไหม้ (Gas analyzer) สำหรับทุกสภาวะการทดสอบ โดยเชื้อเพลิงที่ใช้ในงานวิจัย คือ น้ำมันไบโอดีเซล (B10)

3.2.1 การออกแบบและติดตั้งระบบกรองเขม่าแบบไหลผ่านบางส่วน

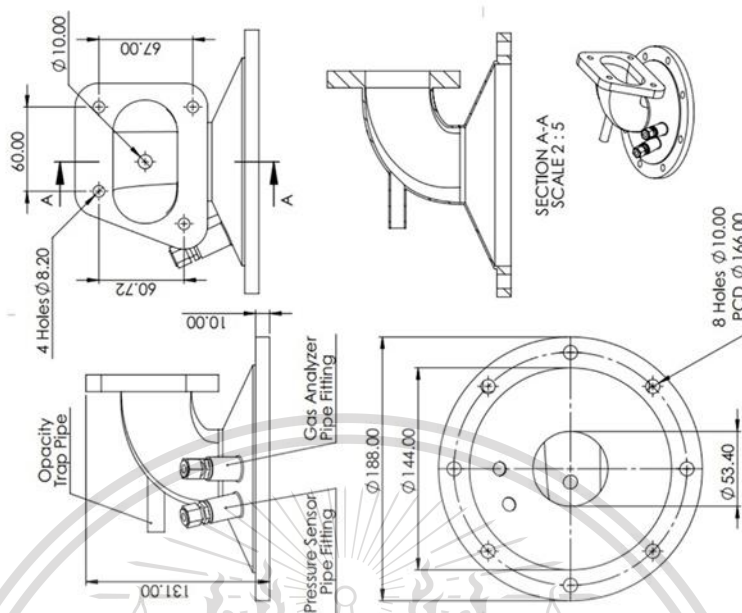
ศึกษา ออกแบบ สร้าง ทดสอบและวิเคราะห์คุณลักษณะเฉพาะทางกายภาพและเคมี (Physicochemical Characteristics) ของระบบอุปกรณ์กรองมลพิษดีเซลแบบไหลผ่านบางส่วน (Partial Flow DPFs) โดยมีส่วนประกอบหลัก คือ ดีเซลออกซิเดชันแคทตาลิส (Diesel Oxidation Catalyst, DOC) และอุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเขม่าอนุภาคดีเซลแบบไหลผ่านบางส่วน (Partial Flow DPFs)

ดีเซลออกซิเดชันแคทตาลิส (Diesel Oxidation Catalyst, DOC) มีโครงสร้างภายในเป็นครีบอลโลหะ (Metal Foil) เคลือบด้วยสารเร่งปฏิกิริยา (Catalyst) เช่น Pt และ CeO_2 ทำหน้าที่เปลี่ยนแก๊สไนโตรเจนออกไซด์ (Nitrogen Oxide, NO) จากไอเสียให้เป็นแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) นอกจากนี้ อุปกรณ์ดังกล่าวยังทำหน้าที่เปลี่ยนก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ให้กลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) แคทตาลิส (DOC) ได้ถูกออกแบบและสร้างให้เหมาะสมกับระบบและแปลน (Header Flange) ท่อรวมไอเสีย (Exhaust Manifold) ของเครื่องยนต์ดีเซลขนาด 3,000 ซีซี ดังแสดงใน รูปที่ 3.13-3.15

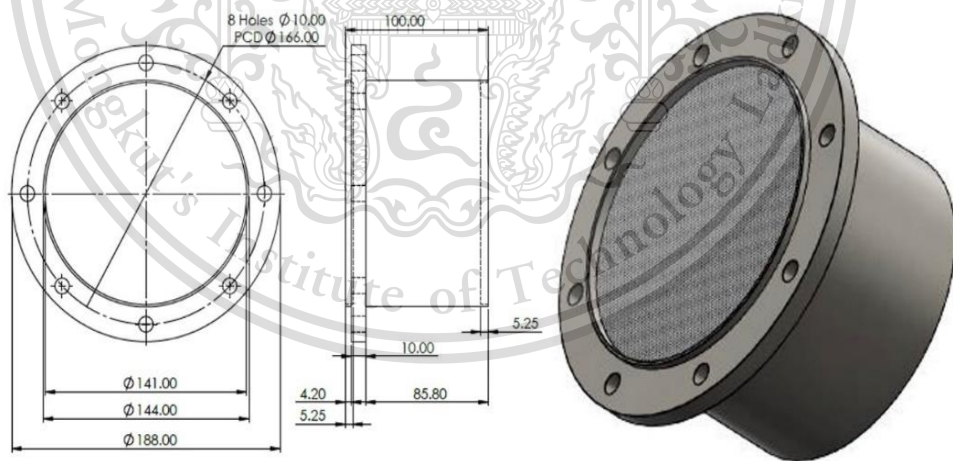
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.13 โครงสร้างของหน้าแปลนท่อทางออกไอเสีย (Header Flange) ที่ต่อรวมไอเสีย (Engine Exhaust Manifold) ก่อนเข้าดีเซลออกซิเดชันแคทตาลิส (Diesel Oxidation Catalyst, DOC)

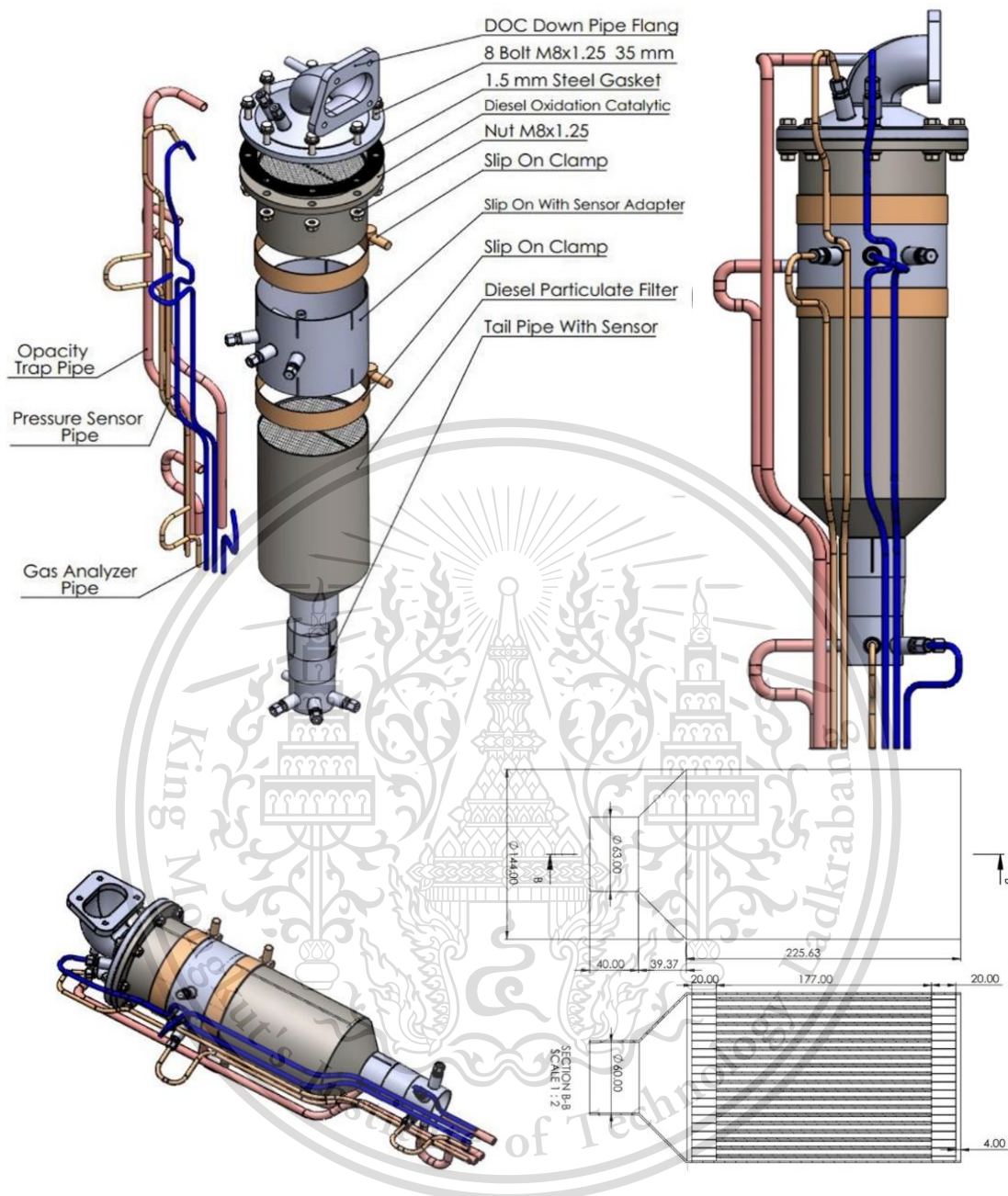


รูปที่ 3.14 แบบสองมิติและแบบสามมิติของดีเซลออกซิเดชันแคทตาลิส (DOC)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.15 แบบสองและสามมิติของระบบอุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเขม่าแบบไหลผ่านบางส่วน (Partial Flow DPFs) ที่ประกอบเข้ากับดีเซลออกซิเดชันแคทตาลิส (DOC) หน้าแปลนท่อร่วมไอเสียเครื่องยนต์และท่อสำหรับติดตั้งเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ ความดัน ปริมาณแก๊สไอเสียและมลพิษอนุภาคเขม่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

3.2.2 เงื่อนไขในการทดสอบ

ในงานวิจัยนี้ได้มีเก็บรวบรวมและวัดค่าเขม่าควันดำ ที่เกิดจากเครื่องยนต์ ISUZU D-max 4JJ1-TC ที่นำมาทดสอบบนแท่นทดสอบเครื่องยนต์ (Engine dynamometer) ตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ดังแสดงใน ตารางที่ 3.4 โดยมีการทดสอบทั้งหมด 3 ครั้ง โดยมีการเก็บผล 3 ตำแหน่ง คือ 1. ก่อนเข้าดีเซล ออกซิเดชั่น แคทตาลิสต์ 2. หลังออกจากดีเซล ออกซิเดชั่น แคทตาลิสต์/ก่อนเข้าอุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเขม่าแบบไหลผ่านบางส่วน และ 3. หลังออกจากอุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเขม่าแบบไหลผ่านบางส่วน ซึ่งเครื่องยนต์จะถูกทดสอบด้วยเชื้อเพลิงไบโอดีเซล B10 และ B20

ตารางที่ 3.3 แสดงเงื่อนไขในการทดสอบเครื่องยนต์ ISUZU D-max 4JJ1-TC

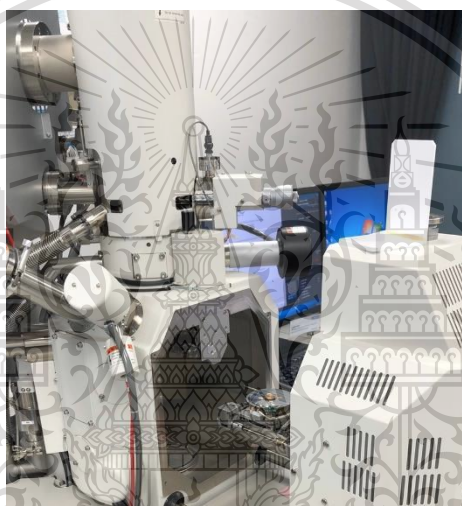
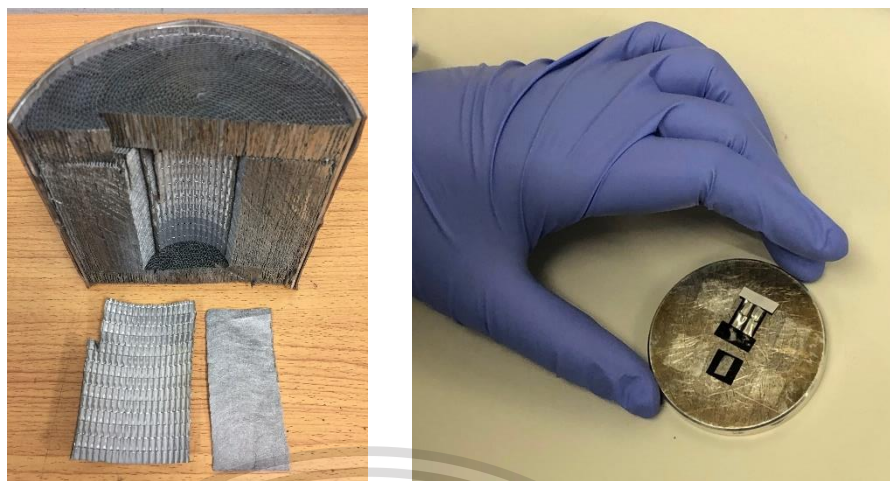
Experiment	Fuel	Position	Engine Load (Nm)	Engine Load (%)	Engine Speed (RPM)
Engine performance and emission	B10	1. Before DOC	56	20	1000 1500 2000
		2. After Exit DOC	84	30	
		3. After Exit PDPF	112	40	

