

การพัฒนาหม้อพักไอเสียแบบผสม สำหรับรถยนต์เครื่องยนต์ดีเซล
ขนาดความจุระบอกลุ่ม 2,500 ซี.ซี.

ปริญญานิพนธ์

ของ

ถาวร ไพจิตร

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา

พฤษภาคม 2551

การพัฒนาหม้อพักไอเสียแบบผสม สำหรับรถยนต์เครื่องยนต์ดีเซล
ขนาดความจุกระบอกสูบ 2,500 ซี.ซี.

ปริญญานิพนธ์
ของ
ถาวร ไพจิตร

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา
พฤษภาคม 2551
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การพัฒนาหม้อพักไอเสียแบบผสม สำหรับรถยนต์เครื่องยนต์ดีเซล
ขนาดความจุกระบอกสูบ 2,500 ซี.ซี.

บทคัดย่อ
ของ
ถาวร ไพจิตร

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา
พฤษภาคม 2551

ถาวร ไพจิตร. (2551). การพัฒนาหม้อพักไอเสียแบบผสม สำหรับรถยนต์เครื่องยนต์ดีเซล ขนาด

ความจุกระบอกสูบ 2,500 ซี.ซี. ปริญญาโท กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา) กรุงเทพฯ :

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม : อาจารย์ ดร. ไพรัช

วงศ์ยุทธไกร, อาจารย์ โอภาส สุขหวาน.

การพัฒนาหม้อพักไอเสียแบบผสม สำหรับรถยนต์เครื่องยนต์ดีเซลครั้งนี้ใช้หลักแผ่นความหนา 2 มิลลิเมตร ขึ้นรูปทรงกระบอกมีปริมาตรภายใน 3.6 เท่าของปริมาตรความจุกระบอกสูบเครื่องยนต์ทดสอบ และแบ่งโครงสร้างออกเป็น 3 ส่วน โดยใช้หน้าแปลนเจาะรูยึดน็อต สำหรับถอดทำความสะอาด ส่วนโครงสร้างภายในมีท่อนำการไหลแนวตรงที่เจาะรูพุน และแผ่นค้ำค้ำของใบพัดท่อสูบน้ำแบบหอยโข่ง เพื่อให้ก๊าซไอเสียเกิดการไหลเหวี่ยงเข้าสะสมภายในบริเวณผนังสองชั้นของหม้อพักไอเสียฯ และเสียงดังจากเครื่องยนต์ที่ผ่านเข้ามาภายในโครงสร้างของห้องกันที่มีส่วนขยายกว้าง (Single Expansion Chamber) จะเกิดการเปลี่ยนแปลงความถี่คลื่นเสียง ทำให้เสียงดัง และเขม่าควันดำนาลดลงพร้อมๆกัน

การวัดประสิทธิภาพของหม้อพักไอเสียฯ ใช้ตามเกณฑ์มาตรฐานของกรมการขนส่งทางบก และได้ทำการทดสอบการใช้งานจริงกับรถยนต์เครื่องยนต์ดีเซลรุ่น ค.ศ. 1995 ขนาดความจุกระบอกสูบ 2446 ซี.ซี. 89 แรงม้า โดยกำหนดระยะทางทดสอบ 5,000 กิโลเมตร ซึ่งวัดระดับค่าควันดำ และระดับค่าเสียงดัง ทุกระยะทาง 1,000 กิโลเมตร ตามวิธีการตรวจวัดของกรมการขนส่งทางบก และประเมินลักษณะทางด้านกายภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ มีผลสรุป คือ

1.ประสิทธิภาพของหม้อพักไอเสียฯ ตามเกณฑ์มาตรฐานของกรมการขนส่งทางบก

1.1 ระดับค่าควันดำโดยเฉลี่ย ร้อยละ 8.85 (ระบบบ๊อช) และผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

1.2 ระดับค่าเสียงดังโดยเฉลี่ย 95.26 (เดซิเบล เอ)และผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนด

2. ระดับค่าควันดำ และเสียงดัง ที่วัดได้จากรถยนต์ทดสอบในการใช้งานจริงตามระยะทางทั้งหมด 5,000 กิโลเมตร

2.1 ค่าเฉลี่ยของควันดำ ร้อยละ 15.39 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.07 ซึ่งค่าควันดำจะมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นตามระยะทางทดสอบที่กำหนด

2.2 ค่าเฉลี่ยของเสียงดัง 95.54 เดซิเบล (เอ) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.69 ซึ่งมีแนวโน้มคงที่ตามระยะทางทดสอบที่กำหนด

3. การประเมินลักษณะทางด้านกายภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ มีผลสรุปอยู่ในเกณฑ์ดี

DEVELOPMENT THE MUFFLER COMBINATION TYPE FOR AUTOMOBILE
DIESEL ENGINE (2,500 C.C.)

AN ABSTRACT
BY
THAVORN PAIJIT

Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Master of Education Degree in Educational Industry
at Srinakharinwirot University

May 2008

Thavorn Paijit. (2008). *Development the Muffler Combination type for Automobile Diesel Engine (2,500 C.C)* Master thesis, M.Ed. (Industrial Educational). Bangkok : Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee : Dr. Pairust Vongyuttakrai, Mr. Opas Sukwhan.

The purpose of this study was to development the muffler combination type for diesel engine (2.500 c.c). The muffler combination type made of steel plate 0.2 centimeter thick and the cylinder dimension were: diameter is 15 centimeter and length is 50 centimeter. The muffler structure made to in 3 pieces and used nut for install with exhaust system service. There is a pipe in side the muffler that was drive and there is a van as resembler either with centrifugal pump to let the exhaust gas passages flow effect centrifugal force as the back smoke through compact the transmission loss of cylinder wall. The single expansion chamber structure it reduction of sound wave emission can be expected. So the muffler combination type to reduction the back smoke and the loudness from automobile diesel engine. The muffler combination type was installed with exhaust system of automobile diesel engine (2,446 c.c.) on 1995 year ,89 H.P. Its test run 5,000 kilometers as sequence record 1,000 kilometers and its efficiency was evaluated with reference to the Transportation Department standard according to back smoke and loudness.

The results are as follow :

1. Its efficiency was evaluated with reference to Transportation Department standard.
 - 1.1 The back smoke was average 8.85 percent compare with 50 percent standard.
 - 1.2 The loudness was average 95.26 dB (A) compare with 100 dB. (A) standard.
2. Its test run 5,000 kilometer
 - 2.1 The back smoke was average 15.39 percent standard and standard deviation 0.07 percent as rise from test run 5,000 kilometers.

2.2 The loudness was average 95.54 dB. (A) and standard deviation 0.69 percent as constancy from test run 5,000 kilometers.

3. The physical of the muffler combination type for automobile diesel engine used 3 main criteria : Strange , Beautiful , Making of exhaust system the overall performance in the 3 main certeria was good.

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากอาจารย์ ดร. ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และอาจารย์ โอบาส สุขหวาน ที่กรุณาเป็นที่ปรึกษาให้คำแนะนำ และแนวคิด พร้อมทั้งตรวจแก้ไขปริญญานิพนธ์เล่มนี้จนเสร็จสมบูรณ์ จึงขอขอบพระคุณมา ณ. โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณประธานกรรมการ และกรรมการทุกท่านที่กรุณาตรวจสอบ และแก้ไข ต้นฉบับปริญญานิพนธ์เล่มนี้จนสำเร็จ

ขอขอบคุณอาจารย์ ดร. อุบัติย์ สุวคันทกุล อาจารย์ ดร. ละเอียด รัชฆะเฝ้า อาจารย์สุดใจ เห่งสีไพร ที่กรุณาให้ข้อเสนอแนะต่างๆ ทำให้ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา และผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุวัฒน์ อัจฉริยนนท์ ที่กรุณาให้คำแนะนำ ทำให้ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณผู้อำนวยการโรงเรียนเทคโนโลยีสยาม ที่ได้อนุเคราะห์เครื่องมือตรวจวัดระดับค่าควันท้า และระดับค่าเสียงดัง ในการเก็บข้อมูลวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณรองผู้อำนวยการ วิทยาลัยสารพัดช่างบรรหาร-แจ่มใส สุพรรณบุรี อาจารย์สุวัฒน์ งามยิ่ง และอาจารย์อำนวยการ งามเกตุสุข ที่กรุณาให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ในการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณอาจารย์อานาจ แสงอินทร์ อาจารย์บำรุง บัวบาน อาจารย์วินัส ทัสเนียม อาจารย์สมหวัง เจียสินเจริญ อาจารย์ศศิวิมล มาแสง ที่กรุณาให้ข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์ยิ่ง

ขอขอบคุณท่านกรรมการผู้จัดการ บริษัทสรวงสร้าง พร็อบเพอร์ตี้ จำกัด ที่เอื้อเฟื้อรถยนต์ทดสอบในครั้งนี้ และขอขอบคุณอาจารย์กัลป์ จิตมั่นคง ที่ให้ความช่วยเหลือในการตรวจวัดระดับค่าควันท้า และระดับค่าเสียงดัง ของการเก็บข้อมูลวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ณัฐกร บินอับดุลรามัน ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์สารสนเทศ และให้คำแนะนำต่างๆ อันเป็นประโยชน์ในการวิจัยครั้งนี้

ผู้วิจัยขอขอบคุณนิสิตรุ่นพี่ เพื่อนร่วมรุ่น และนิสิตรุ่นน้องปริญญาโท หลักสูตรอุตสาหกรรมศึกษาทุกท่านที่ให้งำลังใจ และบุคคลอื่นที่ไม่สามารถกล่าวนามได้ทั้งหมด ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ และสนับสนุนในการวิจัยครั้งนี้

ผู้วิจัยขอกราบถึงพระคุณของบิดา และมารดา ตลอดถึงครู อาจารย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง นางมะเฟื่อง อร่ามวงษ์ มารดาผู้ให้การสนับสนุนในทุกๆด้าน ไม่ว่าจะเป็นกำลังใจ และทุนทรัพย์ อย่างดีเสมอมา ทำให้ปริญญานิพนธ์เล่มนี้เสร็จสมบูรณ์

ถาวร ไพจิตร

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง.....	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	3
ความสำคัญของการวิจัย.....	3
ขอบเขตของการวิจัย.....	3
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	4
กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	5
สมมติฐานในการวิจัย.....	6
2. เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง7	
หลักการของเครื่องยนต์ดีเซล.....	7
การทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะ.....	7
การไล่ไอเสียออกในเครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะ.....	9
กระบวนการเผาไหม้ ของเครื่องยนต์ดีเซล.....	10
ห้องเผาไหม้.....	11
มลพิษทางอากาศ และเสียงจากเครื่องยนต์ดีเซล.....	13
มลพิษทางอากาศจากเครื่องยนต์ดีเซล.....	14
การเกิดควัน.....	16
ลักษณะโครงสร้างควันดำ.....	16
มลพิษจากเครื่องยนต์ดีเซล.....	17
การควบคุมมลพิษทางอากาศ และเสียงจากเครื่องยนต์ดีเซล.....	20
การเกิดเสียงดังจากเครื่องยนต์ดีเซล21	
ระบบไอเสีย และหม้อพักเก็บเสียงของรถยนต์ทั่วไป.....	21
การพัฒนาหม้อพักไอเสียแบบผสม สำหรับรถยนต์เครื่องยนต์ดีเซล.....	31
ส่วนทางเข้าและออก ของไอเสีย (S1 , A S2 , B)	32
ส่วนขยายกว้าง (S2).....	32

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
ส่วนความยาว(L)	32
แกนเพลลาหมุนด้วยแรงดูดจากเครื่องยนต์.....	37
แรงดูดน้ำเข้าสู่โครงใบพัด.....	37
แรงดันน้ำ.....	37
เกณฑ์มาตรฐานการตรวจวัดค่าวันดำ และเสียงดัง ของกรมการขนส่งทางบก.....	38
การกำหนดเกณฑ์มาตรฐานค่าวันดำจากท่อไอเสียของรถยนต์ที่ใช้	
เครื่องยนต์ดีเซล.....	38
เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	40
ภายในประเทศ.....	40
ต่างประเทศ.....	43
3. วิธีการดำเนินการวิจัย.....	45
เกณฑ์ข้อกำหนดการพัฒนาหม้อพักไอเสียแบบผสม ฯ ในการวิจัย.....	45
ผู้วิจัยได้นำหลักการของห้องกันที่มีส่วนขยายกว้าง.....	45
ผู้วิจัยได้นำหลักการสร้างแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางจากปลายแผ่นครีปโค้ง	
ของใบพัดที่สูบน้ำแบบหอยโข่ง.....	46
ตัวแปรที่ศึกษา.....	46
ลำดับขั้นตอนในการวิจัย.....	47
ศึกษาปัญหา และโครงสร้างภายในของหม้อพักไอเสียทั่วไป.....	48
ศึกษาหลักการ และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาหม้อพักไอเสีย.....	48
การออกแบบโครงสร้างของหม้อพักไอเสียแบบผสมฯ.....	49
กำหนดวัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือ.....	49
กำหนดระยะเวลา และสถานที่.....	50
ดำเนินการพัฒนาหม้อพักไอเสียแบบผสมฯ.....	50
วัดประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐานของกรมการขนส่งทางบก.....	51
ผู้วิจัยได้สร้างแบบประเมินลักษณะทางด้านกายภาพ.....	52

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4. สรุป และวิเคราะห์ ผลการทดลอง.....	55
ผลการทดลองวัดประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐานของกรมการขนส่งทางบก.....	55
ผลการทดลองวัดระดับค่าวันดำ และเสียงดัง.....	56
ผลการประเมินลักษณะทางด้านกายภาพ ทั้ง 3 ด้าน.....	62
5. อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	66
อภิปรายผล.....	66
ข้อเสนอแนะ.....	69
ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัย.....	69
บรรณานุกรม.....	71
ภาคผนวก.....	73
ภาคผนวก ก. รายการหนังสือขอความร่วมมือเพื่อการวิจัย.....	73
ภาคผนวก ข. แบบสอบถาม.....	86
ภาคผนวก ค. ภาพการออกแบบ ห้องขึ้นที่ 1.....	93
ภาคผนวก ง. ภาพการออกแบบ ห้องขึ้นที่ 2.....	95
ภาคผนวก จ. ภาพการออกแบบ ห้องขึ้นที่ 3.....	97
ภาคผนวก ฉ. ภาพแสดงโครงสร้างหม้อพักไอเสีย แบบผสมฯ.....	99
ภาคผนวก ช. ภาพแสดงการติดตั้งหม้อพักไอเสีย แบบผสม ฯ.....	102
ภาคผนวก ซ. ภาพแสดงเครื่องมือวัดควันดำ และเสียงดัง.....	105
ภาคผนวก ฌ. ภาพแสดงเขม่าควันดำบนกระดาษกรอง.....	107
ภาคผนวก ฎ. รายการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมท่อไอเสียรถยนต์.....	118
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	135

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1. การวินิจฉัยสีของควันไอเสีย	15
2. ระดับความเข้มข้นของเสียงจากแหล่งกำเนิดต่างๆ.....	19
3. การเปรียบเทียบคุณสมบัติของหม้อพักไอเสียทั่วไป.....	30
4. สรุปผลการวัดประสิทธิภาพของหม้อพักไอเสียแบบผสมฯ	
ตามเกณฑ์มาตรฐานของกรมการขนส่งทางบก.....	55
5. สรุปผลระดับค่าควันดำ ของรถยนต์ทดสอบในระยะทาง 5,000 กิโลเมตร.....	56
6. สรุปผลระดับค่าเสียงดัง ของรถยนต์ทดสอบในระยะทาง 5,000 กิโลเมตร.....	56
7. บันทึกผลระดับค่าควันดำ และเสียงดัง ของรถยนต์ทดสอบ	
ในระยะทาง 1,000 กิโลเมตร.....	57
8. บันทึกผลระดับค่าควันดำ และเสียงดัง ของรถยนต์ทดสอบ	
ในระยะทาง 2,000 กิโลเมตร.....	58
9. บันทึกผลระดับค่าควันดำ และเสียงดัง ของรถยนต์ทดสอบ	
ในระยะทาง 3,000 กิโลเมตร.....	59
10. บันทึกผลระดับค่าควันดำ และเสียงดัง ของรถยนต์ทดสอบ	
ในระยะทาง 4,000 กิโลเมตร.....	60
11. บันทึกผลระดับค่าควันดำ และเสียงดัง ของรถยนต์ทดสอบ	
ในระยะทาง 5,000 กิโลเมตร.....	61
12. สรุปการวิเคราะห์ผลการประเมินลักษณะทางกายภาพ ทั้ง 3 ด้าน.....	62
13. วิเคราะห์ผลการประเมินลักษณะทางกายภาพของหม้อพักไอเสียแบบผสมฯ	
ด้านความแข็งแรง โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน.....	63
14. วิเคราะห์ผลการประเมินลักษณะทางกายภาพของหม้อพักไอเสียแบบผสมฯ	
ด้านความสวยงาม โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน.....	64
15. วิเคราะห์ผลการประเมินลักษณะทางกายภาพของหม้อพักไอเสียแบบผสมฯด้านความเหมาะสม	
ในการติดตั้ง ฯ โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน.....	65

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ

หน้า

1. กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	5
2. วงจรทางกลของเครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะ.....	8
3. ตัวอย่างของห้องเผาไหม้เครื่องยนต์ Direct Injection.....	11
4. ตัวอย่างของห้องเผาไหม้เครื่องยนต์ Indirect Injection.....	12
5. บริเวณการเกิดสสารมลพิษภายในกระบอกสูบ.....	16
6. แสดงรายละเอียดของอนุภาคคาร์บอน(เขม่าควันดำ).....	17
7. ช่วงคลื่น หรือความยาวคลื่น.....	18
8. แสดงส่วนประกอบทั่วไปของหม้อพักไอเสีย.....	22
9. หม้อพักกลาง.....	23
10. โครงสร้างแบบ Reflection หรือ Reactive type.....	24
11. โครงสร้างแบบ Absorption หรือ Dissipative type.....	24
12. โครงสร้างแบบ Combination.....	25
13. โครงสร้างภายในหม้อพักไอเสียของเครื่องยนต์ดีเซล(ปั๊กอัพ).....	25
14. หม้อพักไอเสียแบบไหลย้อนกลับ(ทรงแบน).....	26
15. หม้อพักไอเสียแบบไหลย้อนกลับ(ทรงกลม).....	26
16. หม้อพักไอเสียแบบเรโซแนนท์.....	27
17. หม้อพักไอเสียแบบไหลผ่านตรง.....	28
18. หม้อพักไอเสียรถยนต์เครื่องยนต์ดีเซลขนาดใหญ่.....	29
19. โครงสร้างห้องกั้นที่มีส่วนขยายกว้าง(Single Expansion chamber).....	31
20. รูปด้านข้าง และด้านหน้าของปั๊มต่อเนื่องแบบแรงเหวี่ยง.....	32
21. จานครีบทวน และครีบนึง.....	33
22. โครงเวเตอร์ความเร็วตรงทางเข้าและทางออกของจานครีบทวน.....	36
23. โครงใบพัด และครีบบัพัดท่อสูบแบบหอยโข่ง.....	37

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

สถานการณ์มลพิษทางอากาศและเสียง ของเขตกรุงเทพและปริมณฑล ยังมีสภาวะที่น่าเป็นห่วงอย่างมาก เพราะบางแห่งเกินมาตรฐานกำหนด สาเหตุส่วนใหญ่เกิดจากยานพาหนะประเภทต่างๆ ที่ใช้งานอยู่บนท้องถนนโดยเฉพาะบริเวณที่มีการจราจรติดขัด จะมีปริมาณมลพิษจากควันไอเสียของเครื่องยนต์เบนซิน และดีเซล กระจายปะปนกับอากาศ ก่อให้เกิดมลพิษปกคลุมบริเวณนั้นอย่างหนาแน่น รวมทั้งเสียงดังจากการทำงานของเครื่องยนต์ก็มีค่าระดับเสียงที่สูง ส่งผลกระทบต่อการได้ยิน และสร้างความรำคาญแก่ประชาชนที่อยู่ริมถนน หรือขณะเดินทาง จากการติดตามตรวจสอบปริมาณมลพิษทางอากาศ และเสียงจากยานพาหนะในเขตกรุงเทพและปริมณฑลจำนวน 3,940 คัน พบว่ารถยนต์ดีเซลมีมลพิษทางอากาศเกินมาตรฐานมากกว่ารถประเภทอื่น คิดเป็นร้อยละ 41.5 รองลงมาได้แก่ รถยนต์ 4 ล้อเล็กรับจ้าง รถจักรยานยนต์ และรถยนต์เบนซิน คิดเป็นร้อยละ 37.0, 35.6 และ 30.3 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังตรวจพบค่าระดับเสียงบริเวณริมถนนโดยเฉพาะเขตกรุงเทพมีค่าเกินมาตรฐานหลายแห่ง (กรมควบคุมมลพิษ.กองจัดการคุณภาพอากาศและเสียง, 2545:29,63) และผลจากการตรวจวัดโดยศูนย์วิจัย และฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อมกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม พบว่าทั่วกรุงเทพมหานครในปี พ.ศ.2544 ในบริเวณพื้นที่ที่มีการจราจรหนาแน่นมีค่าระดับเสียงสูงกว่า 70 เดซิเบล (เอ) ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อการได้ยินของประชาชนหากได้รับเสียงติดต่อกันเป็นเวลานาน (วารสารศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม. Geen Research. 2547:18) การสันดาปภายในของเครื่องยนต์ดีเซล จะปล่อยสารมลพิษ เช่น ไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbons, HC) คาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbon monoxide, CO) ไนโตรเจนออกไซด์ (Nitrogen oxide, NO) ควันดำ (Black smoke) และกลิ่น ซึ่งสารมลพิษทั้งหมดนี้จะส่งผลกระทบโดยตรงกับคน ด้วยการหายใจเอาอากาศที่มีสารปนเปื้อนเข้าสู่ร่างกายทำให้เกิดการสะสม และเป็นต้นเหตุของโรคระบบทางเดินหายใจ โรคปอด (วงศ์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์. 2545 : 22,205) ควันดำและเสียงดังที่เกิดขึ้นจากการสันดาปของเครื่องยนต์ดีเซลมีหลายสาเหตุ เช่น เครื่องยนต์สภาพเก่าใช้งานมานาน เกิดการสึกหรอของชิ้นส่วนภายในมาก การปรับอัตราส่วนผสมน้ำมันกับอากาศไม่เหมาะสม ทำให้การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ การดัดแปลงระบบไอเสีย และการขับขี่รถยนต์ เป็นต้น ผลจากการตรวจวัดมลพิษในอากาศ ปี พ.ศ. 2547 พบว่าปริมาณฝุ่นละอองขนาดเล็ก สูงถึง 215.9 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร ซึ่งสูงกว่าค่ามาตรฐาน 1.8 เท่า สาเหตุหลักเกิดจากรถยนต์ดีเซลปล่อยควันดำ (รถดีเซลเพิ่มทำมลพิษเพิ่ม. (2547, 24 มกราคม .ไทยรัฐ :12) โดยทั่วไปหม้อพักไอเสีย (Maffler) ของรถยนต์ดีเซลที่ยังไม่ดัดแปลงสภาพจะถูกออกแบบให้มีห้องกันภายใน

จำนวนหลายห้องร่วมกับท่อนำการไหลของไอเสียอย่างซับซ้อน เพื่อเก็บเขม่าควันดำ และเสียงดังจากเครื่องยนต์ จึงทำให้เขม่าควันดำติดค้างอยู่ภายในโครงสร้างของหม้อพักเป็นจำนวนมากเมื่อผ่านการใช้งานเป็นเวลานานเขม่าควันดำจะสะสมมากขึ้น และอาจทำให้โครงสร้างบางส่วนอุดตันส่งผลกระทบต่อทิศทางการไหลของไอเสียเปลี่ยนไป อีกทั้งหม้อพักไอเสีย(Muffler)ไม่สามารถถอดเปลี่ยนโครงสร้างที่อุดตันได้จึงอาจเป็นสาเหตุหนึ่งของรถยนต์ดีเซลที่มีปริมาณเขม่าควันดำเพิ่มขึ้นตามอายุการใช้งานของหม้อพักไอเสีย(Muffler) เขม่าควันดำเป็นอนุภาคทรงกลมของคาร์บอนขนาดเล็กมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 10-80 นาโนเมตร เกาะตัวรวมกันเป็นกลุ่มคล้ายกับพวงอุ้ง(Stephen T. Holgate. 1999:626) ซึ่งอนุภาคที่เกาะกลุ่มกันอยู่นี้อาจถูกทำลายให้เล็กลง และอัดเก็บรวบรวมไว้ได้อย่างเป็นระเบียบได้ด้วยการใช้แรงเหวี่ยงจากปลายครีบกึ่งลักษณะคล้ายกับใบพัดท่อสูบน้ำแบบหอยโข่งนำการไหลของกระแสก๊าซไอเสียที่มีเขม่าควันดำปะปนเข้าเก็บบริเวณผนังของหม้อพักไอเสีย และด้วยหน้าที่อันเที่ยงตรงของครีบกึ่งก็คือการทำให้ของไหลเคลื่อนตัวไปตามแนวทางของครีบกึ่ง(ทวีช จิตรสมบุญ. 2547: 308) จึงทำให้เกิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางขึ้นในขณะที่ก๊าซไอเสียไหลผ่านเนื่องจากจากการสันดาปภายในของเครื่องยนต์ดีเซลจะเกิดเขม่าควันดำ และเสียงดังออกมาเป็นคลื่นแรงดันไอเสียพร้อมกัน โดยที่การลดเขม่าควันดำ และเสียงดังที่เกิดขึ้นนอกจากจะใช้หม้อพักไอเสียทั่วไปที่มีโครงสร้างภายในซับซ้อนแล้วยังมีห้องกันแบบขยายกว้าง (Single Expansion Chamber) ที่สามารถรองรับแรงดันคลื่นเสียง ขณะที่ผ่านตรงเข้ามาแล้วถูกทำลายให้เบาลง และอาจเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้เป็นหม้อพักเก็บเสียงของรถยนต์ (Lewis H. Bell. 1982:294) ซึ่งลักษณะภายในห้องกันเป็นทรงกระบอกกลวงไม่มีโครงสร้างอื่นรวมอยู่จึงสามารถนำครีบกึ่งเข้ามารวมประกอบเป็นโครงสร้างภายในหม้อพักไอเสียได้โดยง่าย และมีผลทำให้เกิดการไหลที่ไม่ซับซ้อนในสองทิศทาง คือ การไหลตามแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางจากปลายครีบกึ่ง และการไหลผ่านตรง ด้วยคุณลักษณะดังกล่าวจึงทำให้การไหลของก๊าซไอเสียภายในโครงสร้างมีความสะดวกยิ่งขึ้น และสามารถเก็บเขม่าควันดำ และเสียงดังจากเครื่องยนต์ดีเซลได้

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่นำหลักการของห้องกันที่มีส่วนขยายกว้าง (Single Expansion Chamber) และการใช้ปลายครีบกึ่งลักษณะคล้ายกับใบพัดท่อสูบน้ำแบบหอยโข่งนำการไหลเหวี่ยงหนีศูนย์กลางของกระแสก๊าซไอเสียที่มีเขม่าควันดำปะปนเข้าเก็บบริเวณผนังสองชั้นของหม้อพักไอเสียมาพัฒนาเป็นหม้อพักไอเสียแบบผสมที่สามารถถอดโครงสร้างออกมาล้างทำความสะอาดได้ สำหรับรถยนต์เครื่องยนต์ดีเซล และมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐานของกรมการขนส่งทางบก

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยและพัฒนาหม้อพักไอเสียแบบผสม สำหรับรถยนต์เครื่องยนต์ดีเซลในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ดังนี้

1. เพื่อวัดประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐานการตรวจวัดระดับค่าควันดำ และเสียงดัง ของกรมการขนส่งทางบก
2. เพื่อศึกษาระดับค่าควันดำ และเสียงดังในสถานการณ์ใช้งานจริงของรถยนต์ทดสอบในระยะทางทดสอบ 5,000 กิโลเมตร
3. เพื่อประเมินลักษณะทางด้านกายภาพของหม้อพักไอเสียแบบผสมที่ได้พัฒนาขึ้น

ความสำคัญของการวิจัย

ได้หม้อพักไอเสียแบบผสม สำหรับรถยนต์เครื่องยนต์ดีเซลที่สามารถลดล้างทำความสะอาดได้ และมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐานการตรวจวัดระดับค่าควันดำ และเสียงดัง ของกรมการขนส่งทางบก และช่วยลดมลพิษทางอากาศ และเสียงดังที่เกิดจากรถยนต์เครื่องยนต์ดีเซล