3.2.3 สันฐานวิทยาและโครงสร้างระดับนาโนของอุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเขม่าแบบไหลผ่านบางส่วน

การศึกษา ทดสอบและวิเคราะห์สันฐานวิทยา โครงสร้างระดับนาโนและองค์ประกอบทางเคมีของอุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเขม่าแบบไหลผ่านบางส่วน (Partial Flow DPF) ในงานวิจัยนี้ได้ นำตัวอย่างของชิ้นส่วน ครีบลโลหะ (Metal Foil) และแผ่นไฟเบอร์ (Fiber) วิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพและเคมี โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) เพื่อศึกษาโครงสร้างระดับนาโน และตรวจสอบขนาดขององค์ประกอบเช่น ขนาดพื้นที่หน้าตัดของเส้นใย ขนาดรูพรองของครีบลโลหะ เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยสเปกโทรเมตรีรังสีเอกซ์แบบกระจายพลังงาน (EDS) , วิเคราะห์และระบุชนิดสารประกอบด้วยการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ (XRD) และ วิเคราะห์หาปริมาณธาตุองค์ประกอบโดยใช้หลักการเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์สเปกโทรเมตรี (XRF) ณ ห้องปฏิบัติการทางวัสดุศาสตร์ขั้นสูง สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 3.16 การทดสอบ และวิเคราะห์ชิ้นส่วนโครงสร้างระดับนาโนของอุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาค
 เขม่าแบบไหลผ่านบางส่วน ณ ห้องปฏิบัติการทางวัสดุศาสตร์ขั้นสูง สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และ
 เทคโนโลยีแห่งชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

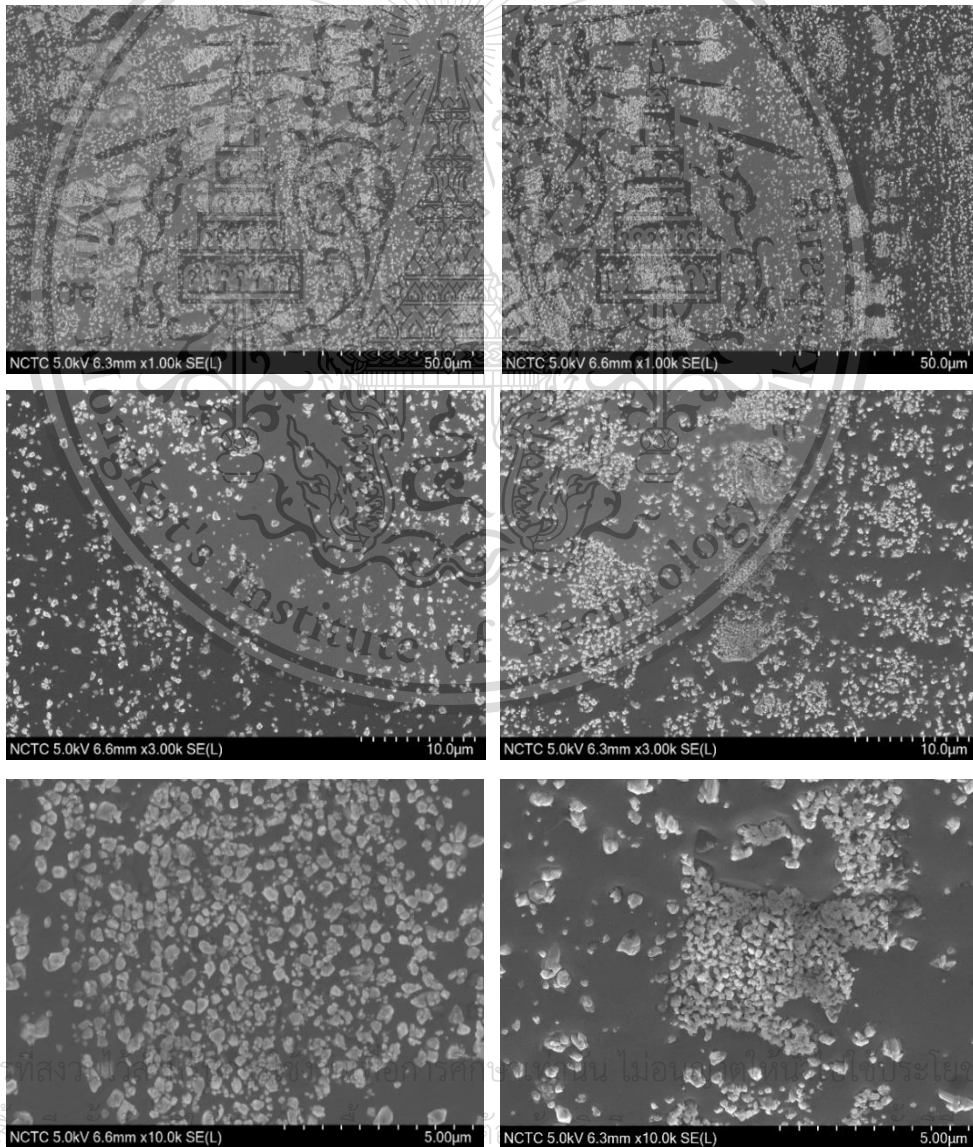
บทที่ 4

ผลการวิจัย

4.1 การวิเคราะห์โครงสร้างภายในของอุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเขม่าแบบไหลผ่าน บางส่วน

4.1.1 ลักษณะโครงสร้างพื้นผิว ของอุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเขม่าแบบไหลผ่าน บางส่วน

ซึ่งประกอบด้วยชั้นครีโบลหะ (Metal Foil) และชั้นเส้นใยโลหะ (Metal Fiber) โดยใช้
กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM)

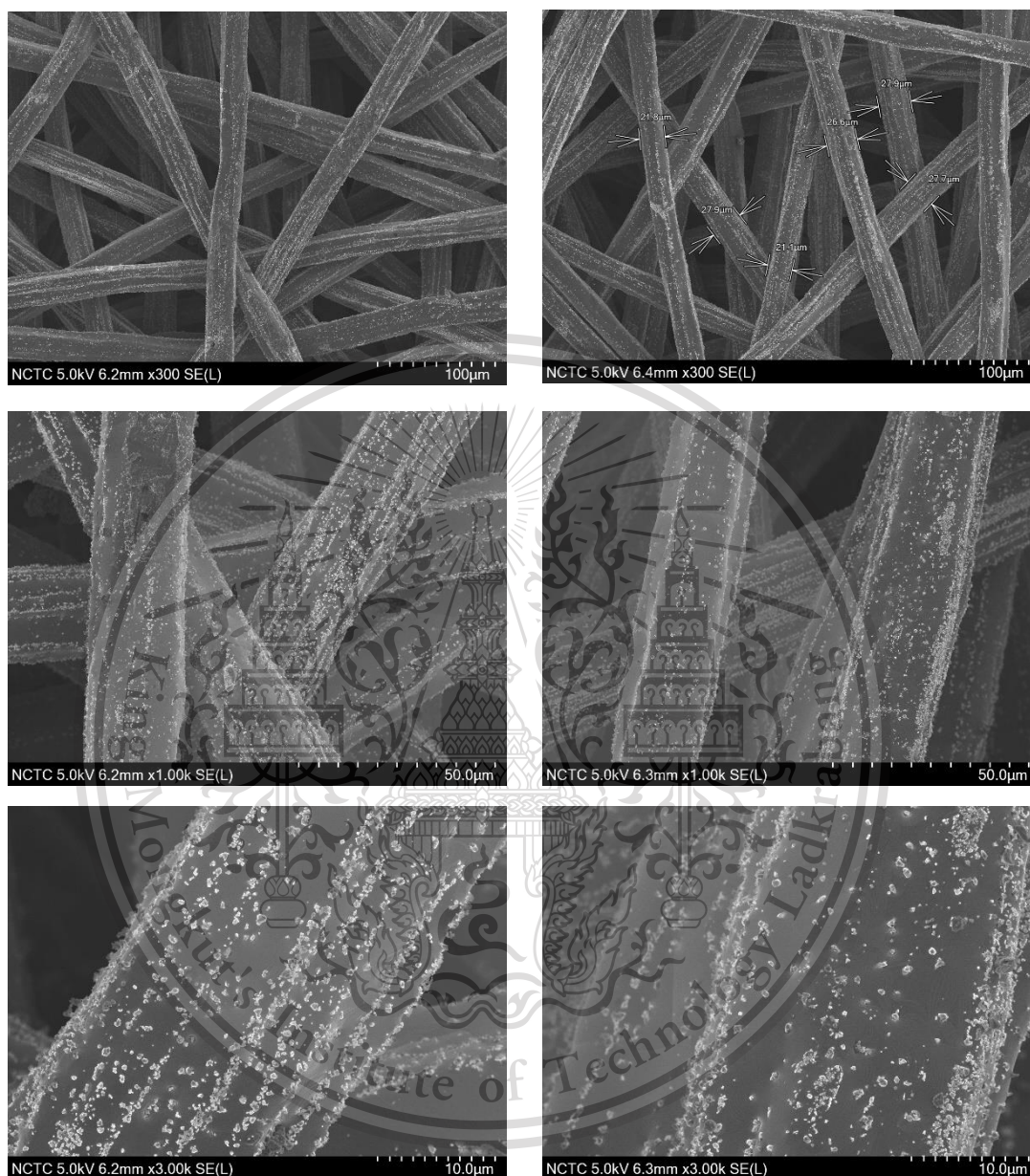


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่ให้นำไปใช้
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รูปที่ 4.1 โครงสร้างระดับไมโครของครีบลโลหะ (Metal Foil)



รูปที่ 4.2 โครงสร้างระดับไมโครของเส้นใยโลหะ (Metal Fiber)

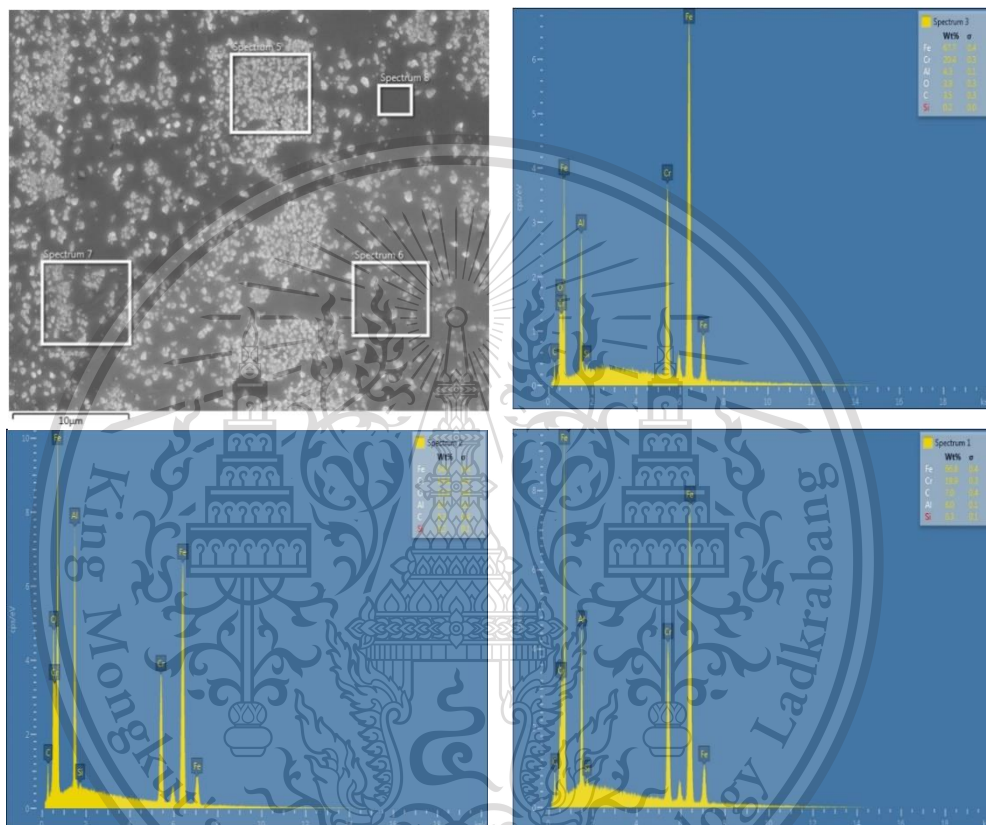
รูปที่ 4.1 และ รูปที่ 4.2 แสดงภาพถ่ายระดับมาโครภายในของอุปกรณ์กรองมลพิษแบบไหลผ่านบางส่วน (Partial Flow DPFs) ซึ่งประกอบด้วยชั้นครีบลโลหะ (Metal Foil) และชั้นเส้นใยโลหะ (Metal Fiber) โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) โดยพบว่าเส้นใยโลหะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 21-28 ไมครอน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.1.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยสเปกโทรเมตรีรังสีเอกซ์แบบกระจายพลังงาน
(Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy : EDS)

โดยใช้ร่วมกับกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดของอุปกรณ์กรอมลพิษอนุภาค
เคมีแบบไหลผ่านบางส่วน



รูปที่ 4.3 การวิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุด้วยวิธี EDS ของครีบลโลหะ (Metal Foil)

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบของธาตุ ของครีบลโลหะ ด้วย วิธี EDS

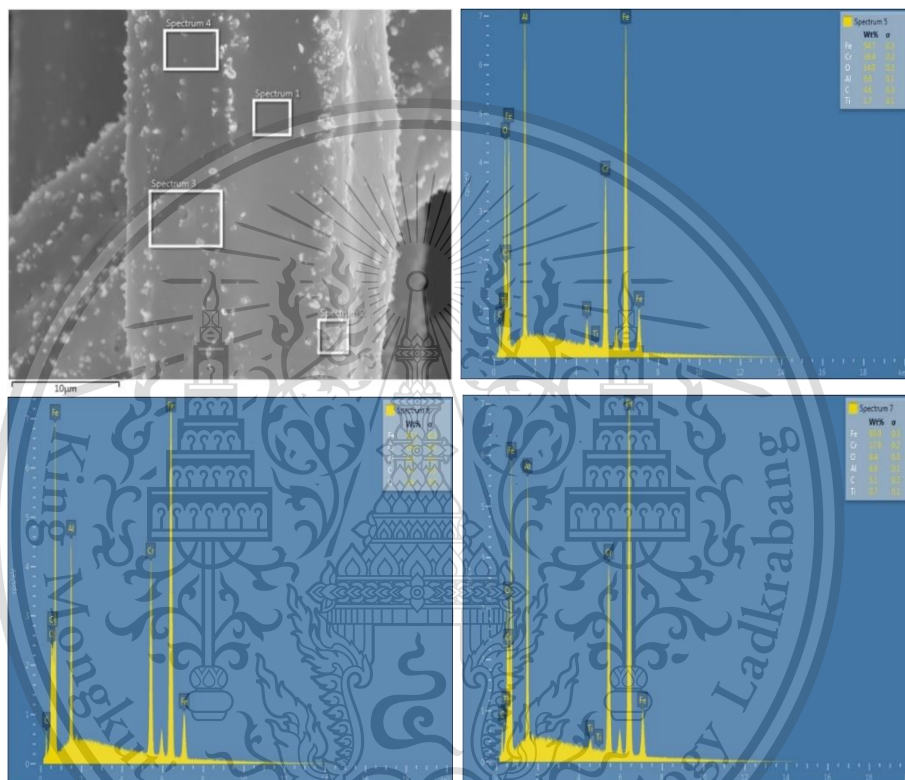
		Element (Weight %)							
Type	Spectrum	Fe	Cr	O	Al	C	Ti	Si	Ni
Metal foil	5	54.7	16.4	14.0	8.6	4.6	1.7	-	-
	6	65.1	19.3	4.4	6.0	5.2	-	-	-
	7	60.9	17.9	8.4	6.9	5.1	0.7	-	-
	8	67.5	19.9	2.2	5.0	5.3	-	-	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รูปที่ 4.3 และ ตารางที่ 4.1 แสดงผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุด้วย Energy-dispersive X-ray Spectroscopy (EDS) ของครีบลโลหะในอุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเขม่าอนุภาคดีเซลแบบไหลผ่านบางส่วน (Partial Flow DPFs) แสดงให้เห็นว่า ครีบลโลหะ (Metal Foil) ประกอบไปด้วยธาตุ เหล็ก (Fe) 55-68 เปอร์เซ็นต์ โครเมียม (Cr) 16-20 เปอร์เซ็นต์ ออกซิเจน (O) 2.2-14 เปอร์เซ็นต์ อลูมิเนียม (Al) 5-8.6 เปอร์เซ็นต์ คาร์บอน (C) 4.6-5.3 เปอร์เซ็นต์ และไทเทเนียม (Ti) 0.7-1.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ



รูปที่ 4.4 การวิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุด้วยวิธี EDS ของเส้นใยโลหะ (Metal Fiber)

ตารางที่ 4.2 องค์ประกอบของธาตุ ของเส้นใยโลหะ ด้วยวิธี EDS

		Element (Weight %)							
Type	Spectrum	Fe	Cr	O	Al	C	Ti	Si	Ni
Metal fiber	1	66.8	19.9	-	6.0	7.0	-	0.3	-
	2	54.7	16.4	11.9	8.7	8.2	-	0.2	-
	3	67.7	20.4	3.9	4.3	3.5	-	0.2	-
	4	69.4	20.7	2.6	3.3	3.0	-	0.2	0.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเท่านั้น ไม่สามารถนำเอกสารนี้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

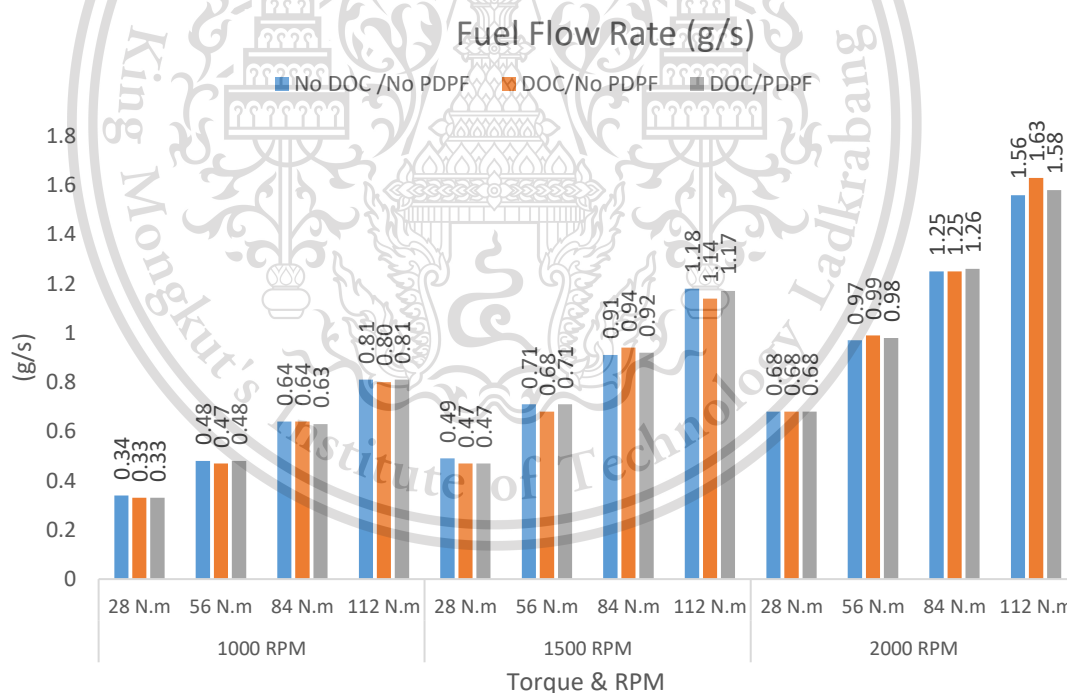
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รูปที่ 4.4 และ ตารางที่ 4.2 แสดงผลการวิเคราะห์ห้องค์ประกอบของธาตุด้วย Energy-dispersive X-ray Spectroscopy (EDS) ของเส้นใยโลหะในอุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเขม่าอนุภาคดีเซลแบบไหลผ่านบางส่วน (Partial Flow DPFs) แสดงให้เห็นว่า เส้นใยโลหะ (Metal fiber) ประกอบไปด้วยธาตุ เหล็ก (Fe) 55-69 เปอร์เซ็นต์ โครเมียม (Cr) 16-21 เปอร์เซ็นต์ ออกซิเจน (O) 3-12 เปอร์เซ็นต์ อลูมิเนียม (Al) 3-9 เปอร์เซ็นต์ คาร์บอน (C) 3-8 เปอร์เซ็นต์ และซิลิกอน (Si) 0.2-0.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

4.2 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์เมื่อติดตั้งระบบกรองมลพิษอนุภาคเขม่าแบบไหลผ่านบางส่วน (Partial Flow DPF)

ทดสอบอุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเขม่าอนุภาคบนแท่นทดสอบเครื่องยนต์ โดยวิเคราะห์ถึงผลกระทบของระบบอุปกรณ์ดังกล่าวต่อปริมาณการลดลงของมลพิษอนุภาคเขม่าดีเซล ทำการเปรียบเทียบผลกระทบของโครงสร้างและส่วนประกอบของสารเร่งปฏิกิริยาเคมี ใน Diesel Oxidation Catalyst (DOC) และ Diesel Particulate Filter (DPFs)



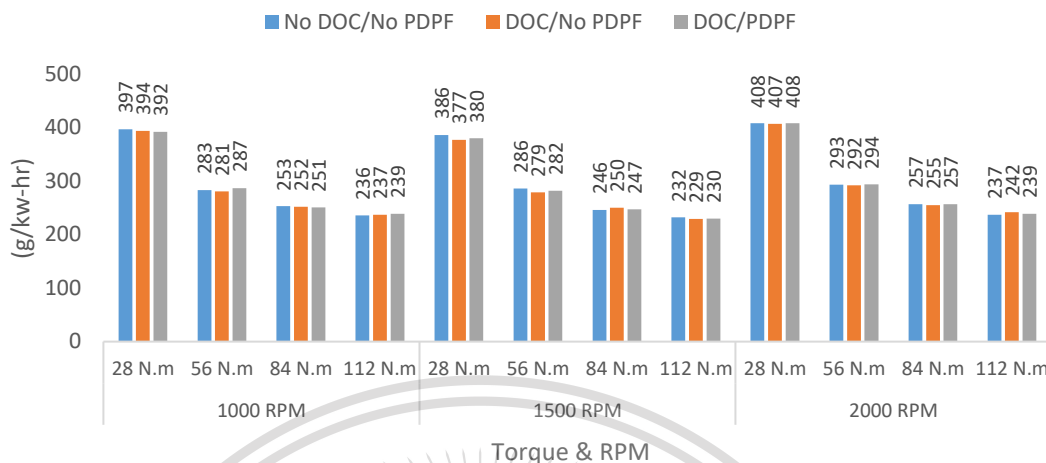
รูปที่ 4.5 อัตราการไหลของเชื้อเพลิงเข้าห้องเผาไหม้เครื่องยนต์ (Fuel Flow Rate) กรณีติดตั้งและไม่ติดตั้งดีเซล ออกซิเดชัน แคทตาลิสต์และอุปกรณ์กรองมลพิษแบบไหลผ่านบางส่วน บนแท่นทดสอบเครื่องยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