ขอบเขตของการวิจัย

ผู้วิจัยดำเนินการภายใต้ขอบเขตที่กำหนดขึ้น ดังต่อไปนี้

1. พัฒนาหม้อพักไอเสียแบบผสม ด้วยการนำสองหลักการมาประยุกต์เข้าด้วยกัน คือ
 - 1.1 หลักการสร้างห้องกันกีดขวางการไหลของก๊าซไอเสียลักษณะเป็นแผ่นกั้นแบบที่มีส่วนขยายกว้าง (Single expansion chamber) มีลักษณะเป็นทรงกระบอกกลวง และกำหนดปริมาตรภายในหม้อพักไอเสีย ตามข้อเสนอแนะของ เฮร์เบิร์ต มาร์ติน (Herbert Martin , 1965) จะต้องมีขนาดประมาณ 3.5 – 4.5 เท่า ของขนาดความจุกระบอกสูบเครื่องยนต์ จึงจะทำให้ประสิทธิภาพของหม้อพักฯ สูง (กรมควบคุมมลพิษ โดยบริษัท เอส ที เอส เอ็นจิเนียริง : 5 – 14)
 - 1.2 หลักการสร้างแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางจากปลายครีบกิ่งของใบพัดท่อน้ำแบบหอยโข่งนำก๊าซไอเสียที่มีเขม่าควันดำปะปนเข้าเก็บบริเวณผนังสองชั้นของหม้อพักไอเสีย
2. รถยนต์ทดสอบ คือ รถยนต์เครื่องยนต์ดีเซล ยี่ห้อโตโยต้า (ไมตั้เอ็กซ์) แบบ N90R-CRMSSTS รุ่น ปี ค.ศ. 1995 จำนวนลูกสูบ 4 ลูก ปริมาตรความจุกระบอกสูบ 2446 ซี.ซี 89 แรงม้า (รถกระบะบรรทุก ขนาด 1 ตัน) อายุการใช้งาน 13 ปี
3. วัดประสิทธิภาพของหม้อพักไอเสียแบบผสมฯ ตามเกณฑ์มาตรฐานการตรวจวัดระดับค่าควันดำ และเสียงดังของกรมการขนส่งทางบก
4. ตัวแปรที่ศึกษา คือ ประสิทธิภาพการลดควันดำ และเสียงดัง ตามเกณฑ์มาตรฐานของกรมการขนส่งทางบก และลักษณะทางด้านกายภาพประเมินผลโดยผู้เชี่ยวชาญ

4.1 ระดับค่าควันดำ

4.2 ระดับค่าเสียงดัง

4.3 ลักษณะทางด้านกายภาพ

4.3.1 ความแข็งแรง

4.3.2 ความสวยงาม

4.3.3 ความเหมาะสมในการติดตั้ง

นิยามศัพท์เฉพาะ

1.การพัฒนาหม้อพักไอเสียแบบผสม สำหรับรถยนต์เครื่องยนต์ดีเซล หมายถึง การออกแบบ และสร้างหม้อพักไอเสียด้วยสองหลักการ คือ หลักการสร้างห้องกันที่มีส่วนขยายกว้าง(Single expansion chamber)มีลักษณะทรงกระบอกกลวง และหลักการสร้างแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางจากปลายครีปโค้งของใบพัดท่อสูบน้ำแบบหอยโข่ง นำกระแสก๊าซไอเสียที่มีเขม่าควันดำปะปนเข้าเก็บบริเวณผนังสองชั้นของหม้อพักไอเสีย

2. เกณฑ์มาตรฐานการตรวจวัดระดับค่าควันดำ และเสียงดังของกรมการขนส่งทางบก หมายถึง การตรวจวัดระดับค่า ควันดำและเสียงดัง ของรถยนต์ดีเซล ตามข้อกำหนด

2.1 ระดับค่าควันดำ คือค่าของแสงที่สะท้อนจากกระดาดากรอง วัดด้วยเครื่องมือวัดระบบบ๊อช (bosh filter type smoke meter) เกณฑ์มาตรฐานไม่เกิน ร้อยละ 50 ขณะจอดอยู่กับที่ หรือเมื่อรถยนต์แล่นอยู่ทางเดินรถและไม่เกิน ร้อยละ 40 ของเครื่องมือวัดระบบบ๊อชหรือไม่เกินร้อยละ 52ของเครื่องมือวัดระบบฮาร์ทริจเมื่อรถยนต์อยู่ในเครื่องทดสอบ

2.2 ระดับค่าเสียงดัง คือ ระดับค่าเสียงที่วัดด้วยเครื่องมือวัดเทียบเท่ามาตรฐาน IEC(international electrotechnical commission) เกณฑ์มาตรฐานไม่เกิน 85 เดซิเบล ในระยะห่าง 7.5 เมตร และ 100 เดซิเบล ในระยะห่าง 0.5 เมตร ที่ปลายไอเสียออก

3. ลักษณะด้านกายภาพ หมายถึง คุณลักษณะของหม้อพักไอเสียแบบผสม ฯ ที่ประกอบด้วย ความแข็งแรง ความสวยงาม ความเหมาะสมในการติดตั้ง และประเมินผลโดยผู้เชี่ยวชาญ

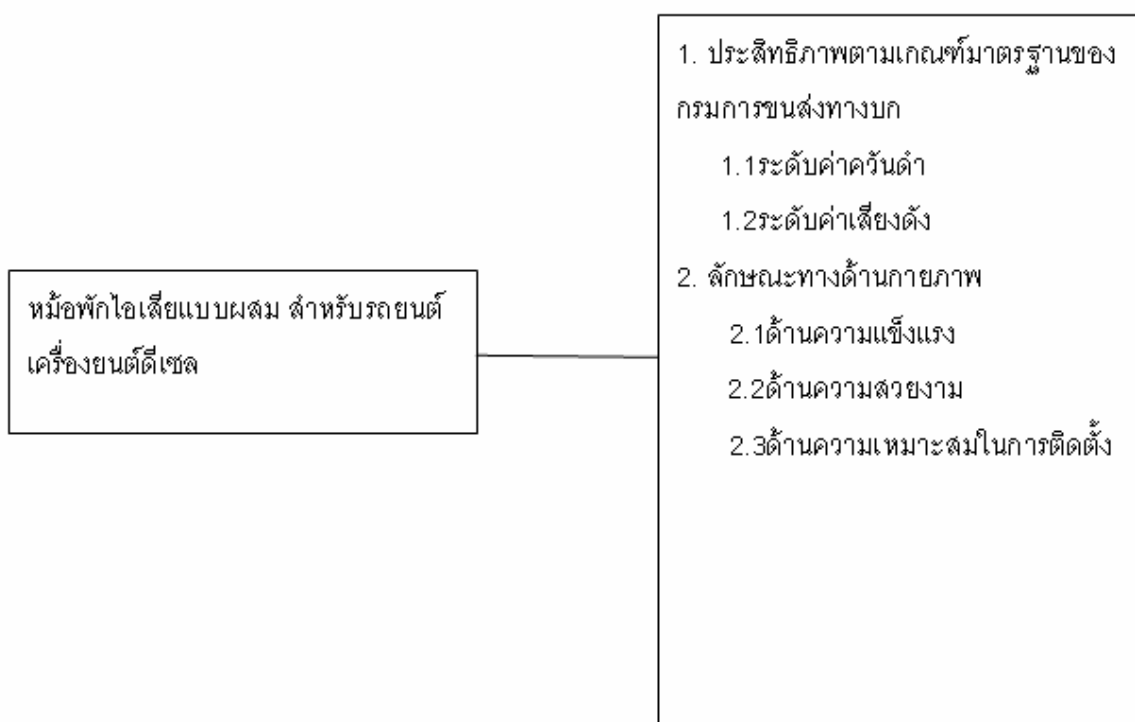
3.1 ความแข็งแรง หมายถึง โครงสร้างภายนอก และภายในที่ทำจากเหล็กแผ่นขนาดความหนา 2 มิลลิเมตร ตามมาตรฐานอุตสาหกรรม (ม อ ก. 340 – 2538) รูปทรงกระบอกแบ่งห้องกัน 3 ตอนเชื่อมติดกับหน้าแปลน ขนาดความหนา 5 มิลลิเมตร และยึดโครงสร้างของห้องกันด้วยน๊อตขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร โดยที่โครงสร้างทั้งหมดทนทานต่อสภาพการใช้งานจริง

3.2 ความสวยงาม หมายถึง ขนาดรูปทรงกระทัดรัดมีส่วนเหมาะสม และกลมกลืนกับระบบช่วงล่างของรถยนต์ทดสอบ การตกแต่งส่วนประกอบมีความเรียบร้อย และใช้สีพื้นเลือบผิวสวยงาม

3.3 ความเหมาะสมในการติดตั้ง หมายถึง การใช้หม้อพักไอเสียแบบผสม ฯ ที่พัฒนาขึ้นติดตั้งแทนที่หม้อพักไอเสียเดิมของรถยนต์ทดสอบ ได้เหมาะสมพอดีไม่ต้องดัดแปลงการยึดเข้ากับระบบไอเสีย และใช้ตำแหน่งเดียวกับหม้อพักกลางในส่วนประกอบของระบบไอเสียตามมาตรฐานอุตสาหกรรม (ม อ ก. 340 – 2538) และสามารถถอดโครงสร้างของห้องกันที่ 2 ออกมาล้างทำความสะอาดได้โดยง่าย

กรอบแนวคิดในการวิจัย

ตัวแปรที่ศึกษา



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

สมมติฐานในการวิจัย

หม้อพักไอเสียแบบผสม สำหรับรถยนต์เครื่องยนต์ดีเซลที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐานของกรมการขนส่งทางบก และมีลักษณะทางด้านกายภาพอยู่ในเกณฑ์ดี

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้นำเสนอตามหัวข้อดังต่อไปนี้

1. หลักการของเครื่องยนต์ดีเซล
2. มลพิษทางอากาศ และเสียง จากเครื่องยนต์ดีเซล และการควบคุม
3. ระบบไอเสีย และหม้อพักเก็บเสียงของรถยนต์ทั่วไป
4. การพัฒนาหม้อพักไอเสีย สำหรับรถยนต์เครื่องยนต์ดีเซล
5. เกณฑ์มาตรฐานการตรวจวัดค่าควันดำ และเสียงดัง ของกรมการขนส่งทางบก
6. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. หลักการของเครื่องยนต์ดีเซล

เครื่องยนต์ดีเซลเป็นเครื่องยนต์สันดาปภายใน(Internal Combustion Engine) มีลักษณะสำคัญของกระบวนการเผาไหม้ในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยการอัด(Compression) คือเริ่มแรกกระบอกสูบจะดูดเอาอากาศเข้าไป หลังจากทำการอัด ละอองเชื้อเพลิงจะถูกฉีดด้วยแรงดันจากหัวฉีด(Nozzle) ผสมกับอากาศอัดที่มีอุณหภูมิ และแรงดันสูงเพื่อให้ติดไฟได้ด้วยตนเอง เครื่องยนต์ดีเซลจึงต้องอัดอากาศจนมีความดันสูงเพื่อให้ได้อุณหภูมิที่สูงกว่าอุณหภูมิติดไฟด้วยตนเองของเชื้อเพลิง โดยไม่ใช้พลังงานภายนอกในการจุดเชื้อเพลิง ตามหลักการแล้วเมื่ออากาศมีความดันสูง อัตราการให้ความร้อนก็จะยิ่งดี (นพภาพร พานิช และคณะ.2547:3-67)

1.1 การทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะ

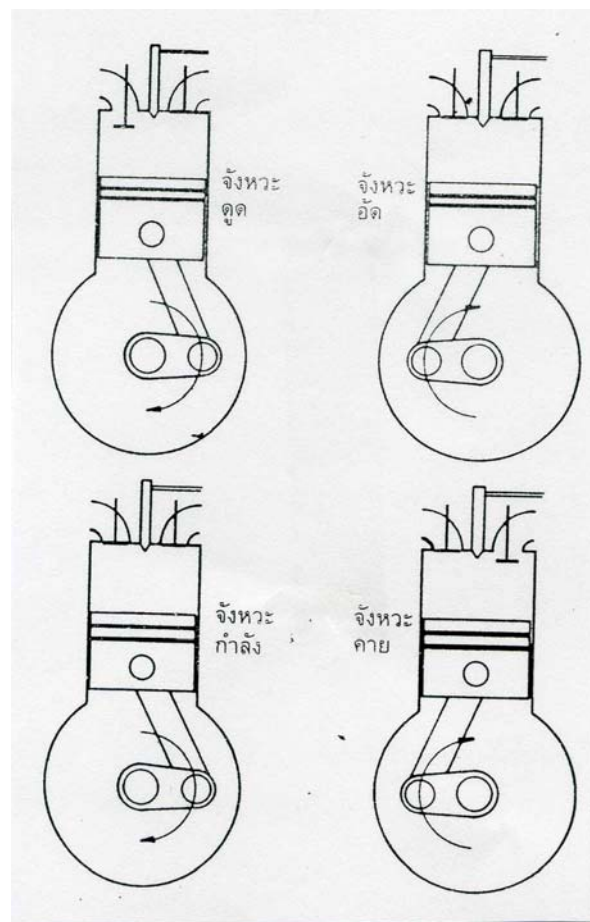
เครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะทำงานด้วยการเคลื่อนที่ขึ้น-ลงของลูกสูบภายในกระบอกสูบ แล้วส่งกำลังไปที่เพลาช้อเหวี่ยง ซึ่งใน 1 วงจรการทำงานที่สมบูรณ์ของเครื่องยนต์เป็นการเคลื่อนที่ของลูกสูบตลอดความยาวเต็มที่ของกระบอกสูบ และเนื่องจากการเคลื่อนที่ดังกล่าว 1 ครั้งทำให้เพลาช้อเหวี่ยงหมุนไปครึ่งรอบจึงเป็นผลให้เกิด 2 รอบหมุนของเพลาช้อเหวี่ยงใน 1 วงจรการทำงานที่สมบูรณ์ของเครื่องยนต์ ซึ่งแบ่งการทำงานเป็น 4 จังหวะ ดังต่อไปนี้

1.1.1 จังหวะดูด ด้วยวาล์วไอดีเปิด และวาล์วไอเสียปิดลูกสูบเคลื่อนที่จาก T D C ไปยัง B D C ทำให้เกิดบริเวณความดันต่ำขึ้นในกระบอกสูบ อากาศสะอาดที่ผ่านเครื่องกรองไหลผ่านวาล์วไอดีที่เปิดไปยังบริเวณความดันต่ำ และกระบอกสูบก็ถูกเติมด้วยอากาศ

1.1.2 จังหวะอัด ด้วยวาล์วทั้งสองปิด ลูกสูบเคลื่อนที่จาก BDC ไปยัง TDC อัดอากาศ ในช่วงจังหวะนี้อากาศจะร้อนขึ้นจนถึงอุณหภูมิที่สูงเพียงพอที่จะจุดระเบิดเชื้อเพลิง