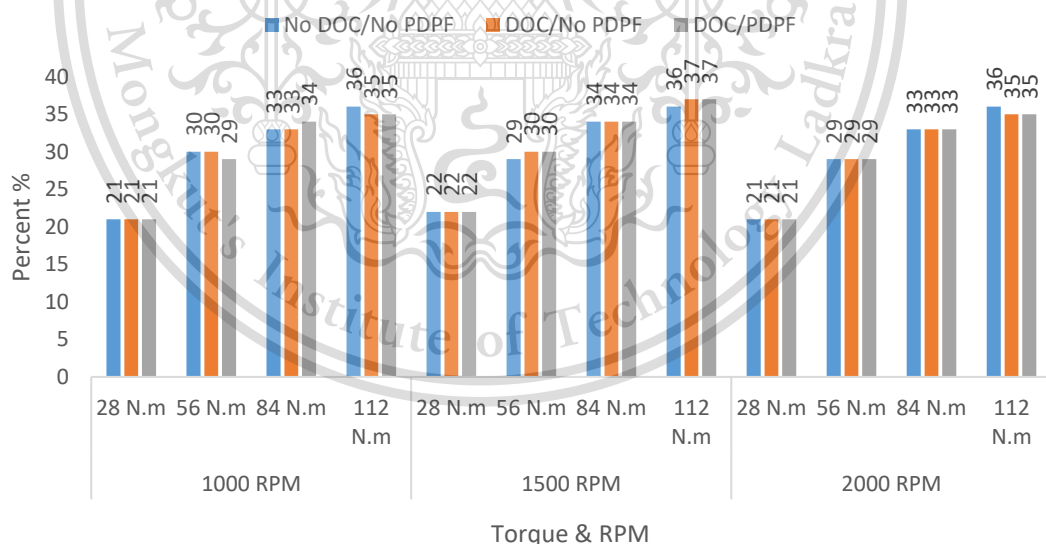
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Brake Specific Fuel Consumption (g/kW-hr)



รูปที่ 4.6 อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรค (Brake Specific Fuel Consumption) กรณีติดตั้งและไม่ติดตั้งดีเซล ออกซิเดชั่น แคทตาลิสต์และอุปกรณ์กรองมลพิษแบบไหลผ่านบางส่วน บนแท่นทดสอบ เครื่องยนต์

Brake Thermal Efficiency (%)



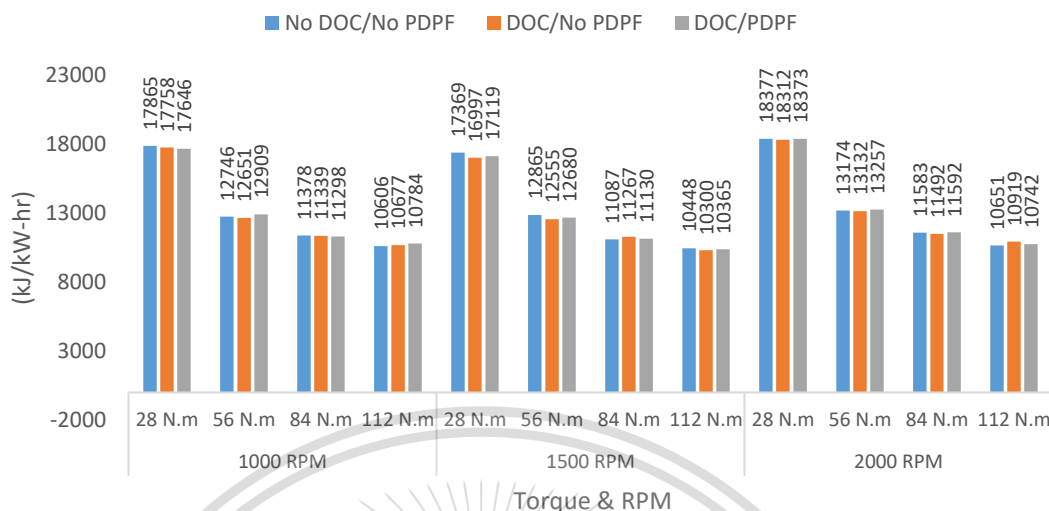
รูปที่ 4.7 อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเบรค (Brake Specific Energy Consumption) กรณีติดตั้งและไม่ติดตั้งดีเซล ออกซิเดชั่น แคทตาลิสต์และอุปกรณ์กรองมลพิษแบบไหลผ่านบางส่วน บนแท่นทดสอบ เครื่องยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Brake Specific Energy Consumption (kJ/kW-hr)



รูปที่ 4.8 ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรค (Brake Thermal Efficiency) กรณีติดตั้งและไม่ติดตั้ง ดีเซล ออกซิเดชั่น แคทตาลิสต์และอุปกรณ์กรองมลพิษแบบไหลผ่านบางส่วน บนแท่นทดสอบเครื่องยนต์

รูปที่ 4.6 แสดงผลการวัด อัตราการไหลของเชื้อเพลิงเข้าห้องเผาไหม้เครื่องยนต์ (Fuel Flow Rate) (อัตราการฉีดเชื้อเพลิงเข้าห้องเผาไหม้) อัตราการไหลของเชื้อเพลิงสูงขึ้นตามภาระโหลดและความเร็ว รอบของเครื่องยนต์ที่สูงขึ้นเนื่องจากปริมาณเชื้อเพลิงถูกฉีดเข้าห้องเผาไหม้ตามสัดส่วนภาระโหลด และความเร็วรอบที่เพิ่มสูงขึ้น

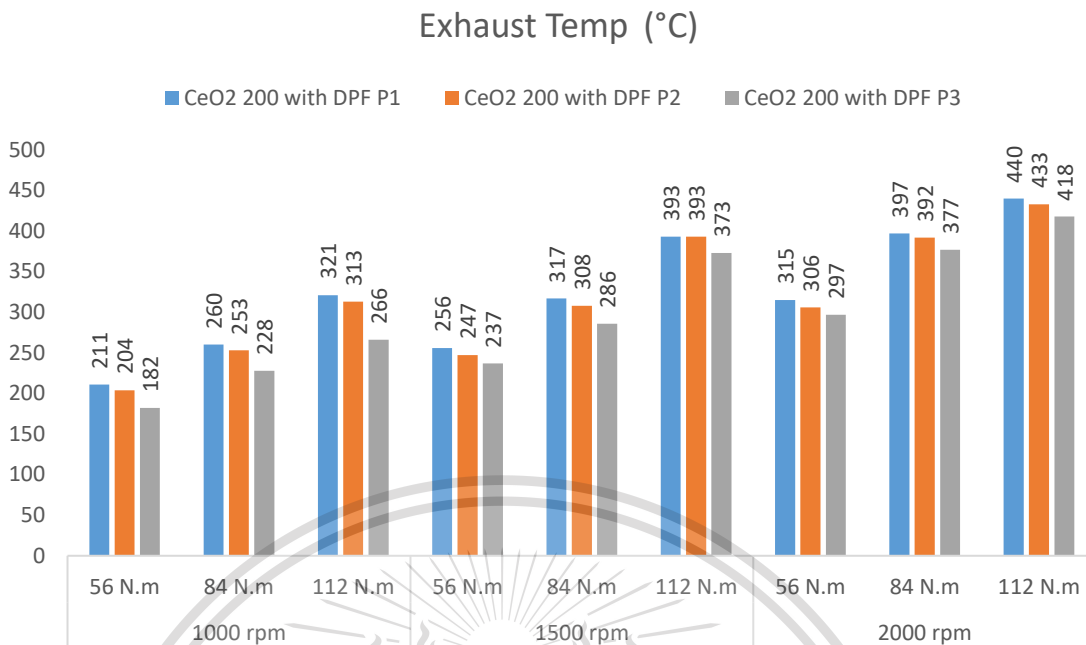
รูปที่ 4.7 แสดงผลการคำนวณ อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรค (Brake Specific Fuel Consumption) และ อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเบรค (Brake Specific Energy Consumption) อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและพลังงานจำเพาะเบรคมีค่าลดลงเมื่อเครื่องยนต์มี ภาระโหลดสูงขึ้นเนื่องจากที่สภาวะโหลดสูงขึ้นมีการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงที่คลุกเคล้าทั่วถึง อุณหภูมิ และความดันในห้องเผาไหม้สูงกว่า

รูปที่ 4.8 แสดงผลการคำนวณ ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรค (Brake Thermal Efficiency) ซึ่ง คำนวณจากอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเบรค (Brake Specific Energy Consumption) พบว่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรคมีค่าสูงขึ้นเมื่อภาระโหลดของเครื่องยนต์สูงขึ้น สอดคล้องกับ อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเบรค อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรค และอัตราการ ไหลของเชื้อเพลิงเข้าห้องเผาไหม้เครื่องยนต์

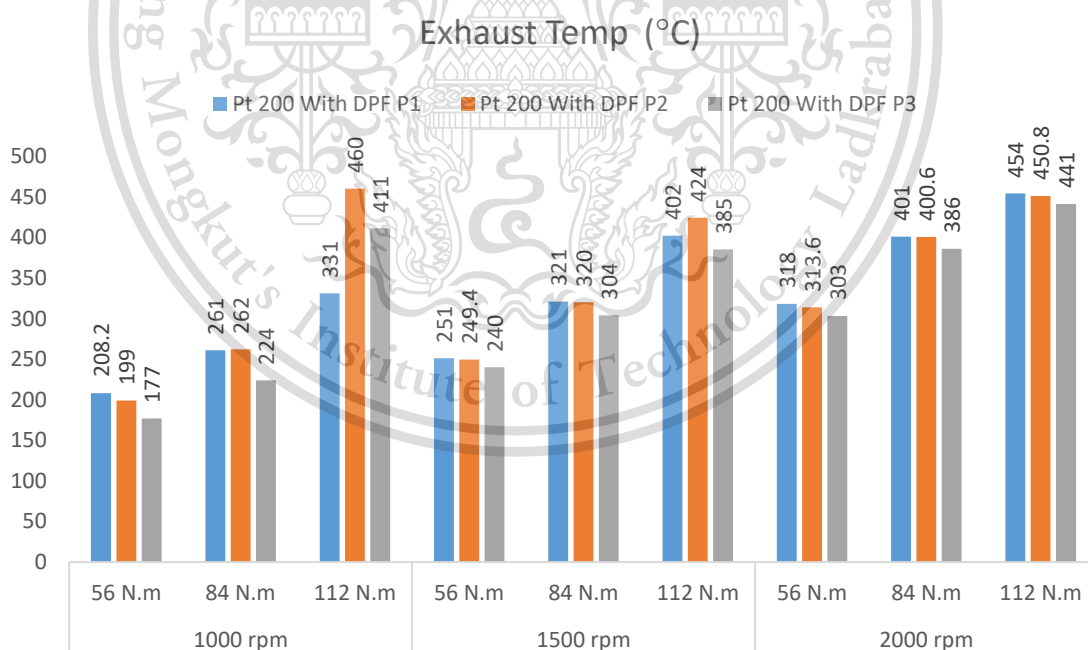
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.9 อุณหภูมิไอเสียเครื่องยนต์ กรณีติดตั้งซีเรียมออกไซด์ (CeO₂) ดีเซล ออกซิเดชัน แคทตาลิสต์ และอุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเขม่า อนุภาคเขม่าแบบไหลผ่านบางส่วน บนแท่นทดสอบเครื่องยนต์



รูปที่ 4.10 อุณหภูมิไอเสียเครื่องยนต์ กรณีติดตั้งแพลตินัม (Pt) ดีเซล ออกซิเดชัน แคทตาลิสต์ และอุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเขม่า อนุภาคเขม่าแบบไหลผ่านบางส่วน บนแท่นทดสอบเครื่องยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รูปที่ 4.9 และ รูปที่ 4.10 แสดงผลการวัดอุณหภูมิไอเสีย (Exhaust Temperature) จากเบื้องต้นที่สภาวะการทำงานของ เครื่องยนต์ตั้งโดยมีดีเซล ออกซิเดชัน แคทตาลิสต์ (DOC) ที่เคลือบด้วย Pt และ CeO_2 พบว่ามีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 200-500 องศาเซลเซียส อุณหภูมิไอเสีย สูงขึ้นตามภาระโหลดของเครื่องยนต์ที่สูงขึ้นเนื่องจากปริมาณเชื้อเพลิงถูกฉีดเข้าห้องเผาไหม้ตาม สัดส่วนภาระโหลดที่เพิ่มขึ้น อุณหภูมิไอเสียสูงขึ้นตามความเร็วรอบของเครื่องยนต์ที่สูงขึ้นเนื่องจากมี การสูญเสียความร้อนไปกับผนังกระบอกสูบผ่านระบบน้ำหล่อเย็นน้อยลงเพราะความเร็วรอบของ เครื่องยนต์ที่สูงขึ้น นอกจากนั้นยังพบว่าอุณหภูมิไอเสียสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อติดตั้งดีเซล ออกซิเดชัน แคทตาลิสต์ (DOC) และระบบอุปกรณ์กรองมลพิษแบบไหลผ่านบางส่วน (Partial Flow DPFs) ปฏิกริยาเคมีระหว่างแก๊สในไอเสียและแก๊สไอเสียกับเขม่าคาร์บอนที่เกิดขึ้นเป็นปฏิกิริยาคายความร้อน (Exothermic Reaction) จึงส่งผลโดยตรงให้อุณหภูมิไอเสียสูงขึ้น นอกจากนั้นอาจจะ เกิดจากการไหลของไอเสียที่ต้องผ่านอุปกรณ์ซึ่งเป็นสิ่งกีดขวางการไหลของแก๊สน่าจะส่งผลทำให้อุณหภูมิสูงขึ้นเล็กน้อยได้

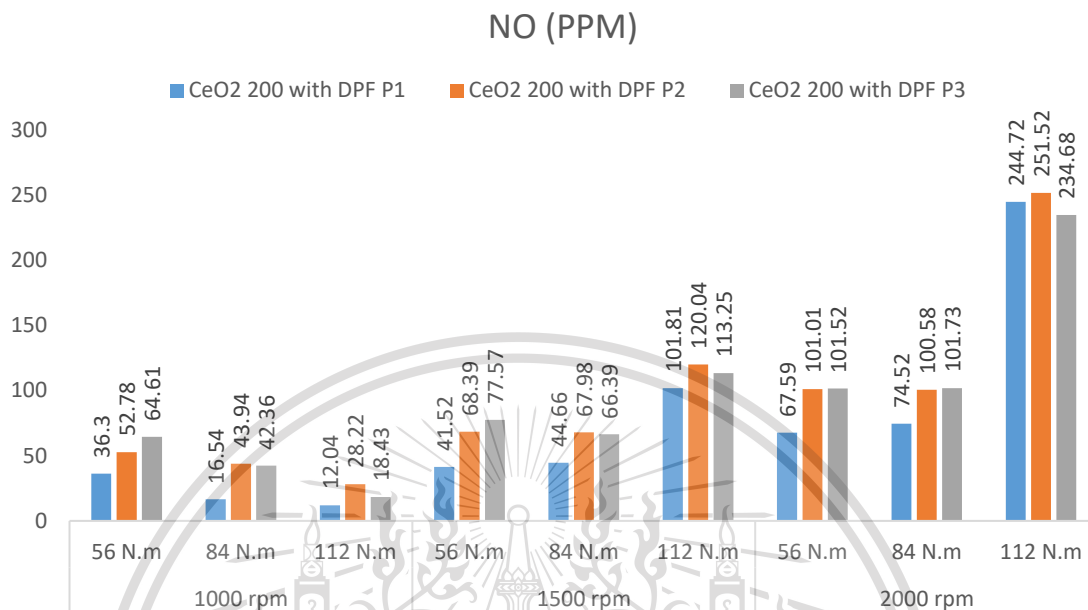
จากการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องยนต์เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการติดตั้งและหลังการติดตั้งระบบกรองมลพิษอนุภาคเขม่าแบบไหลผ่านบางส่วน (Partial Flow DPF) พบว่าอัตราการไหลของเชื้อเพลิงเข้าห้องเผาไหม้เครื่องยนต์ (Fuel Flow Rate) อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรค (Brake Specific Fuel Consumption) อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเบรค (Brake Specific Energy Consumption) และประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรค (Brake Thermal Efficiency) มีค่าใกล้เคียงกับก่อนการติดตั้ง เนื่องจากอุปกรณ์ระบบกรองมลพิษอนุภาคเขม่า เป็นชนิดแบบไหลผ่านบางส่วน ทำให้การทำงานของอุปกรณ์ไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของเครื่องยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

4.3 การวิเคราะห์ไอเสียของเครื่องยนต์เมื่อติดตั้งระบบกรองมลพิษอนุภาคเขม่าแบบไหลผ่านบางส่วน



รูปที่ 4.11 แก๊สไนโตรเจนออกไซด์ (NO) ในไอเสียเครื่องยนต์ กรณีติดตั้งซีเรียออกไซด์ (CeO₂) ดีเซล ออกซิเดชัน แคทตาลิสต์ และอุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเขม่าแบบไหลผ่านบางส่วน บนแท่นทดสอบเครื่องยนต์

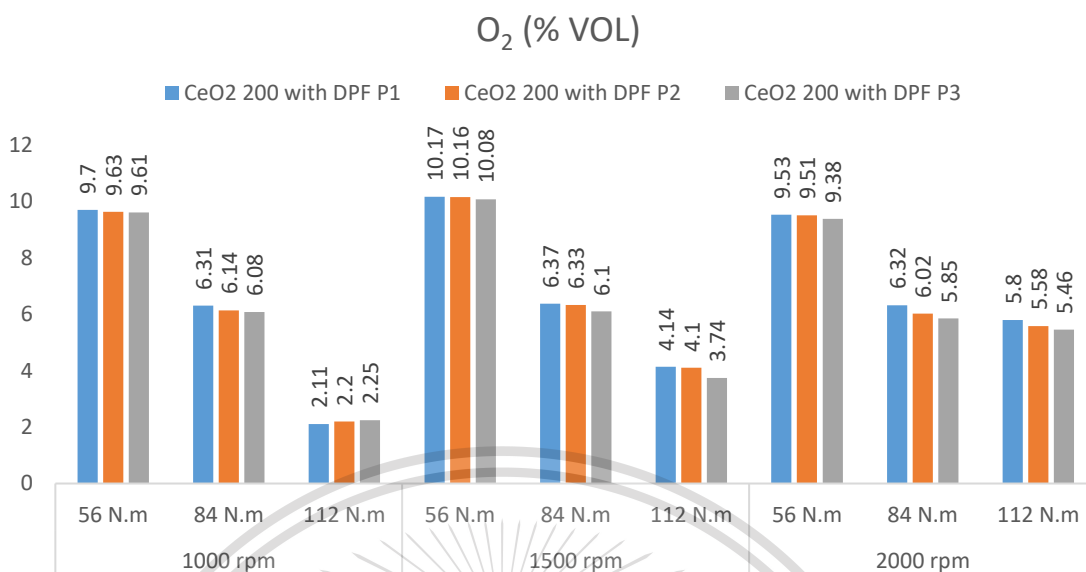


รูปที่ 4.12 แก๊สไนโตรเจนออกไซด์ (NO) ในไอเสียเครื่องยนต์ กรณีติดตั้งแพลตินัม (Pt) ดีเซล ออกซิเดชัน แคทตาลิสต์และอุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเขม่าแบบไหลผ่านบางส่วน บนแท่นทดสอบเครื่องยนต์

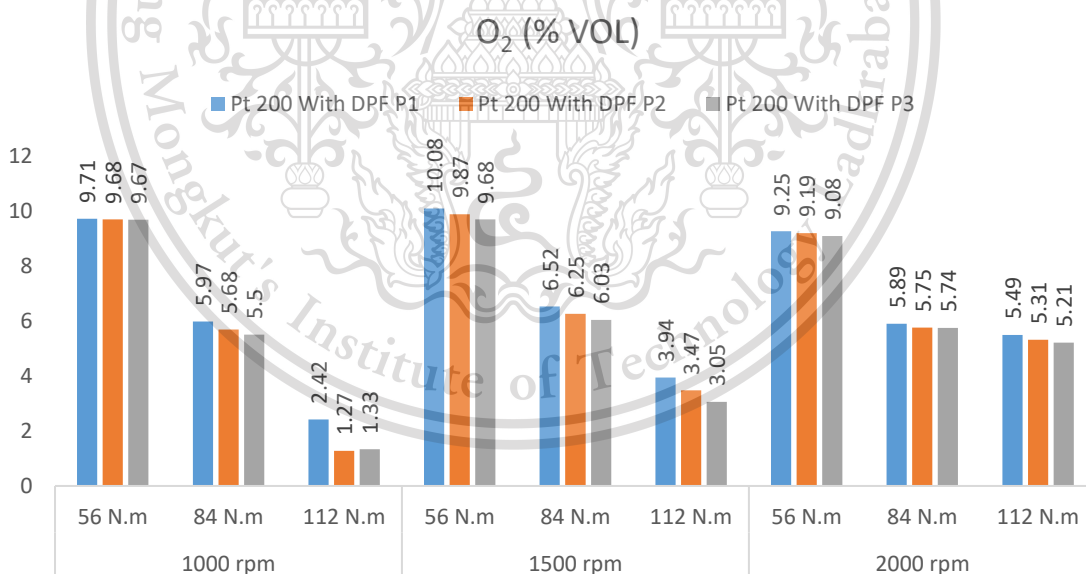
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับอาจารย์และบุคลากรศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.13 แก๊สออกซิเจน (O₂) ในไอเสียเครื่องยนต์กรณิตดตั้งซีเรียมออกไซด์ (CeO₂) ดีเซล ออกซิเดชั่น แคทตาลิสต์และอุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเข้ามาแบบไหลผ่านบางส่วน บนแท่นทดสอบเครื่องยนต์



รูปที่ 4.14 แก๊สออกซิเจน (O₂) ในไอเสียเครื่องยนต์ กรณิตดตั้งแพลตินัม (Pt) ดีเซล ออกซิเดชั่น แคทตาลิสต์ และอุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเข้ามาแบบไหลผ่านบางส่วน บนแท่นทดสอบเครื่องยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รูปที่ 4.11 และ รูปที่ 4.12 แสดงผลการวัดค่า แก๊สไนโตรเจนออกไซด์ (NO) ในไอเสียเครื่องยนต์ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 20- 250 ppm ปริมาณไนโตรเจนออกไซด์เพิ่มสูงขึ้นตามอุณหภูมิในห้องเผาไหม้ที่สูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ อุณหภูมิไอเสียที่สูงขึ้นตามภาระโหลดและรอบการทำงานของเครื่องยนต์ เมื่อติดตั้งอุปกรณ์ดีเซล ออกซิเดชัน แคทตาลิสต์(DOC) พบว่าปริมาณไนโตรเจนออกไซด์เพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ส่งผลทำให้เกิดแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์เพิ่มมากขึ้น และเมื่อผ่านอุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเขม่า อนุภาคเขม่าแบบไหลผ่านบางส่วน พบว่า แก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ลดลง เนื่องจากแก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ทำปฏิกิริยากับคาร์บอน และคาร์บอนมอนอกไซด์ ส่งผลให้ลดมลพิษเขม่าที่ออกจากไอเสียเครื่องยนต์