1.1.3 จังหวะกำลัง ที่ประมาณ TDC น้ำมันเชื้อเพลิงถูกฉีดพ่นเข้าไปในอากาศที่ถูกอัด และร้อนที่ซึ่งจะจุดระเบิด เผาไหม้ และขยายตัว ซึ่งวาล์วทั้งสองปิดอยู่ ความดันกระทำที่ด้านบนของลูกสูบผลักดันให้ลูกสูบเคลื่อนที่ลงในระบบรอบลูกสูบจาก TDC ถึง BDC

1.1.4 จังหวะคาย ที่ประมาณ BDC วาล์วไอเสียเปิด และลูกสูบเริ่มเคลื่อนที่จาก BDC ไปยัง TDC ขับแก๊สที่เผาไหม้แล้วออกจากกระบอกสูบผ่านวาล์วไอเสียที่เปิดอยู่



ภาพประกอบ 2 วงจรทางกลของเครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะ
ที่มา (วีระศักดิ์ กรัยวิเชียร.2542:28)

1.2 การไล่ไอเสียออกในเครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะ

เนื่องจากต้องการการเผาไหม้ที่มีประสิทธิภาพ จึงจำเป็นต้องเอาแก๊สที่เผาไหม้แล้วออกให้หมดจากระบบสูบในจังหวะคาย เพื่อให้ได้กระบอกสูบที่เต็มด้วยอากาศบริสุทธิ์เมื่อสิ้นสุดจังหวะดูด อากาศที่มีการเผาไหม้กับเชื้อเพลิงจะถูกไล่ออกซิเจนที่มีอยู่เกือบทั้งหมด และไม่สามารถนำกลับมาใช้ได้อีก การเอาไอเสียออกจากระบบสูบของเครื่องยนต์เผาไหม้ภายในเรียกว่า การไล่ไอเสีย หรือ สแคเวนจิง (scavenging) และการเคลื่อนที่ขึ้นของลูกสูบในจังหวะคาย และจังหวะการปิด – เปิดวาล์วมีส่วนช่วยในการไล่ไอเสียในเครื่องยนต์ 4 จังหวะ ที่วาล์วไอเสียโดยปกติจะเปิดก่อน B D C เพื่อให้แก๊สที่มีความดันสูงไหลออกไปด้วยความเร็วสูงผ่านระบบไอเสีย และการเคลื่อนที่ขึ้นของลูกสูบจะทำให้แก๊สที่เผาไหม้แล้วไหลออกไปได้อย่างต่อเนื่องที่ความเร็วสูงนี้ และเมื่อสิ้นสุดจังหวะคาย แก๊สยังคงไหลผ่านระบบไอเสียต่อไปอีกเนื่องจากโมเมนตัมของมัน การไหลต่อไปอีกนี้จะทำให้เกิดบริเวณความดันต่ำขึ้นด้านหลังของแก๊สไอเสียที่ไหลเร็ว ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการเอาอากาศบริสุทธิ์เข้าไปในกระบอกสูบถ้าวาล์วไอดีเปิดในขณะที่บริเวณความดันต่ำเกิดขึ้น ในทางปฏิบัติพบว่า การไล่ไอเสียที่ดีสามารถทำได้โดยการเปิดวาล์วไอดีก่อน T D C เล็กน้อย และปิดวาล์วไอเสียหลัง T D C เล็กน้อย เพื่อให้แก๊สไอเสียช่วยดึงเอาอากาศบริสุทธิ์เข้าไปในกระบอกสูบก่อนที่จังหวะดูดจะเกิดขึ้นจริงๆ ซึ่งช่วงการหมุนของเพลาช้อเหวี่ยงเมื่อวาล์วทั้งสองเปิดพร้อมกันเรียกว่า ช่วงการเหลื่อมของวาล์ว และจะเกิดที่ T D C เท่านั้น และตำแหน่งที่เหมาะสมของวาล์วโดยปกตินั้น วาล์วแต่ละอันจะอยู่ที่แต่ละด้านของห้องเผาไหม้ ทั้งนี้เพื่อช่วยนำแก๊สให้ไหลไปในทิศทางที่ถูกต้อง และช่วยให้เกิดการไล่ไอเสียที่สมบูรณ์ (วีระศักดิ์ กรัยวิเชียร. 2542 : 27-28) ในเครื่องยนต์ดีเซลนั้น จังหวะดูดจะดูดแต่อากาศเพียงอย่างเดียว แล้วอากาศนี้จะถูกอัดจนลูกสูบเกือบถึงศูนย์ตายบน อากาศนี้将有ความดันและอุณหภูมิสูง เมื่อน้ำมันถูกฉีดเข้ามาเป็นฝอยละเอียด และผสมกับอากาศที่ถูกอัดนั้นแล้วเกิดสารผสมขึ้น โดยมีอัตราส่วนของอากาศและเชื้อเพลิงพอดีกัน ธรรมชาติของน้ำมันต่างๆที่ถูกฉีดเข้ามากระจายไปทั่วกระบอกสูบ สารผสมก็จะหมุนเวียนไปทำให้เกิดการเผาไหม้หลายๆแห่งไม่แน่นอน แต่ทั่วไปจะไฟจะติดหลายๆจุด รอบบริเวณที่ฉีดน้ำมันเข้าก่อน (พูลพร แสงบางปลา. 2537 : 89) สำหรับวัฏจักรการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล กำลังของเครื่องยนต์ที่สามารถส่งออกไปใช้งานได้จริงจะมีค่าน้อยกว่ากำลังที่ผลิตได้จากกระบอกสูบ ทั้งนี้เพราะว่าเกิดการสูญเสียกำลังไปกับความฝืดของชิ้นส่วนต่างๆ และความต้านทานภายในเครื่องยนต์ นอกจากนั้นยังสูญเสียกำลังไปกับการขับเคลื่อนปั๊ม อัดเทอร์เนเตอร์ และอุปกรณ์อื่นๆของเครื่องยนต์ (วิทยา ดีวุ่น และอัศวรัตน์ พูลกระจ่าง. 2545:108) และอาจกล่าวได้ว่าเมื่อเครื่องยนต์ดีเซลทำงานครบรอบวัฏจักร ในจังหวะคาย (Exhaust) นั้นลูกสูบจะเคลื่อนที่สู่ศูนย์ตายบน เพื่อระบายไอเสียให้ออกจากกระบอกสูบอย่างรวดเร็ว และไหลผ่านระบบไอเสียเข้าสู่หม้อพักไอเสียของเครื่องยนต์ ดังนั้นโครงสร้างภายในของหม้อพักจึงมีส่วนสำคัญต่อการต้าน

การไหลของไอเสียมาก ยิ่งโครงสร้างมีความซับซ้อนมาก จะมีโอกาสทำให้เกิดการอุดตันขึ้น ขณะเดียวเครื่องยนต์ต้องสูญเสียกำลังในการดันไอเสียออกจากกระบอกสูบมากยิ่งขึ้น หรืออาจเรียกแรงต้านการไหลนี้ได้ว่าเป็นแรงดันย้อนกลับ(Back Pressure) ซึ่งมีผลกระทบทำให้กำลังของเครื่องยนต์ลดลง

1.3 กระบวนการเผาไหม้ ของเครื่องยนต์ดีเซล

1.3.1 ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของอากาศ และอุณหภูมิการจุดระเบิดด้วยตัวเอง ของน้ำมันเชื้อเพลิง ถ้าอุณหภูมิของอากาศสูงกว่าอุณหภูมิของการจุดระเบิดด้วยตัวเองของเชื้อเพลิงมาก น้ำมันเชื้อเพลิงก็จะระเหยกกลายเป็นไอ และจุดระเบิดอย่างรวดเร็วความแตกต่างยิ่งมากเท่าใด การระเหยกกลายเป็นไอก็จะเร็วขึ้นเท่านั้น และการจุดระเบิดจะเกิดเร็วขึ้นด้วย

1.3.2 ความดันในห้องเผาไหม้ ความดันยิ่งมากก็จะมีผลสัมผัสใกล้ชิด ระหว่างเชื้อเพลิงที่เย็นกับอากาศที่ร้อนมากขึ้น การสัมผัสที่ใกล้มากขึ้นระหว่างทั้งสองส่วนนี้ก็จะทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนจากส่วนหนึ่งไปยังอีกส่วนหนึ่งมากขึ้น ทำให้มีการระเหยกเป็นไอ และการจุดระเบิดรวดเร็วมากขึ้น

1.3.3 ความละเอียดของอนุภาคน้ำมันเชื้อเพลิง ถ้าอนุภาคละเอียดมาก พื้นที่ผิวทั้งหมดที่สัมผัสกับอากาศก็ถูกอัดได้มาก และปริมาณจำนวนมากของน้ำมันเชื้อเพลิงจะระเหยกเป็นไอเกือบทันที เมื่อการเผาไหม้เริ่มต้นน้ำมันเชื้อเพลิงที่เป็นไทั้งหมดจะถูกเผาไหม้อย่างรวดเร็ว และการเพิ่มของความดันที่สูงอย่างรวดเร็วมากก็จะเกิดขึ้นในห้องเผาไหม้(วีระศักดิ์ กรัยวิเชียร.2542:41)

1.3.4 การเผาไหม้ในเครื่องยนต์ดีเซลนั้น สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ช่วง ดังต่อไปนี้

1.3.4.1 ช่วงจุดไฟล่า(Delay Period) คือช่วงเวลาระหว่างที่เริ่มฉีดน้ำมันจนถึงจุดที่เริ่มติดไฟ ช่วงนี้มีความสำคัญมากต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์ รวมทั้งมีผลกระทบอย่างมากต่อเสียงการสั่นสะเทือน และไอเสีย เมื่อช่วงจุดไฟล่าสั้นการเผาไหม้จะนุ่มนวล การสั่นสะเทือนจะน้อยลงเสียงค่อย และไนโตรเจนออกไซด์ จากไอเสียจะน้อย ช่วงจุดไฟล่านี้ขึ้นอยู่กับ ค่าซีเทนน้ำมันเบอรซ์ของเชื้อเพลิง อุณหภูมิและความดันของการอัด การตั้งเวลาฉีด และการหมุนเวียนของก๊าซในกระบอกสูบ

1.3.4.2 ช่วงความดันขึ้นเร็ว(Rapid pressure rise period) คือช่วงเวลาที่เริ่มติดไฟจนถึงความดันสูงสุด หรือช่วงที่ความดันเพิ่มอย่างรวดเร็ว และถ้าอัตราความดันเพิ่มขึ้นเร็วเกินไปจะทำให้เครื่องน็อก เกิดการสั่น กำลังของเครื่องยนต์จะตกมีสารมลพิษไอเสียมาก อัตราความดันจะดีก็ต่อเมื่อช่วงจุดไฟล่าสั้นพอเหมาะ ถ้าช่วงยิ่งยาว อัตราความดันจะยิ่งสูง ทั้งนี้เพราะปริมาณเชื้อเพลิงที่ฉีดเข้ามาในกระบอกสูบจะสะสมมากขึ้น เมื่อเกิดการติดไฟก็จะติดหลายจุดขึ้นพร้อมกัน ทำให้ความดันเพิ่มสูงอย่างรวดเร็วเกินไป

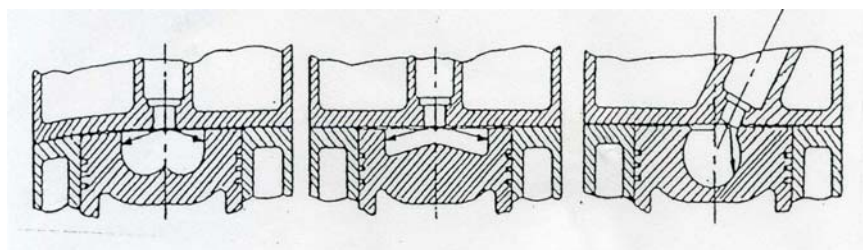
1.3.4.3 ช่วงการเผาไหม้ลาม(Combustion propagation) คือ การเผาไหม้ที่เริ่มเกิดขึ้นตั้งแต่ช่วงความดันขึ้นเร็ว เมื่อมีการติดไฟขึ้นแล้วการเผาไหม้ก็จะลามทันที แต่ในช่วงนี้การลามจะค่อยๆ และสม่ำเสมอแล้วก็ช้าลง เชื้อเพลิงที่ถูกฉีดเข้ามาเรื่อยๆจะระเหย และดึงความร้อนจากกระบอกสูบ เชื้อเพลิงที่ระเหยจะกระจายไปทั่วกระบอกสูบผสมกับอากาศและติดไฟต่อไป ทำให้ออกซิเจนในกระบอกสูบลดลง ก๊าซไอเสียที่เกิดขึ้น กระบวนการเช่นนี้ทำให้เกิดอนุภาคของแข็ง ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นธาตุคาร์บอน

1.3.4.4 ช่วงหลังการเผาไหม้ (Blow down) คือช่วงที่น้ำมันหยุดฉีดแล้ว แต่การเผาไหม้ยังลามต่อไป เชื้อเพลิงที่กระจายไปรอบๆกระบอกสูบที่ขาดออกซิเจน และสารอนุภาคของแข็งที่เกิดก็จะลามติดไฟอย่างช้าๆ แม้ว่าลิ้นที่หัวฉีดจะปิดแล้ว แต่ก็เกิดน้ำมันรั่วออกมาอีกเนื่องจากความดันที่ค้างในท่อน้ำมัน(ฉีดตกค้าง) จะไม่สามารถเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ได้ ซึ่งทำให้เกิดควันดำ และไฮโดรคาร์บอนในไอเสียออกมา (พูลพร แสงบางปลา.2537:89-93)

1.4 ห้องเผาไหม้ (Combustion Chamber)

ห้องเผาไหม้ เป็นส่วนหนึ่งของเครื่องยนต์ที่ซึ่งน้ำมันเชื้อเพลิงป้อนเข้าไปถูกเผาไหม้ ในเครื่องยนต์บางเครื่องถูกสร้างขึ้นในฝาสูบ และด้านบนของลูกสูบ ห้องเผาไหม้จะถูกออกแบบเพื่อให้อุณหภูมิในการทำให้เกิดความดันป่วนสูงสุด ดังนั้นจุดมุ่งหมายของการออกแบบห้องเผาไหม้ก็คือ จะต้องทำให้เกิดความดันป่วนสูงมาก เพื่อให้ น้ำมันเชื้อเพลิงที่แตกเป็นฝอยละเอียด กับอากาศผสมกันอย่างทั่วถึงได้การเผาไหม้ที่สมบูรณ์(วีระศักดิ์ ทรัพย์วิเชียร.2542:45) ในการออกแบบนั้นการฉีดน้ำมันต้องให้กระจายทั่วห้องเผาไหม้ และอากาศก็ต้องหมุนเวียนอย่างดี ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับรูปแบบห้องเผาไหม้ชนิดต่างๆ ดังต่อไปนี้