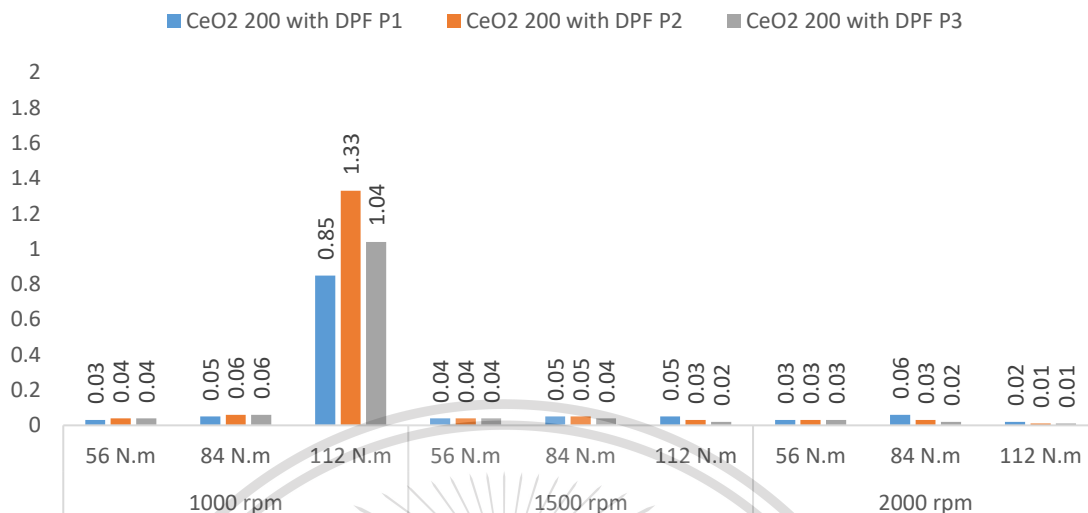
รูปที่ 4.13 และ รูปที่ 4.14 แสดงผลการวัดค่า แก๊สออกซิเจน (O₂) ในไอเสียเครื่องยนต์ ปริมาณออกซิเจนในอากาศที่ไม่ได้ทำปฏิกิริยาเคมีกับเชื้อเพลิงมีค่าประมาณ 1-10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งออกซิเจนในไอเสียจะมีค่าลดลง เมื่อเครื่องยนต์มีภาระโหลดมากขึ้นเพราะมีปริมาณเชื้อเพลิงถูกฉีดเข้าห้องเผาไหม้ในสัดส่วนที่สูงขึ้นออกซิเจนในอากาศจึงถูกทำปฏิกิริยาเคมีกับเชื้อเพลิงในสัดส่วนที่สูงขึ้น เมื่อติดตั้งดีเซล ออกซิเดชัน แคทตาลิสต์ และอุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเขม่า อนุภาคเขม่าแบบไหลผ่านบางส่วน พบว่า ปริมาณแก๊สไนออกซิเจนมีค่าลดลง เนื่องจาก แก๊สออกซิเจนเป็นส่วนสำคัญในการเกิดปฏิกิริยาลดมลพิษเขม่าของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

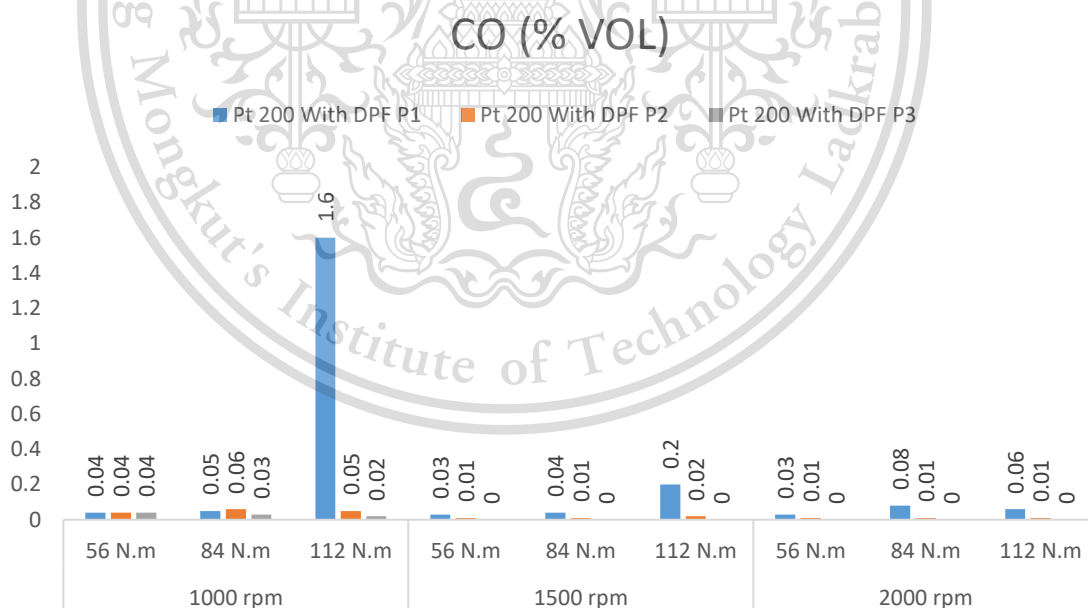
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

CO (% VOL)



รูปที่ 4.15 แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ในไอเสียเครื่องยนต์ กรณีติดตั้งซีเรียมออกไซด์ (CeO₂) ดีเซล ออกซิเดชั่น แคทตาลิสต์และอุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเข้ามาแบบไหลผ่านบางส่วน บนแท่นทดสอบเครื่องยนต์



รูปที่ 4.16 แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ในไอเสียเครื่องยนต์ กรณีติดตั้งแพลตินัม (Pt) ดีเซล ออกซิ

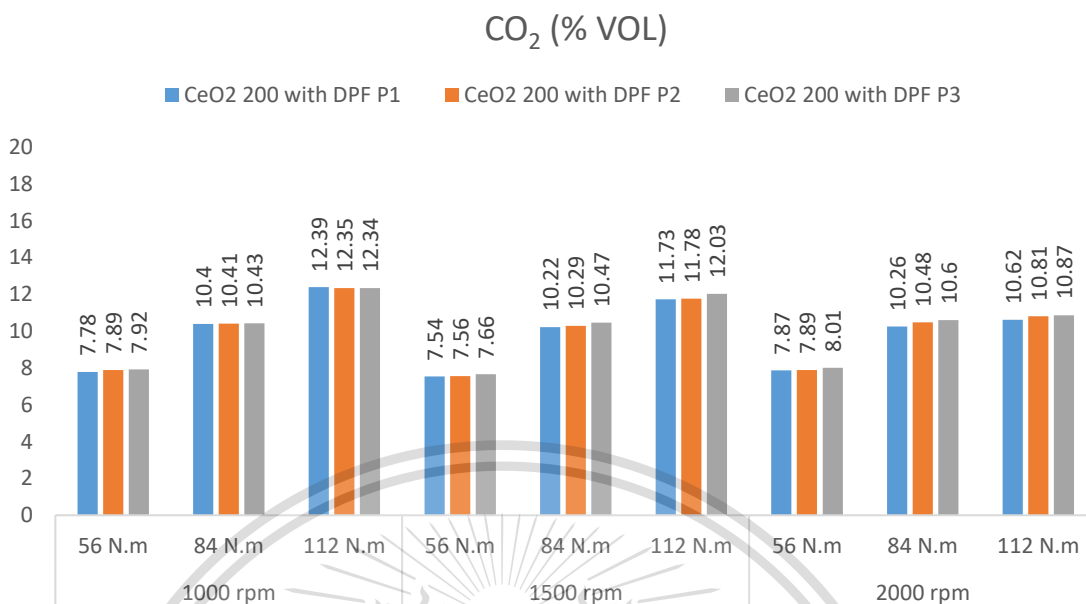
เดชั่น แคทตาลิสต์ และอุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเข้ามาแบบไหลผ่านบางส่วน บนแท่นทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารทบทวนเนื้อหาสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น มิอนุญาตให้นำไปเผยแพร่หรือใช้ในการค้า

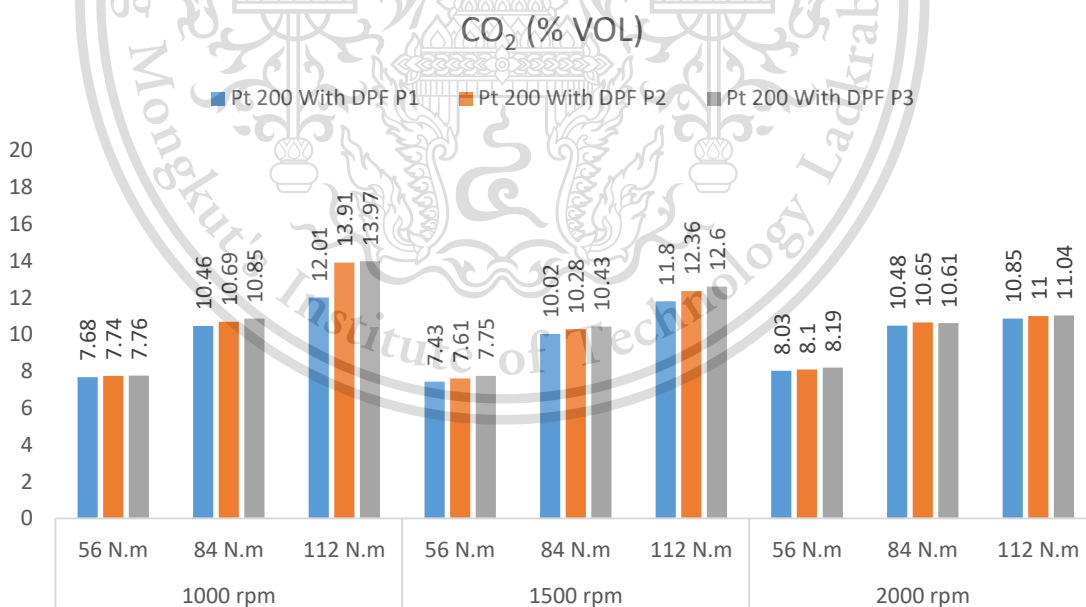
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



รูปที่ 4.17 แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ในไอเสียเครื่องยนต์ กรณีติดตั้งซีเรียมออกไซด์ (CeO₂) ดีเซล ออกซิเดชัน แคทตาลิสต์และอุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเข้ามาแบบไหลผ่านบางส่วน บนแท่นทดสอบเครื่องยนต์



รูปที่ 4.18 แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ในไอเสียเครื่องยนต์ กรณีติดตั้งแพลตินัม (Pt) ดีเซล ออกซิเดชัน แคทตาลิสต์ และอุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเข้ามาแบบไหลผ่านบางส่วน บนแท่นทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รูปที่ 4.15 และ รูปที่ 4.16 แสดงผลการวัดค่า แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ในไอเสีย เครื่องยนต์ ที่ความเร็วรอบ เครื่องยนต์ต่ำพบว่าปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์เพิ่มสูงขึ้นอย่างชัดเจน ตามปริมาณเชื้อเพลิงที่ฉีดเข้า ห้องเผาไหม้ที่มากขึ้นตามภาระโหลดของเครื่องยนต์ เนื่องจากที่รอบ การทำงานของเครื่องยนต์ที่ต่ำ มากนั้นจะเกิดการการสูญเสียความร้อนผ่านกระบอกสูบไปกับการ ระบายความร้อนในสัดส่วนที่สูงขึ้น และจากสารเคลือบแพลตินัม ที่เคลือบบนผิวดีเซล ออกซิเดชัน แคทตาลิสต์ ส่งผลโดยตรงในการช่วย เปลี่ยนแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ให้กลายเป็นแก๊ส คาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂)

รูปที่ 4.17 และ รูปที่ 4.18 แสดงผลการวัดค่า แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) ในไอเสีย เครื่องยนต์ พบว่าปริมาณ คาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณเชื้อเพลิงที่ฉีดเข้าห้องเผาไหม้ ที่มากขึ้นตามภาระโหลดของ เครื่องยนต์ เมื่อติดตั้งระบบอุปกรณ์กรองมลพิษแบบไหลผ่านบางส่วน พบว่า ปริมาณ คาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มสูงขึ้นเช่นกัน

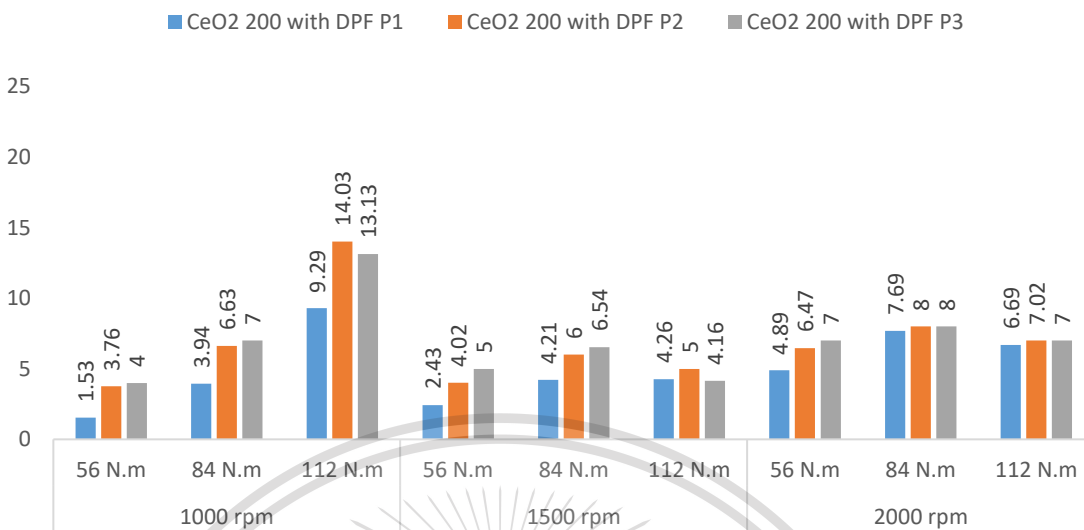


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

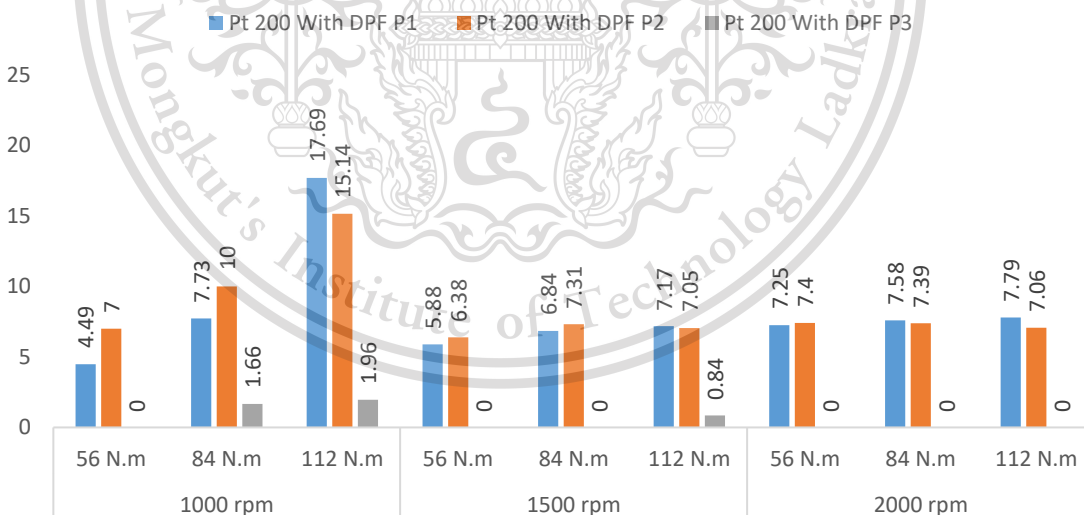
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

HC (PPM)



รูปที่ 4.19 แก๊สไฮโดรคาร์บอน (HC) ในไอเสียเครื่องยนต์ กรณีติดตั้งซีเรียมออกไซด์ (CeO₂) ดีเซล ออกซิเดชั่น แคทตาลิสต์และอุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเข้ามาแบบไหลผ่านบางส่วน บนแท่นทดสอบเครื่องยนต์

HC (PPM)



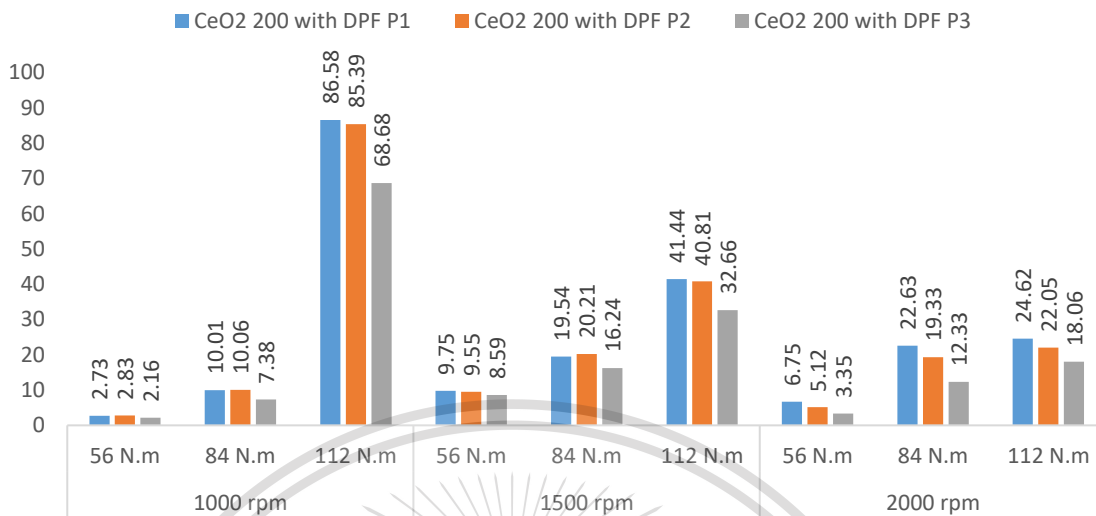
รูปที่ 4.20 แก๊สไฮโดรคาร์บอน (HC) ในไอเสียเครื่องยนต์ กรณีติดตั้งแพลตินัม (Pt) ดีเซล ออกซิเดชั่น แคทตาลิสต์ และอุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเข้ามาแบบไหลผ่านบางส่วน บนแท่นทดสอบเครื่องยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

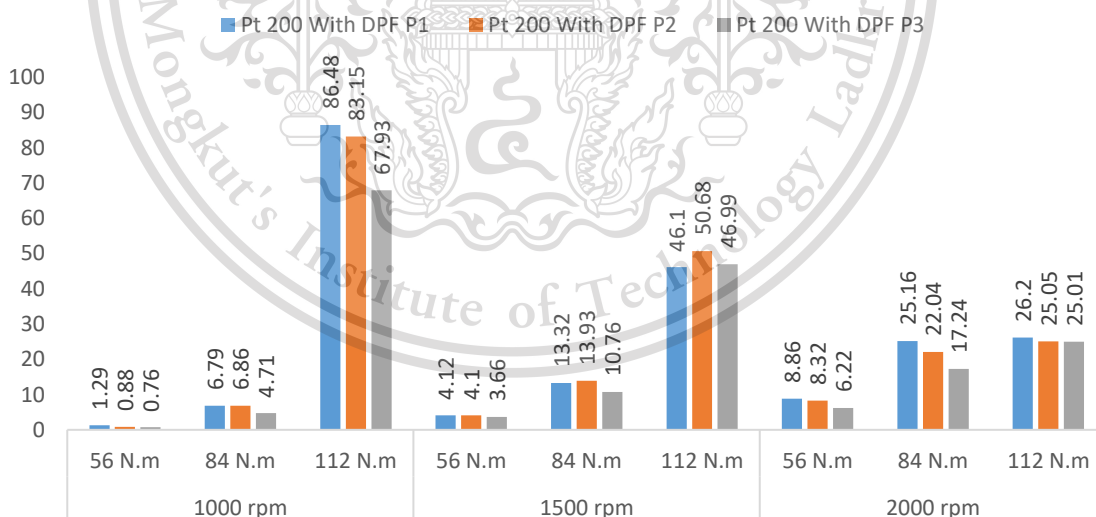
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

opacity (%)



รูปที่ 4.21 เหม่าควันดำของไอเสียเครื่องยนต์ (ใช้เครื่องมือวัดควันดำแบบ Opacity Meter) กรณีติดตั้งซีเรียมออกไซด์ (CeO₂) ดีเซล ออกซิเดชัน แคทตาลิสต์และอุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเหม่าแบบไหลผ่านบางส่วน บนแท่นทดสอบเครื่องยนต์

opacity (%)



รูปที่ 4.22 เหม่าควันดำของไอเสียเครื่องยนต์ (ใช้เครื่องมือวัดควันดำแบบ Opacity Meter) กรณีติดตั้งแพลตินัม (Pt) ดีเซล ออกซิเดชัน แคทตาลิสต์และอุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเหม่าแบบไหลผ่านบางส่วน บนแท่นทดสอบเครื่องยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

รูปที่ 4.19 และ รูปที่ 4.20 .แสดงผลการวัดค่า แก๊สไฮโดรคาร์บอน (HC) ในไอเสีย เครื่องยนต์ ปริมาณไฮโดรคาร์บอน ส่วนใหญ่จะเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อติดตั้งดีเซล ออกซิเดชัน แคตตาลิสต์ (DOC) มีความเป็นไปได้ สูงว่าละอองเชื้อเพลิงไฮโดรคาร์บอนที่มีสถานะเป็นของเหลว ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนเปลี่ยนสถานะ เป็นก๊าซ และนอกจากนั้นยังพบว่าแก๊สไฮโดรคาร์บอนจะสามารถลดลงได้เมื่อผ่านอุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเขม่า อนุภาคเขม่าแบบไหลผ่านบางส่วน เนื่องจาก ถูกออกซิไดซ์ให้เป็น คาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) และน้ำ (H₂O)

รูปที่ 4.21 และ รูปที่ 4.22 แสดงผลการวัดค่า มลพิษอนุภาคเขม่าควันดำในไอเสีย เครื่องยนต์ ปริมาณอนุภาคเขม่าควันดำเพิ่มสูงขึ้นตามปริมาณเชื้อเพลิงที่ฉีดเข้าห้องเผาไหม้ที่มากขึ้น ตามภาระโหลดของเครื่องยนต์ นอกจากนี้ยังพบว่า ปริมาณอนุภาคเขม่าควันดำมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อติดตั้งดีเซล ออกซิเดชัน แคตตาลิสต์ (DOC) และอุปกรณ์กรองมลพิษแบบไหลผ่านบางส่วน(Partial flow DPF)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