1.4.1 แบบฉีดตรง (Direct injection type) ช่องว่างบนหัวลูกสูบคือห้องเผาไหม้ เชื้อเพลิงจะถูกฉีดกระจายเข้าหาลูกสูบจากหัวฉีดแบบหลายๆรู ซึ่งวางอยู่ในตำแหน่งตรงกลางของห้องเผาไหม้



ภาพประกอบ 3 ตัวอย่างของห้องเผาไหม้เครื่องยนต์ Direct Injection
ที่มา (พูลพร แสงบางปลา. 2537 : 99)

ในห้องเผาไหม้แบบฉีดตรง การสันดาปของเชื้อเพลิงเกิดขึ้นเป็นลำดับ ดังต่อไปนี้

1.4.1.1 ท่อไอดีและวาล์วไอดีจะทำหน้าที่หมุนอากาศให้ผสมกับเชื้อเพลิงที่ถูกฉีดเข้ามา

1.4.1.2 รอยบ่มตรงกลางของหัวลูกสูบเพื่อเสริมให้เกิดการผสม และการเผาไหม้ดีขึ้น

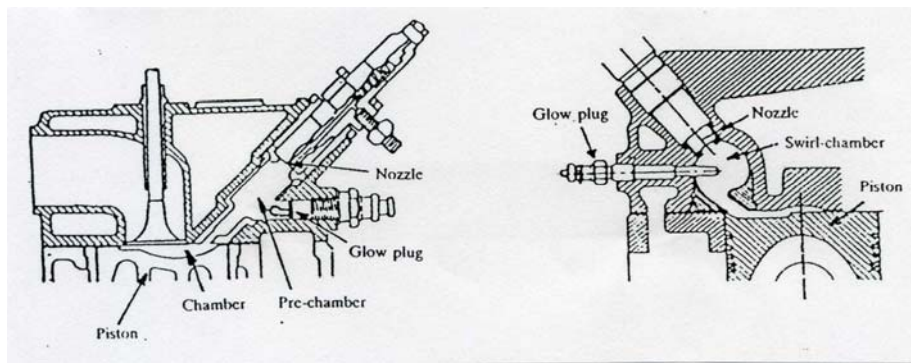
1.4.1.3 รอยบ่มยังทำให้เกิดการไหลอย่างรุนแรงในช่วงของลูกสูบเคลื่อนที่ถึงจุดศูนย์ตายบน โดย เชื้อเพลิงกับอากาศจะถูกผลักดันออก และดูดเข้าอย่างรวดเร็ว ทำให้การสันดาปดีขึ้น

1.4.1.4 เมื่อเชื้อเพลิงถูกฉีดมากกระทันหันที่ผนังรอยบ่ม จะเกิดการหมุนเวียนของอากาศมากขึ้น ทำให้เกิดการผสมดีขึ้น

1.4.2 แบบฉีดอ้อม(Indirect injection type) แบบฉีดอ้อมจะเพิ่มห้องเผาไหม้ช่วย (suchamber) อีกห้องหนึ่ง โดยมีทางต่อเชื่อมกันระหว่างห้องเผาไหม้ทั้งสอง ห้องเผาไหม้แบบฉีดอ้อมนี้จะทำให้เกิดการหมุนเวียนดีขึ้นมาก เชื้อเพลิงจะถูกฉีดเข้าห้องเผาไหม้ช่วยก่อนและบางส่วนถูกเผาโดย glow plug ทำให้อุณหภูมิและความดันในห้องเผาไหม้ช่วยสูงมากเป็นผลให้ฉลักกระแทกส่วนผสมและน้ำมันเข้าห้องเผาไหม้หลัก (main chamber) อย่างแรง ไปตามทางต่อเชื่อมทำให้เกิดการสันดาปอย่างสมบูรณ์ขึ้นในห้องเผาไหม้หลัก โดยทั่วไปห้องเผาไหม้แบบฉีดอ้อมแบ่งได้เป็น 2 แบบ ดังนี้

1.4.2.1 แบบห้องเผาไหม้ล่วงหน้า (Pre-chamber) ห้องเผาไหม้ช่วยแบบล่วงหน้าจะมีปริมาตรประมาณร้อยละ 30-40 ของปริมาตรอัด และเชื้อเพลิงประมาณร้อยละ 25-35 ของเชื้อเพลิงที่ฉีดเข้า จะถูกเผาไหม้ในห้องนี้ เชื้อเพลิงที่เหลือจะถูกฉีดกระแทกอย่างแรงจากห้องเผาไหม้ล่วงหน้าผ่านทางต่อเชื่อม tunnel เข้าห้องเผาไหม้หลัก ซึ่งจะทำให้การผสมกันได้ดี และเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ต่อไป

1.4.2.2 แบบห้องเผาไหม้หมุนวน(Swirl-chamber) ห้องเผาไหม้ช่วยแบบหมุนวนนี้มีลักษณะเป็นวงกลม หมุนวนต่อเชื่อมกับห้องเผาไหม้หลัก โดยมีปริมาตรประมาณร้อยละ 50 ของปริมาตรอัดและจะเกิดการหมุนวนอย่างรุนแรงระหว่างช่วงอัดของลูกสูบ จะเกิดการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงประมาณครึ่งหนึ่งที่ห้องเผาไหม้หมุนวน ส่วนที่เหลือจึงเผาต่อไปที่ห้องเผาไหม้หลัก การหมุนวนจะสูงขึ้นหากความเร็วรอบเพิ่มขึ้น ดังนั้นห้องเผาไหม้แบบนี้จึงเหมาะสมสำหรับเครื่องยนต์ดีเซลที่มีความเร็วรอบสูง (พูลพร แสงบางปลา.2537:98-100)



ภาพประกอบ 4 ตัวอย่างของห้องเผาไหม้เครื่องยนต์ Indirect Injection
ที่มา (พูลพร แสงบางปลา. 2537 : 100)

2.มลพิษทางอากาศ และเสียง จากเครื่องยนต์ดีเซล

มลพิษทางอากาศ(Air pollution) ตามคำจำกัดความในรายงานฉบับที่ 10 ของรอยัลคอมมิสชัน (Royal commission) ประเทศอังกฤษ เกี่ยวกับมลพิษสิ่งแวดล้อม ได้ให้คำจำกัดความของมลพิษทางอากาศ ว่า การกระทำใดๆของมนุษย์ต่อสิ่งแวดล้อมที่ทำให้เกิดสิ่งต่างๆ หรือเกิดจากพลังงานในอันที่นำไปสู่ หรือทำให้เกิดอันตรายกับสุขภาพอนามัยของมนุษย์ ที่อยู่อาศัยและระบบนิเวศ ทำลายสิ่งก่อสร้างหรือสิ่งซึ่งก่อให้เกิดความรบกวน หรือขัดขวางต่อการใช้สิ่งแวดล้อมอย่างถูกต้อง และอาจกล่าวได้ว่าโดยทั่วไปแล้ว แหล่งมลพิษทางอากาศ หมายถึง สภาวะของอากาศที่มีสารพิษเจือปนอยู่ในปริมาณมากจนทำให้อากาศเสื่อมคุณภาพก่อให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์ สัตว์ พืช ทั้งทางตรงและทางอ้อม สารพิษในอากาศนั้นอาจเป็นทั้งของแข็ง ฝุ่นละออง ไอและก๊าซ ที่มีสารพิษสะสมอยู่เป็นปริมาณมากเกินไปจนขัดจำกัดจึงก่อให้เกิดอันตราย

(สุธิลา ตูลยะเสถียร และคณะ.2544:83) โดยทั่วไปแหล่งกำเนิดของมลพิษทางอากาศมีหลายแหล่ง เช่น จากแหล่งธรรมชาติ(Natural Source) ได้แก่ ภูเขาไฟระเบิด ทำให้เกิดฝุ่นละอองก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ หรือ ไฟไหม้ป่าทำให้เกิดควัน ฝุ่นละออง

ก๊าซไฮโดรคาร์บอน เป็นต้น และแหล่งกำเนิดจากการกระทำของมนุษย์(Man – Made Source) ซึ่งอาจแบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ แหล่งกำเนิดอยู่กับที่(Stationary Source) ได้แก่ โรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ที่ปล่อยก๊าซมลพิษ หรือ ฝุ่นละออง ควันพิษ ออกมาสู่อากาศภายนอก และ แหล่งกำเนิดเคลื่อนที่ได้(Mobile Source) ได้แก่ ยานพาหนะที่ใช้ในการจราจรทั้งทางบก น้ำ และอากาศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งรถยนต์บนท้องถนนบริเวณที่มีการจราจรหนาแน่น จะมีก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ ไนโตรเจนออกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ สารตะกั่ว เขม่าควันดำ ควันขาว และแฮลดีไฮด์ เป็นต้น โดยที่รถเครื่องยนต์ดีเซลจะปล่อยก๊าซไนโตรเจนออกไซด์ และเขม่าควันดำออกมามาก เป็นมลพิษทาง

อากาศ สร้างอันตรายต่อสุขภาพของคน สัตว์ หรืออาจกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืช(สุริยา ตูลยะ เสถียร และคณะ.2544:85-93)

2.1 มลพิษทางอากาศจากเครื่องยนต์ดีเซล

ในเครื่องยนต์ดีเซล สารมลพิษจากเครื่องยนต์ที่มีปริมาณมากที่สุดจากไอเสีย คือ ไนโตรเจนออกไซด์ และอนุภาคของแข็ง (ควันดำ) มีไฮโดรคาร์บอน(H₂C) และ คาร์บอนมอนอกไซด์(CO) ดังต่อไปนี้

2.1.1 คาร์บอนมอนอกไซด์(CO) กระบวนการเกิดในเครื่องยนต์ดีเซลมีส่วนคล้ายคลึงกับการเกิดในเครื่องยนต์เบนซิน กล่าวคือคาร์บอนมอนอกไซด์จะเกิดมากหากอัตราการให้อากาศเพิ่มและลดอย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นกระบวนการของการเกิดควันดำด้วย ธรรมชาติทั่วไปการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซลจะอัดอากาศที่มากกว่าเครื่องยนต์เบนซินอยู่แล้วคือ อัตราการให้อากาศจะเป็น 1.2 - 10 เท่า ดังนั้นปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์ จึงเกิดขึ้นน้อยกว่า เครื่องยนต์เบนซิน

2.1.2 ไฮโดรคาร์บอน(HC) เครื่องยนต์ดีเซลจะปล่อยออกมาน้อย แต่จะเพิ่มขึ้นด้วยเหตุปัจจัย ดังต่อไปนี้

2.1.2.1 ส่วนผสมของอากาศและเชื้อเพลิงที่หนาจะสัมผัสผนังเสื้อสูบที่อุณหภูมิ ต่ำ ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดไฮโดรคาร์บอนที่ไม่ได้ทำปฏิกิริยากับออกซิเจน และไม่เกิดการเผาไหม้เลย

2.1.2.2 หากส่วนผสมบางเกินไป เปลวไฟจะดับ ทำให้เกิดไฮโดรคาร์บอนมาก

2.1.2.3 น้ำมันตกค้างหลังจากฉีดแล้ว (ฉีดตกค้าง) ส่วนที่เหลือเป็นหยดนี้ไม่สามารถเผาต่อไปได้ ทำให้เกิดไฮโดรคาร์บอน

2.1.2.4 เชื้อเพลิงหล่อลื่นในเสื้อสูบ และกระบอกสูบเผาไหม้ไม่หมด

2.1.3 ไนโตรเจนออกไซด์(NO_x) การเกิดจะคล้ายกับเครื่องยนต์เบนซิน และเป็นการยากที่จะบอกว่าเกิดขึ้นมากน้อยเท่าใด ตรงส่วนไหนของกระบอกสูบ เนื่องจากอัตราส่วนของอากาศและเชื้อเพลิงกับอุณหภูมินั้นเปลี่ยนแปลงตามกันอย่างซับซ้อนมาก ระหว่างช่วงของการสันดาปในกระบอกที่มีออกซิเจนมากจะเป็นการสันดาปที่ดี การเผาไหม้มีความสมบูรณ์และรวดเร็วอุณหภูมิจะสูงอยู่นาน ไนโตรเจนออกไซด์จึงเกิดในช่วงนี้มาก (พูลพร แสงบางปลา.2537:96-97) เครื่องยนต์ดีเซลนอกจากจะปล่อยควันดำ(Black Smoke) ออกมาสู่อากาศภายนอก โดยการสันดาปภายในแล้ว อาจมีควันสีขาว สีน้ำเงิน สีเทา เกิดขึ้นได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพ และการสึกหรอของเครื่องยนต์ ดังตารางวินิจฉัยสีของควันไอเสีย ดังต่อไปนี้

ตาราง 1 วินิจฉัยสี่ของคว้นไอเสีย

สี่ของคว้น	อาการ	สาเหตุที่เป็นไปได้
ดำ หรือเทาเข้ม	คว้นที่โหลดเต็มที่ ความเร็วรอบ สูงสุด ไอเสียออกมาเป็นช่วงๆ เกิด การน็อก	ตั้งปั๊มหัวฉีดสูงเกินไป วาล์วหัวฉีดเปิดค้าง
น้ำเงิน,เทา,ขาว	คว้นสีน้ำเงินที่ทุกความเร็วรอบ ที่ความเร็วรอบสูง โหลดน้อย	แหวนลูกสูบสึกหรอ ตั้งเวลาฉีดล่าช้า

ที่มา(วีระศักดิ์ กรัยวิเชียร.2542:310-312)

โดยทั่วไปผลกระทบของสารมลพิษจากเครื่องยนต์ที่เสกกับสิ่งแวดล้อม มีดังต่อไปนี้

2.1.4 คาร์บอนมอนอกไซด์ เป็นก๊าซพิษที่ไม่มีสี กลิ่น และรส เบากว่าอากาศทั่วไปเล็กน้อย ไม่เป็นพิษต่อพืช แต่เป็นพิษต่อคน และสัตว์เมื่อคน หรือสัตว์หายใจเอาก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ เข้าสู่ปอดก๊าซนี้จะแพร่กระจายสู่กระแสเลือดโดยผ่านผนังของถุงลม และไปจับตัวกับฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดงได้ดีกว่าก๊าซออกซิเจน 200 – 250 เท่า กลายเป็นคาร์บอกซีฮีโมโกลบิน ถ้าร่างกายได้รับเป็นเวลานานๆ จะทำให้ส่วนต่างๆของร่างกายเกิดภาวะการขาดออกซิเจน มีผลกระทบต่อสมอง และประสาทส่วนกลาง ทำให้เกิดอาการง่วงซึม ปวดศีรษะ อ่อนเพลีย หน้ามืด สายตาพร่ามัว หัวใจเต้นเร็ว อาเจียน เจ็บหน้าอก หมดสติ และอาจถึงตายได้หากได้รับเกิน 1 ชั่วโมง