สรุปผลงานวิจัย

งานวิจัยนี้สรุปได้ว่าโครงสร้างระดับมาโครภายในของอุปกรณ์กรองมลพิษแบบไหลผ่านบางส่วน (Partial Flow DPF) ซึ่งประกอบด้วยชั้นครีโบลโลหะ (Metal Foil) และชั้นเส้นใยโลหะ (Metal Fiber) โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) โดยพบว่าเส้นใยโลหะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 21-28 ไมครอน และจากการวิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุด้วย Energy-dispersive X-ray Spectroscopy (EDS) พบว่า ชั้นครีโบลโลหะ และชั้นเส้นใยโลหะ องค์ประกอบธาตุหลักคือ เหล็ก (Fe) โครเมียม (Cr) และอลูมิเนียม (Al)

การศึกษาศาสตร์เคลือบเพื่อเร่งปฏิกิริยาเคมี ใน ดีเซล ออกซิเดชัน แคทตาลิสต์ (DOC) พบว่า สารซีเรียมออกไซด์ (CeO_2) มีส่วนประกอบของธาตุออกซิเจน (O_2) ทำให้การเกิดปฏิกิริยา ออกซิเดชัน (Oxidation) ในดีเซล ออกซิเดชัน แคทตาลิสต์เพิ่มมากขึ้น จากการทดสอบพร้อมอุปกรณ์กรองมลพิษแบบไหลผ่านบางส่วน (Partial flow DPF) บนแท่นทดสอบเครื่องยนต์ พบว่า ปริมาณแก๊สไนโตรเจนออกไซด์ (NO) เพิ่มขึ้น 57.39% ปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) เพิ่มขึ้น 7.92% ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เพิ่มขึ้น 1.75% ปริมาณแก๊สไฮโดรคาร์บอน (HC) เพิ่มขึ้น 54.56% และค่าอนุภาคเขม่าควันดำ เหลือลดลง 26.7% ส่วนสารเคลือบชนิดแพลตินัม (Platinum) พบว่า มีคุณสมบัติเป็น โลหะทรานซิชัน (Transition metal) ดังนั้น ทำให้เร่งปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นในดีเซล ออกซิเดชัน แคทตาลิสต์ได้ดี จากการทดสอบพร้อมอุปกรณ์กรองมลพิษแบบไหลผ่านบางส่วน (Partial flow DPF) บนแท่นทดสอบเครื่องยนต์ พบว่า ปริมาณแก๊สไนโตรเจนออกไซด์ (NO) เพิ่มขึ้น 53.45% ปริมาณแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) เหลือลดลง 82.03% ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เพิ่มขึ้น 4.58% ปริมาณแก๊สไฮโดรคาร์บอน (HC) เหลือลดลง 95.08% และค่าอนุภาคเขม่าควันดำ เหลือลดลง 20.83%

จากการติดตั้งระบบอุปกรณ์กรองเขม่าไหลผ่านบางส่วน พบว่า ดีเซล ออกซิเดชัน แคทตาลิสต์ (DOC) ทำหน้าที่ในการเปลี่ยน แก๊สไนโตรเจนออกไซด์ (NO) ให้เป็น แก๊สไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) ด้วยปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation) และทำหน้าที่เปลี่ยนแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงดีเซล ให้เป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ส่วนอุปกรณ์กรองมลพิษอนุภาคเขม่า อนุภาคเขม่าแบบไหลผ่านบางส่วน (Partial Flow DPF) ทำหน้าที่เปลี่ยนสภาพไฮโดรคาร์บอน (HC) ให้เป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และน้ำ (H_2O) รวมทั้งทำหน้าที่ดักจับอนุภาคเขม่าควันดำ และกรองมลพิษให้ออกจากไอเสียเครื่องยนต์ เป็นแก๊สไนโตรเจน (N_2) และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ซึ่งไม่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์และใช้เฉพาะเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

เอกสารอ้างอิง

- [1] ประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่อง กำหนดมาตรฐานค่าควันดำของรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์แบบจุดระเบิดด้วยการอัด พ.ศ. 2541. (2541,9 กันยายน). ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 127 ตอนพิเศษ 87 ง. หน้า32-33.
- [2] S. Bennett, Modern diesel technology: light duty diesels. Australia ; United States: Delmar Cengage Learning, 2012.
- [3] hyperphysics, "Disel Engines," [Online]. Available: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/thermo/diesel.html>. [Accessed 10 Nov 2020].
- [4] C.R. Ferguson, "Internal Combustion Engines Applied Thermosciences", 2nd edition, John Wiley & Sons, Ltd.
- [5] J. B. Heywood, Internal combustion engine fundamentals. New York: McGraw-Hill, 1988.
- [6] จอห์น บี. เฮย์วูด, วีระศักดิ์ กรัยวิเชียร. เครื่องยนต์เผาไหม้ภายใน : ทฤษฎีและการคำนวณ. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ วิทยพัฒน์. 2543.
- [7] P. Eastwood, Particle Emission from Vehicles, England: John Wiley & Sons, 2008.
- [8] J. E. Dec, 'Advanced compression-ignition engines—understanding the in-cylinder processes', Proc. Combust. Inst., vol. 32, no. 2, pp. 2727–2742, 2009.
- [9] https://en.wikipedia.org/wiki/European_emission_standards
- [10] Eleftheriadisa, K., I. Colbeckb, C. Housiadasa, M. Lazaridisc, N. Mihalopoulosd, C. Mitsakoua, J. Smolike and V. Zdimale. (2006). Size distribution, composition and origin of the submicron aerosol in the marine boundary layer during the eastern Mediterranean "SUB-AERO" experiment. Atmos. Environ, 40: 6245-6260.
- [11] D.B. Kittelson, Engines and Nanoparticles: A Review, Journal of Aerosol Science, 29,575-588, 1998.
- [12] D.A. Coley, Energy and Climate Change Creating a Sustainable Future, John Wiley Ltd. 2008. (www.newscientist.com)
- [13] P. Karin, Boonsakda, K. Siricholathum, E. Saenkhumvong, C. Charoenphonphanich and K. Hanamura, Morphology and Oxidation Kinetics of CI Engine's Biodiesel Particulate Matters on Cordierite Diesel Particulate Filters using TGA,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

International Journal of Automotive Technology, 18, 1, 31-40, 2017.
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

- [14] T. Jacobs, S. Chatterjee, R. Conway, A. Walker, J. Kramer and K. MuellerHaas, Development of Partial Filter Technology for HDD Retrofit, SAE Technical Paper, 2006-01-0213, 2006.
- [15] P. Karin, L. Cui, P. Rubio, T. Tsuruta, and K. Hanamura, Microscopic Visualization of PM Trapping and Regeneration in Micro-Structural Pores of a DPF Wall, SAE International Journal of Fuels and Lubricants, 2, 1, 661-669, 2009.
- [16] P. Karin and K. Hanamura, Particulate Matter Trapping and Oxidation on Catalyst Membrane, SAE International Journal of Fuels and Lubricants, 3, 1, 368-379, 2010.
- [17] H. Oki, P. Karin and K. Hanamura, Visualization of Oxidation of Soot Nanoparticles Trapped on a Diesel Particulate Membrane Filter, SAE International Journal of Engines, 4, 1, 515-526, 2011.
- [18] T. Ishiguro, Y. Takatori and K. Akihama, Microstructure of Diesel Soot Particles Probed by Electron Microscopy: First Observation in Inner Core and Outer Shell, Combustion and Flame, 108, 231-234, 1997.
- [19] Bertoni, New VM R750 engine family: a different approach to reach the emission limit, SAE 2013-32-9057.
- [20] Yao Liu and Guixia Ba, Continuously Regenerating Particulate Matter (PM Metalit®) in LDV & HDV Retrofit Application , SAE 2008-01-1547.
- [21] Schaffner, Diesel Particulate Filter: Exhaust aftertreatment for the reduction of soot emissions , MTU (2011)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.



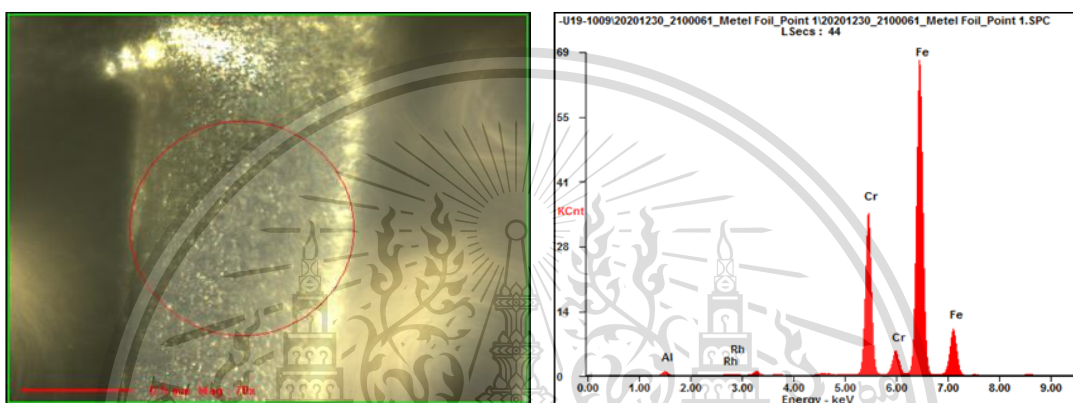
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

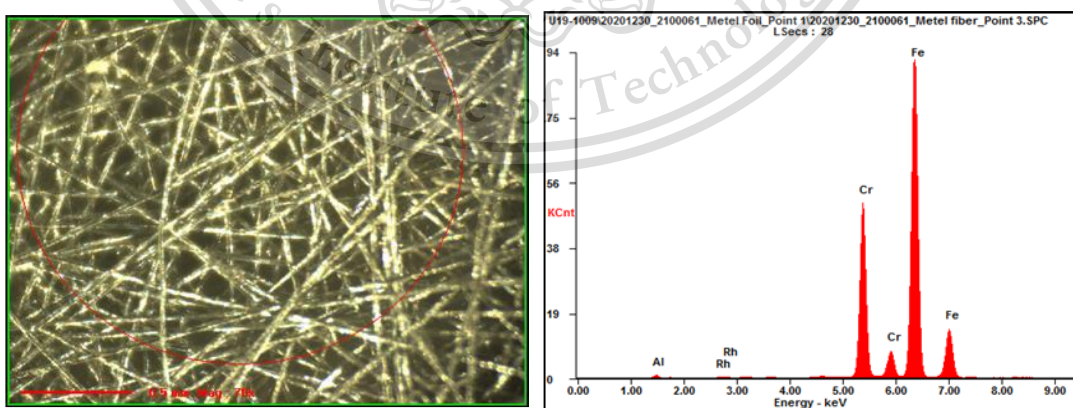
Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ภาคผนวก ก

แสดงผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุด้วย X-ray fluorescence (XRF) แสดงให้เห็นว่าครีบลโลหะ (Metal Foil) ประกอบด้วยธาตุอลูมิเนียม (Al) 8.42 เปอร์เซ็นต์ โครเมียม (Cr) 21.43 เปอร์เซ็นต์และเหล็ก (Fe) 70.15 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเส้นใยโลหะ (Metal fiber) ประกอบด้วยธาตุอลูมิเนียม (Al) 6.23 เปอร์เซ็นต์ โครเมียม (Cr) 22.14 เปอร์เซ็นต์และเหล็ก (Fe) 71.63 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงใน



การวิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุด้วยวิธี XRF ของครีบลโลหะ (Metal Foil)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่ง การวิเคราะห์องค์ประกอบของธาตุด้วยวิธี XRF ของเส้นใยโลหะ (Metal Fiber) โยชนด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

องค์ประกอบของธาตุ ของอุปกรณ์กรองอนุภาคเขม่าแบบไหลผ่านบางส่วน ด้วย วิธี XRF

Type	Spectrum	Element (Weight %)		
		Fe	Cr	Al
Metal foil	1	70.15	21.43	8.42
	2	70.21	21.39	8.40
Metal fiber	3	71.63	22.14	6.23



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.