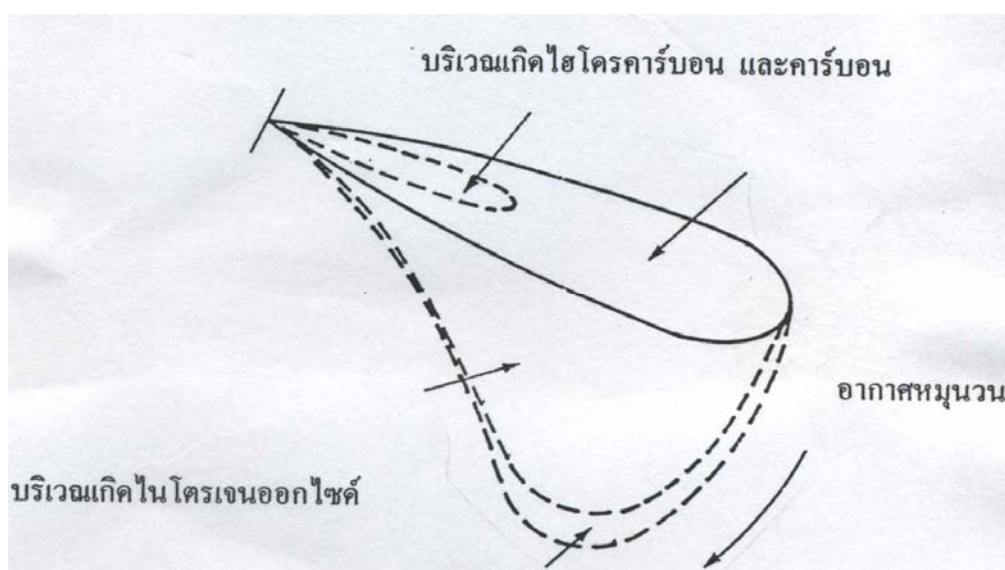
2.1.5 ไนโตรเจนออกไซด์ เป็นก๊าซที่เป็นพิษต่อร่างกาย เมื่อได้รับก๊าซนี้จะเกิดการอักเสบ และจวมูก ทำให้เกิดการอักเสบของระบบทางเดินหายใจ และทำลายเนื้อเยื่อปอด อาจเกิดการอักเสบขึ้นในปอด ซึ่งเป็นสาเหตุเนื่องอกจนกลายเป็นโรคมะเร็งในปอดได้ สำหรับพืชถ้าดูดซึมก๊าซนี้เข้าไปจะทำให้เจริญเติบโตช้ากว่าปกติ เนื้อเยื่อระหว่างเส้นใยจะมีสีซีด หยุดการเติบโตและใบเหี่ยว

2.1.6 ไฮโดรคาร์บอน เป็นก๊าซมลพิษทางอากาศ ที่ทำปฏิกิริยากับออกไซด์ของไนโตรเจน และออกซิเจนในอากาศ ทำให้เกิดหมอกควันขาว เมื่อได้รับก๊าซนี้จะเกิดการระคายเคืองหรือแสบตา และอาจเกิดการอักเสบต่อเยื่อของระบบทางเดินหายใจ สำหรับพืชถ้าดูดซึมก๊าซนี้เข้า

ไปจะทำลายคลอโรฟิลล์ ทำให้เนื้อเยื่อของใบตายเป็นจุดๆ จนถึงทั่วทั้งใบ และอาจทำให้สีของกิ่งก้านสร้างขีดขวาง และโลหะฝุกร่อน(สุธีลา ตุลยะเสถียร และคณะ.2544:105-111)

2.2 การเกิดควันดำ (Black Smoke)

ควันดำของเครื่องยนต์ดีเซลเกิดจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ของน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งทำให้คาร์บอนบางส่วนในน้ำมันเชื้อเพลิงไม่ได้ทำปฏิกิริยากับออกซิเจน จึงเหลือเป็นเขม่าควันดำออกมาทางท่อไอเสีย แกนกลางของลำน้ำมันที่ฉีดเข้ากระบอกสูบ แยกกระจายออกไปได้ยากและมีความหนาแน่นสูง เมื่อแกนน้ำมันที่ปะทะอุณหภูมิสูงในกระบอกสูบและขาดออกซิเจน ช่วยในการสันดาปเนื่องจากออกซิเจน ถูกใช้หมดไปแล้ว จะทำให้เกิดละอองคาร์บอนขึ้นเป็นผลให้เกิดควันดำ ในทำนองเดียวกันเชื้อเพลิงที่ฉีดมาแต่ละกระบอกสูบ และเชื้อเพลิงหยด หลังการฉีดน้ำมันจะทำให้เกิดควันดำด้วย (บุญชัย ตันติกรกุล.2546:16) ดังภาพประกอบต่อไปนี้



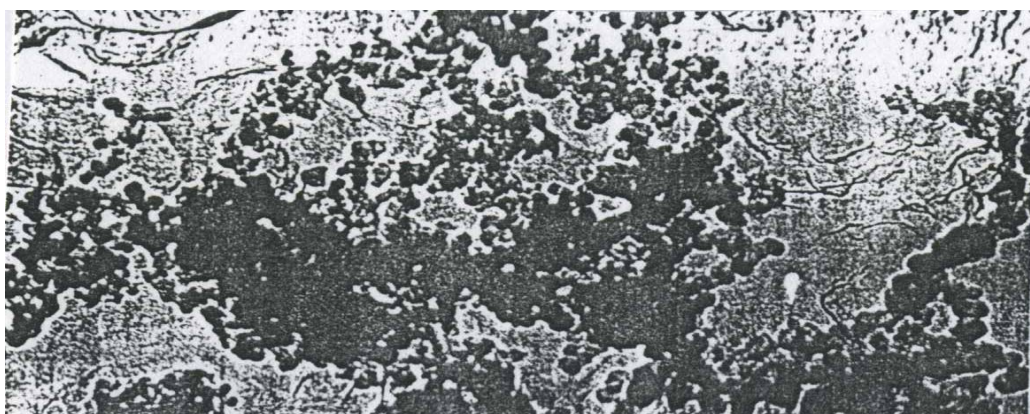
ภาพประกอบ 5 บริเวณการเกิดสารมลพิษภายในกระบอกสูบ
ที่มา การก่อตัวของสารมลพิษในลำน้ำมันที่ฉีดเข้าไปในอากาศหมุนวน
(พูลพร แสงบางปลา. 2537 : 97)

2.3 ลักษณะโครงสร้างของควันดำ

ควันดำของเครื่องยนต์ดีเซลประกอบด้วยสารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์ (Organic and Inorganic compounds) ซึ่งอยู่ในสภาพก๊าซ ของแข็ง ของเหลว ดังต่อไปนี้

2.3.1 สารอินทรีย์ หรือสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ได้แก่ น้ำมันเชื้อเพลิงที่เผาไหม้ไม่หมด และน้ำมันเครื่อง

2.3.2 สารอนินทรีย์ ได้แก่ สารพวก ซัลเฟอร์ ออกซิเจน คาร์บอน ไนโตรเจน ในสภาพก๊าซ ได้แก่ คาร์บอนมอนนอกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไนโตรเจนออกไซด์ ในสภาพของแข็ง หรือบางครั้งเรียกว่า เขม่า (Soot) ได้แก่ เขม่าขนาดเล็กซึ่งมีศูนย์กลาง 10-80 นาโนเมตร ในสภาพของเหลว ได้แก่ สารประกอบอินทรีย์ หรือไฮโดรคาร์บอนและซัลเฟต(สุทธิวงศ์ ไตรยยุทธ. 2541 : 25) อนุภาคจากควันไอเสียรถยนต์ดีเซล จะมีรายละเอียดปรากฏเป็นก้อนทรงกลมรวมกันคล้ายกับพวงอุ้งน หรือสายลูกประคำ ซึ่งแต่ละก้อนทรงกลมจะมีอนุภาคเล็กๆประมาณ 4,000 อนุภาคเกาะตัวกันอยู่ และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอยู่ในช่วง 10-80 นาโนเมตร ในอนุภาคคาร์บอน(เขม่าควันดำ)ที่ประกอบด้วยอนุภาคทรงกลมเล็กๆเหล่านั้นมีลักษณะเป็นรูพรุน ซึ่งทำให้พื้นที่ผิวหน้าสามารถดูดซับก๊าซมลพิษ หรืออนุภาคนาโนขนาดเล็กอื่นๆได้(Stephen T. Holgate.1999:626) ดังภาพประกอบต่อไปนี้

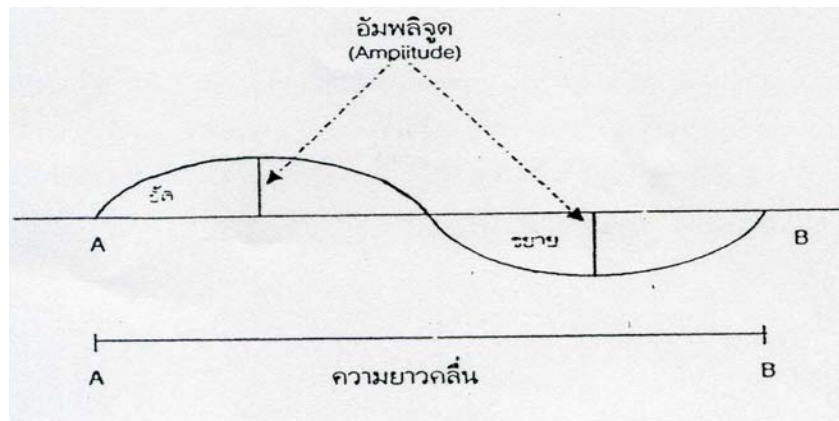


ภาพประกอบ 6 แสดงรายละเอียดของอนุภาคคาร์บอน(เขม่าควันดำ) ที่มา(Stephen T. Holgate.1999:626)

2.4 มลพิษทางเสียงจากเครื่องยนต์ดีเซล

เสียง เป็นความรู้สึทางกายภาพของหู และ เป็นคลื่นกลชนิดตามยาว (Longitudinal waves) การที่จะเรียกว่าเสียงได้ต้อง หนึ่งมีแหล่งกำเนิด (Source) ซึ่งเป็นการสั่นสะเทือนของวัตถุ , สองพลังงานที่ถ่ายโอนผ่านตัวกลาง คือ ของแข็ง ของเหลว และ ก๊าซ จากแหล่งกำเนิดเป็นคลื่นตามยาว และสามารถรับได้ด้วยหู หรือ เครื่องมืออย่างใด อย่างหนึ่ง โดยที่

ลักษณะของเสียงเกิดจากการสั่นสะเทือนของวัตถุ แล้ววัตถุนั้นถ่ายโอนพลังงานในรูปคลื่นตามยาวให้แก่อนุภาคของตัวกลาง และเกิดการเคลื่อนที่ในลักษณะคลื่นเสียงที่มีส่วนอัด และขยาย (ปดิพัทธ์ ชาติ สุขบท.2546:488) ดังภาพประกอบต่อไปนี้



ภาพประกอบ 7 ช่วงคลื่น หรือความยาวคลื่น

ทีมา (มลพิษสิ่งแวดล้อมปัญหาสังคมไทย . 2546 : 288)

จากภาพประกอบ 6 ความสูงของกราฟที่วัดจากแกนนอน แสดงการอัด และขยาย ผ่านตัวกลาง เรียกว่าอัมพลิจูด จำนวนช่วงคลื่นที่ส่งออกจากแหล่งกำเนิดในเวลา 1 วินาที เรียกว่าความถี่ ซึ่งมีหน่วยเป็นเฮิรตซ์ ระยะที่เสียงเคลื่อนที่ในเวลา 1 วินาที เรียกว่าความเร็วเสียง จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดตัวกลางที่เสียงผ่าน และเสียงจัดเป็นพลังงานเมื่อตกกระทบวัตถุใดก็แสดงว่ามีพลังงานจำนวนหนึ่งตกลงบนพื้นที่นั้น พลังงานเสียงที่ตกลงบนพื้นที่ 1 ตารางเซนติเมตรในเวลา 1 วินาที เรียกว่าความเข้มของเสียง มีหน่วยเป็น เดซิเบล ซึ่งวัดจากระดับความกดดันของเสียง (Sound pressure level) โดยเป็นการวัดทางคณิตศาสตร์ที่เรียกว่า ลอการิทึมมิก เรโซ อัตราส่วนของการได้ยินของคนเปรียบเทียบกับระดับมาตรฐานที่กำหนดไว้เพื่อให้สะดวกในการหาค่าระดับความดังของเสียง(Intensity) และเสียงยิ่งดังมากเท่าไรก็ยิ่งมีค่าเดซิเบลสูงมากเท่านั้น (มลพิษสิ่งแวดล้อมปัญหาสังคมไทย.2546:289) ดังแสดงระดับความเข้มของเสียงจากแหล่งกำเนิดต่างๆ ดังต่อไปนี้

ตาราง 2 แสดงระดับความเข้มข้นของเสียงจากแหล่งกำเนิดต่างๆ

แหล่งกำเนิดเสียง	เดซิเบล(db)	ความเข้ม(W/m)
เสียงเบาที่สุดที่มนุษย์ได้ยิน	0	10
เสียงลมหายใจ	10	10
เสียงใบไม้กระทบกันเมื่อถูกลมพัด	20	10
การสนทนา	60	10
การจราจรบนท้องถนน	80	10
เครื่องบินโบปัดขึ้นจากสนามบิน	120	1
เครื่องบินไอพ่นขึ้นจากสนามบิน	140	100

ที่มา (ทวี นิยมอ้อย และ มนุ เพ็ญพุ่ม. 2546:358)

เสียง เป็นพลังงานที่เกิดจากการสั่นสะเทือนของวัตถุ โดยเคลื่อนที่ผ่านตัวกลาง(บรรยากาศ) มากระทบหูให้ได้ยิน และเสียงมีคุณสมบัติเฉพาะตัวสองประการ คือ ความถี่ของเสียง เสียงที่มีความถี่มากจะเป็นเสียงสูง และเสียงที่มีความถี่น้อยจะเป็นเสียงต่ำ ในระดับปกติที่หูคนเราจะได้ยินมีความถี่ระหว่าง 20 – 20000 ครั้งต่อวินาที เสียงที่มีความถี่ต่ำกว่า 20 ครั้งต่อวินาทีจะมีลักษณะเป็นความสั่นสะเทือน ซึ่งเมื่อกระทบกับร่างกายบ่อยครั้ง และมีขนาดรุนแรง ก็เป็นอันตรายต่อสุขภาพร่างกาย และจิตใจได้เช่นเดียวกับเสียงที่มีความถี่เกิน 20000 ครั้งต่อวินาที และ ความดังของเสียง ซึ่งมีหน่วยวัดเรียกว่า เดซิเบล เสียงดังในระดับปกติที่มนุษย์เราได้ยินอยู่ในระดับความดัง 0 - 27 เดซิเบล และจะต้องไม่เกิน 35 เดซิเบล เสียงที่มีความดังเกิน 85 เดซิเบล เป็นเสียงที่ทำให้ความรบกวน และเป็นอันตรายต่อหู หรืออวัยวะส่วนอื่นๆ ลักษณะการได้ยินเสียงของหูในระดับปกติ นั้น เสียงจะผ่านเข้าช่องหูชั้นนอกเข้าไปกระทบแก้วหู ซึ่งเป็นเยื่อบางๆ ซึ่งกั้นระหว่างหูชั้นนอกและหูชั้นกลาง ทำให้แก้วหูเกิดการสั่นสะเทือน และการสั่นสะเทือนของแก้วหู ก็จะกระทบไปถึงอวัยวะของหูชั้นกลาง เริ่มตั้งแต่กระดูกค้อนที่ติดอยู่กับแก้วหู กระดูกทั่ง และกระดูกโกลนมา ซึ่งอยู่ติดกันจากตำแหน่งที่ตั้งของกระดูกทั้งสามชนิดนี้ ทำให้การสั่นสะเทือนกระทบถึงฐานกระดูกชั้นสุดท้ายของหูชั้นกลาง ซึ่งมีลักษณะเป็นรูปก้นหอย และเป็นที่อยู่ของปลายประสาทรับเสียง ส่งต่อไปตามประสาทการได้ยินเข้าสู่สมองส่วนกลางต่อไป ความดังของเสียง ถ้าเสียงมีความดังมากๆ เช่น เสียงประทัด เสียงปืน สมรรถภาพการได้ยินของหูอาจเสื่อมการได้ยินไปชั่วคราว และเสียงที่มีความดัง 90 เดซิเบล อาจทำ

ให้หูตึงได้ในอนาคต แต่ถ้าเสียงมีความดัง 130 เดซิเบล ก็จะทำให้มีอาการเจ็บปวดในหูได้ และเสียงดังมากถึง 150 เดซิเบล อาจทำให้แก้วหูฉีกขาดได้ทันที เช่น เสียงระเบิด ฟาผ่า เป็นต้น และการเสื่อมสมรรถภาพการได้ยินถาวร จะเกิดในกรณีได้ยินเสียงดังมากๆ ติดต่อกันเป็นเวลาหลายปี เช่น คนงานในโรงงานที่มีเครื่องจักรเสียงดัง (อาการเกิดเพิ่มขึ้นทีละน้อย) ระยะเวลาที่ได้รับเสียง การได้ยินเสียงที่มีความดังมากในระยะเวลาสั้น ย่อมมีอันตรายน้อยกว่าการได้ยินในระยะเวลาที่นานกว่า จึงมีการกำหนดระยะเวลาที่ร่างกายสามารถได้ยินเสียงติดต่อกันแล้วไม่ก่อให้เกิดอันตรายในแต่ละระดับเสียงขึ้น เช่น ผู้ที่ทำงานในโรงงานที่มีเสียงดังถึง 85 เดซิเบล ไม่ควรทำงานเกิน 8 ชั่วโมง

2.4.1 การเกิดเสียงดังจากเครื่องยนต์ดีเซล

ขณะที่เครื่องยนต์ทำงานอยู่นั้น เครื่องยนต์จะเกิดการสั่นสะเทือนทำให้เกิดแรงกระทำที่โครงสร้างของเครื่องยนต์ ดังนั้น อากาศที่อยู่โดยรอบจะสั่นสะเทือน และเคลื่อนที่จนเกิดเป็นเสียงดังขึ้น การสั่นสะเทือนของเครื่องยนต์ เกิดจากสาเหตุใหญ่ๆ 2 ประการ ดังต่อไปนี้

2.4.1.1 เกิดจากการสั่นดาปภายในของเครื่องยนต์ ได้แก่ การเผาไหม้ระหว่างเชื้อเพลิงกับอากาศภายในกระบอกสูบ ซึ่งจะทำให้เกิดเสียงที่มีความถี่ต่างๆขึ้น

2.4.1.2 เกิดจากการเคลื่อนที่ของกลไกต่างๆ ทั้งภายใน และภายนอกเครื่องยนต์ เช่น การหมุนของเจนอเรเตอร์ (Generator) การหมุนของแอร์คอมเพรสเซอร์ (Air compressor) การขบกันของเฟือง และการเคลื่อนที่ขึ้น,ลงของลูกสูบภายในกระบอก เป็นต้น เครื่องยนต์ดีเซล เป็นเครื่องยนต์สันดาปภายใน (Internal Combustion Engine) ขณะที่ทำงานจะเกิดเสียงดังจากการนำอากาศเข้าไปใช้ในการเผาไหม้ (บริเวณหม้อกรองอากาศ) และเสียงจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงกับอากาศในห้องเผาไหม้ (จังหวะระเบิด) เมื่อได้กำลังงานแล้ว ก็จะระบายไอเสียออกมา (จังหวะคาย) ซึ่งเสียงที่เกิดขึ้นมีความดังมาก แต่เครื่องยนต์มีระบบควบคุมแรงดันไอเสีย คือ ท่อรวมไอเสีย ท่อทางเดินไอเสีย และหม้อพักไอเสีย ที่ถูกออกแบบมาเพื่อลดเสียงดังของเครื่องยนต์ และก๊าซมลพิษต่างๆ จากเขม่าควันไอเสีย

2.5 การควบคุมมลพิษทางอากาศ และเสียงจากเครื่องยนต์ดีเซล

โดยทั่วไปการควบคุมมลพิษทางอากาศ และเสียงจากเครื่องยนต์ดีเซล ก็คือการทำให้มีมลพิษทางอากาศ(ก๊าซไอเสีย) และเสียงดังจากเครื่องยนต์ออกมาน้อยที่สุด ส่วนมากใช้อุปกรณ์ควบคุมมลพิษ คือ หม้อพักไอเสียทำหน้าที่บำบัดก๊าซไอเสีย และลดเสียงดัง จากเครื่องยนต์ การพัฒนารูปแบบการเผาไหม้ใหม่ๆ จะทำให้การเผาไหม้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น และเกิดเขม่าควันดำน้อยลง เช่น การพัฒนาระบบฉีดน้ำมันแบบคอมมอนเรล และการใช้ใบพัดอัดอากาศ(ระบบเทอร์โบ) เข้ามาช่วยในการสันดาปของเครื่องยนต์ เป็นต้น โดยที่การพัฒนาดังกล่าวเป็นการช่วยควบคุมมลพิษได้ทางหนึ่ง แต่เมื่ออายุการใช้งานของเครื่องยนต์มากขึ้น เขม่าควันดำที่ติดค้างอยู่ภายในหม้อพักไอ

เสียก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย เพราะหม้อพักไอเสียของรถยนต์ดีเซลโดยทั่วไปมีโครงสร้างภายในซับซ้อน จึงเกิดการสะสมเขม่าควันดำเป็นจำนวนมาก และนอกจากนี้ได้มีการศึกษาถึงการขจัดเขม่าควันดำจากไอเสียของรถยนต์เครื่องยนต์ดีเซลในลักษณะวิธีอื่น คือ การปรับปรุงเทคโนโลยีด้านเครื่องยนต์ และการขจัดไอเสียหลังการเผาไหม้ ซึ่งแบ่งได้ 2 ลักษณะ ดังต่อไปนี้

2.5.1 การใช้กระบวนการเผาไหม้หลังการกรอง

เครื่องกรองไอเสีย โดยกรองเขม่าควันดำที่เกิดจากการเผาไหม้แล้วใช้หัวเผา (burner) ทำการเผาเขม่าควันดำที่เกาะติดอยู่กับไส้กรองให้สลายไป วิธีการนี้สามารถทำลายเขม่าควันดำได้ประมาณร้อยละ 80 แต่การเผาจะต้องทำอย่างต่อเนื่องตามกำหนดเวลา และตลอดระยะเวลาที่เครื่องทำงาน โดยอาศัยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หลายชนิดควบคุมการทำงาน ได้แก่ การควบคุมเวลา ความร้อน ความดันย้อนกลับของไอเสีย และปริมาณเขม่า

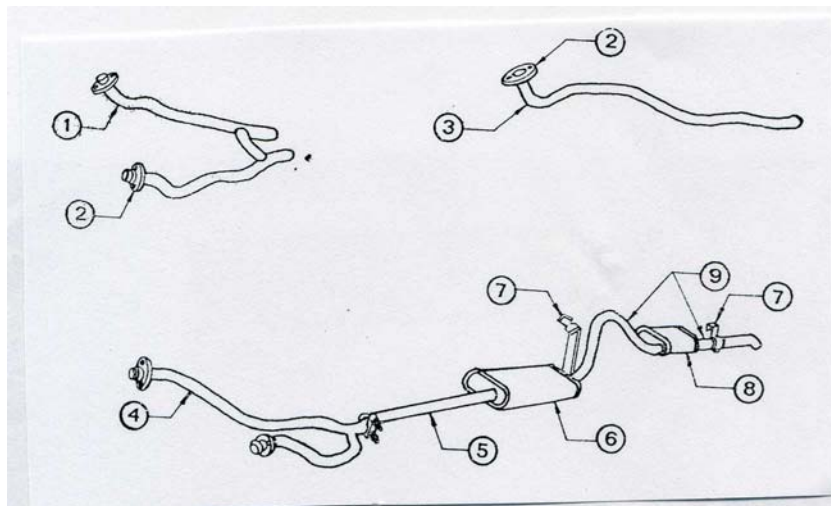
2.5.2 การกรองโดยไม่ใช้กระบวนการเผาไหม้

อุปสรรคและปัญหาอีกประการหนึ่งในการติดตั้งอุปกรณ์ขจัดไอเสีย คือ พื้นที่ใต้ท้องรถยนต์มีเนื้อที่จำกัด ทำให้การติดตั้งอุปกรณ์กรองเป็นไปด้วยความยากลำบาก เพราะใช้อุปกรณ์หลายชิ้นด้วยกัน จึงได้มีการพัฒนาอุปกรณ์กรองไอเสีย และลดเสียงไว้ในอุปกรณ์ตัวเดียวกัน และอุปกรณ์ชนิดนี้ไม่ใช้กระบวนการเผาไหม้ คือ ไม่มีหัวเผา หรือ ฮีตเตอร์เพื่อทำลายเขม่าไอเสีย โดยที่ไอเสียของรถยนต์จะผ่านเครื่องกรองซึ่งมีไส้กรองติดตั้งอยู่ในอุปกรณ์กรอง เพื่อทำหน้าที่ดักเขม่าควันดำ ก่อนที่ไอเสียจะถูกปล่อยออกสู่บรรยากาศ เมื่อใช้งานไประยะหนึ่งปริมาณเขม่าควันดำจะสะสมบนไส้กรองมากขึ้นจนอุดช่องว่างการไหลของไอเสีย ทำให้ไอเสียไม่สามารถที่จะไหลผ่านไปได้ เป็นผลให้เกิดความดันย้อนกลับในท่อไอเสีย และทำให้เครื่องยนต์กำลัງตก จึงจำเป็นที่จะต้องถอดเปลี่ยนไส้กรองใหม่ แต่อย่างไรก็ตามนักวิจัยก็อยู่ระหว่างการพัฒนาแบบของการกรองอยู่ และยังเชื่อว่าวิธีการกรองจะเป็นอีกวิธีหนึ่งในการลดปริมาณเขม่าควันดำของไอเสียรถยนต์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ประชาสันติ ไตรยสุทธิ์.2541:37)

3.ระบบไอเสียและหม้อพักเก็บเสียงของรถยนต์ทั่วไป

ระบบไอเสีย(exhaust system) ของรถยนต์มีส่วนประกอบพื้นฐาน ได้แก่ ท่อรวมไอเสีย ท่อไอเสีย และหม้อพักไอเสียสำหรับหม้อพักไอเสียจะเป็นตัวช่วยลดแรงดันของก๊าซไอเสียก่อนปล่อยสู่บรรยากาศ เพื่อลดเสียงดังให้เหลือน้อยลง (ภูวศิลป์ เกิดอินทร์.2545:11) และระบบถูกออกแบบมาเพื่อจะทำให้เกิดความดันย้อนกลับของท่อไอเสียน้อยที่สุด เพราะความดันย้อนกลับของไอเสียที่มากเกินไปมีผลเสียต่อสมรรถนะเครื่องยนต์โดยจะต้องใช้งานมากขึ้นในการดันไอเสียออกจากเครื่องยนต์ งานที่สามารถใช้เป็นประโยชน์จึงน้อยลง ซึ่งจะปรากฏเป็นการสูญเสียกำลัง และการ

สิ้นเปลืองน้ำมันมากขึ้น (วีระศักดิ์ ทรัพย์วิเชียร .2542: 263) ซึ่งมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมท่อไอเสียรถยนต์ (ม อ ก. 340 – 2538) ได้กำหนดโครงสร้าง และส่วนประกอบทั่วไปของระบบไอเสียรถยนต์ไว้ดังต่อไปนี้

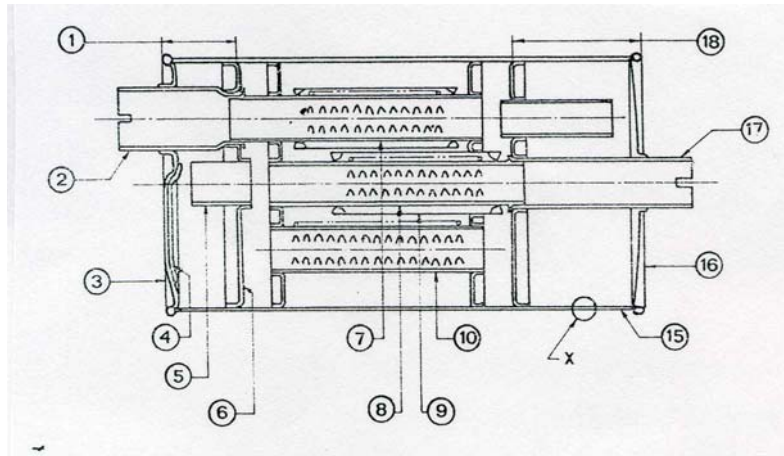


ภาพประกอบ 8 แสดงส่วนประกอบทั่วไปของหม้อพักไอเสีย
ที่มา (ม อ ก. 340 – 2538 : 4)

จากภาพประกอบ 7 สามารถอธิบายหน้าที่การทำงาน ตามหมายเลขกำกับได้ คือ

- 1 แสดงท่อส่งไอเสียรูปตัว H สำหรับเครื่องยนต์ที่มีระบบขับไอเสีย 2 ทาง
- 2 แสดงข้อต่อ หรือหน้าแปลนท่อส่งไอเสีย ซึ่งต่อเชื่อมกับท่อร่วมไอเสียของเครื่องยนต์
- 3 แสดงท่อส่งไอเสียที่ต่อจากท่อร่วมไอเสียของเครื่องยนต์
- 4 แสดงท่อส่งไอเสียรูปตัว Y สำหรับเครื่องยนต์รูป V (V – type engine)
- 5 แสดงท่อรวม หรือท่อท่อนกลาง (intermediate pipe) ซึ่งต่อรวมเพื่อเข้ากับหม้อกลาง
- 6 แสดงหม้อพักกลาง
- 7 แสดงหูกเกี่ยว (hanger) ซึ่งจับยึดท่อไอเสียเข้ากับตัวยานพาหนะ
- 8 แสดงหม้อพักปลาย
- 9 แสดงท่อตอนปลาย (tail pipe) ซึ่งต่อออกจากหม้อพักปลายเพื่อลำเลียงไอเสียออกสู่บรรยากาศ

จากส่วนประกอบทั่วไปของระบบไอเสียตาม(ม อ ก. 340 – 2538) จะมีรายละเอียดทั้งระบบไอเสียตั้งแต่จุดเริ่มต้นที่ก๊าซไอเสียไหลออกจากเครื่องยนต์ผ่านท่อนำการไหลเข้าสู่หม้อพักไอเสียกลางที่มีลักษณะโครงสร้างภายในซับซ้อน และหม้อพักไอเสียปลาย เพื่อลดมลพิษทางอากาศ และเสียงดังจากเครื่องยนต์ก่อนปล่อยออกสู่บรรยากาศ ดังภาพประกอบต่อไปนี้



ภาพประกอบ 9 หม้อพักกลาง
ที่มา (ม อ ก. 340 – 2538 : 6)

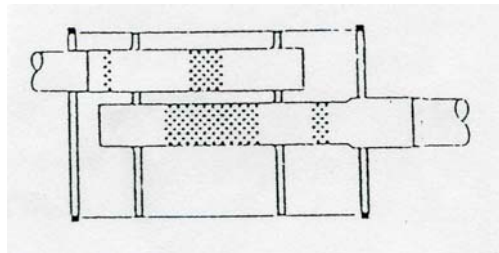
จากภาพประกอบสามารถอธิบายหน้าที่การทำงาน ตามหมายเลขกำกับได้ คือ

- | | |
|-------------------------------|--------------------------------|
| 1 แสดงห้องปรับลดเสียงส่วนหน้า | 10 แสดงท่อทางกลับ |
| 2 แสดงทางเข้า ของก๊าซไอเสีย | 11 แสดงเปลือกด้านใน |
| 3 แสดงฝาส่วนหน้า | 12 แสดงใยแก้ว หรือใยหิน |
| 4 แสดงฝาเสริมส่วนหน้า | 13 แสดงเปลือกด้านนอก |
| 5 แสดงท่อปรับลดเสียง | 14 แสดงเปลือกด้านในสุด |
| 6 แสดงแผ่นกั้น | 15 แสดงเปลือก |
| 7 แสดงท่อทางเข้า | 16 แสดงฝาส่วนหลัง |
| 8 แสดงท่อทางออก | 17 แสดงทางออก |
| 9 แสดงท่อความถี่สูง | 19 แสดงห้องปรับลดเสียงส่วนท้าย |

กรมควบคุมมลพิษ. โดยบริษัทเอส ที เอส เอ็นจิเนียริง คอนซัลแตนท์ จำกัด(2541:10-11) เสนอว่า ปัจจุบันรูปแบบของหม้อพักไอเสีย สามารถจำแนกได้ 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ Reflection และ Absorption ส่วนการผสมกันระหว่าง Reflection และ Absorption เรียกว่า Combination ดังต่อไปนี้

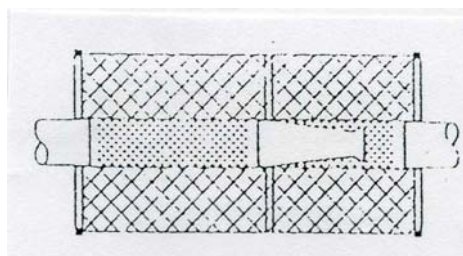
1 Reflection หรือ Reactive type เป็นวิธีการลดระดับเสียงโดยใช้ท่อที่มีขนาดพื้นที่หน้าตัดต่างกัน โดยการเปลี่ยนแปลงพื้นที่หน้าตัดจะทำให้พลังงานส่วนหนึ่งสะท้อนกลับไปยังแหล่งกำเนิด และอีกส่วนหนึ่งจะสามารถผ่านไปได้ ซึ่งใช้หลักการสะท้อนและหลักการหักล้างกันของคลื่นเสียง ดังนั้นจึงสามารถลดระดับเสียงได้

2 Absorption หรือ Dissipative type เป็นวิธีการลดระดับเสียงโดยใช้วัสดุในการดูดซับเสียง เพื่อเปลี่ยนพลังงานเสียงให้เป็นพลังงานความร้อน โดยวัสดุที่ใช้ในการดูดซับเสียงนั้น ต้องสามารถป้องกันการดูดซับความชื้น ความสกปรก และน้ำมันได้ ดังแสดงรายละเอียดโครงสร้างหม้อพักไอเสียต่อไปนี้



ภาพประกอบ 10 โครงสร้างแบบ Reflection หรือ Reactive type

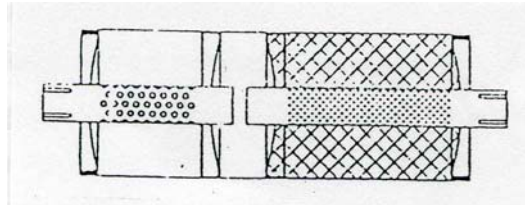
ที่มา กรมควบคุมมลพิษโดยบริษัทเอส ที เอส เอ็นจิเนียริง จำกัด(2541:10-11)



ภาพประกอบ 11 โครงสร้างแบบ Absorption หรือ Dissipative type

ที่มา กรมควบคุมมลพิษโดยบริษัทเอส ที เอส เอ็นจิเนียริง จำกัด(2541:10-11)

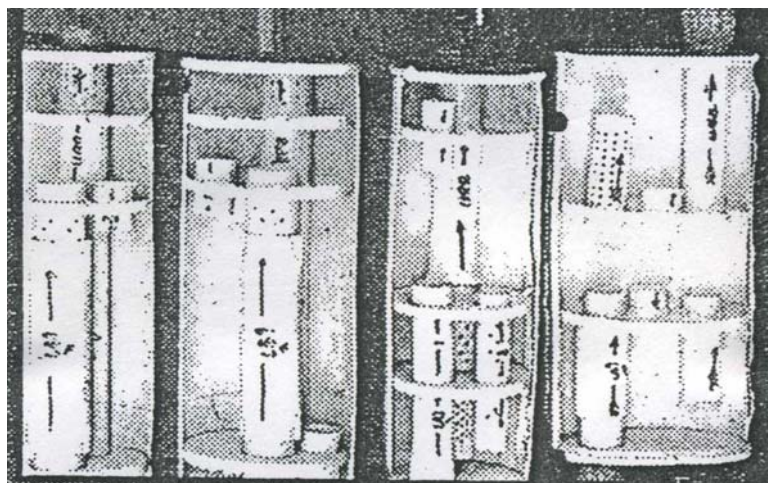
การผสมกันระหว่าง Reflection และ Absorption เรียกว่า Combination ดังต่อไปนี้



ภาพประกอบ 12 โครงสร้างแบบ Combination

ที่มา กรมควบคุมมลพิษโดยบริษัทเอส ที เอส เอ็นจิเนียริง จำกัด(2541:10-11)

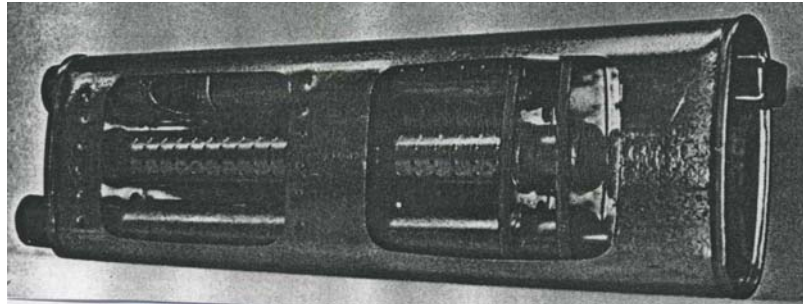
ในระบบไอเสียของรถยนต์เครื่องยนต์ดีเซล(ปิกอัพ)จะมีโครงสร้างภายในหม้อพักที่ซับซ้อน และมีห้องกันจำนวนหลายห้อง ประกอบกับท่อนำการไหลในลักษณะต่างๆกันทำให้การไหลของไอเสียย้อนไปมาผ่านห้องกันที่อยู่ภายในหม้อพักก่อนระบายออกไป และการที่โครงสร้างมีความซับซ้อนมากทำให้ไอเสียไหลผ่านไม่สะดวกจึงเกิดแรงดันย้อนกลับสูง เขม่าควันดำจะติดค้างอยู่ภายในเป็นจำนวนมาก เมื่อใช้งานเป็นเวลานานๆ อาจทำให้รถยนต์เครื่องยนต์ดีเซลมีเขม่าควันดำเพิ่มขึ้น



ภาพประกอบ 13 โครงสร้างภายในหม้อพักไอเสียของเครื่องยนต์ดีเซล(ปิกอัพ)

ที่มา (เทคโนโลยีชาวบ้าน.(1 มิถุนายน 2543) มติชน หน้า 8

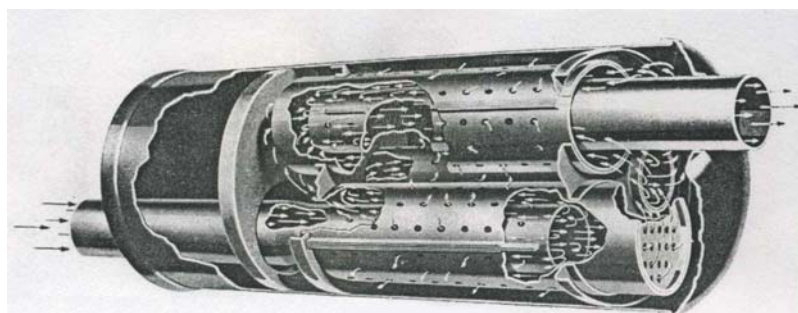
นอกจากนี้ยังมีรูปแบบของหม้อพักไอเสียที่มีลักษณะโครงสร้างแตกต่างออกไป และการไหลเวียนของก๊าซไอเสียภายในหม้อพักจะเปลี่ยนทิศทางการไหลมากยิ่งขึ้น ก่อนที่จะถูกปล่อยออกมาภายนอก ทำให้มีผลดีต่อการลดเสียงดังจากเครื่องยนต์ เพราะภายในโครงสร้างหม้อพักมีความซับซ้อนมาก เกิดการสะท้อนและการหักล้างกันของคลื่นเสียงได้ดี แต่จะเกิดแรงดันย้อนกลับสูง อาจทำให้ประสิทธิภาพเครื่องยนต์ลดลง



ภาพประกอบ 14 หม้อพักไอเสียแบบไหลย้อนกลับ(ทรงแบน)

ที่มา(Lien, David. Automobiles Maintenance and Repair. 1975:103)

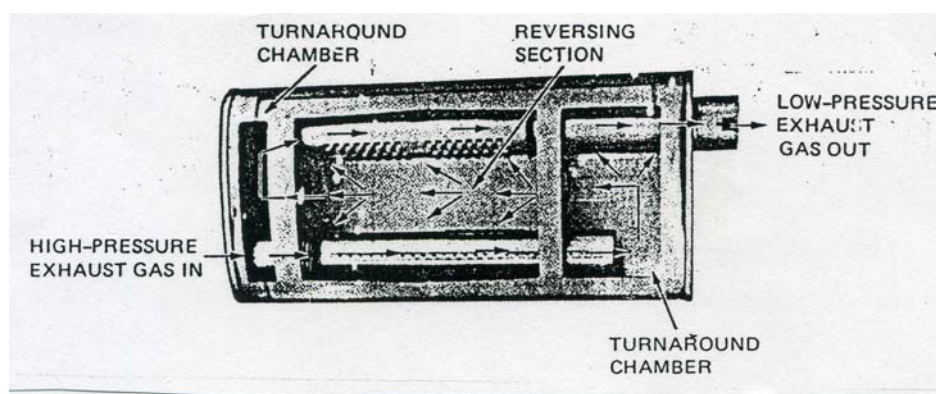
จากภาพประกอบแสดงท่อนำการไหลของก๊าซไอเสียที่ประกอบเป็นโครงสร้างภายในมีความซับซ้อนมากทำให้ทิศทางการไหลเปลี่ยนย้อนกลับหลายครั้งภายในห้องกันที่แบ่งไว้ ก๊าซไอเสียจะถูกลดแรงดัน และอุณหภูมิให้ต่ำลง มีแรงดันย้อนกลับสูง(Lien,David. 1975:103) และเมื่อพิจารณาในขอบเขตของทิศทางการไหลของก๊าซไอเสียในลักษณะการไหลแบบย้อนกลับ(Reverse flow type) จะมีโครงสร้างแบบทรงกลมอีกรูปแบบหนึ่งที่ถูกออกแบบขึ้นมาใช้งานกับเครื่องยนต์ทั่วไป ดังภาพประกอบต่อไปนี้



ภาพประกอบ 15 หม้อพักไอเสียแบบไหลย้อนกลับ(ทรงกลม)

ที่มา (Billiet, Venk. Automotive Fundamentals. 1967:189)

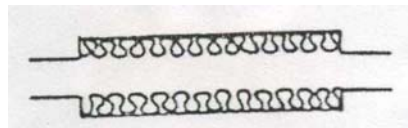
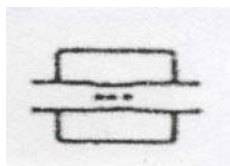
จากภาพประกอบแสดงท่อนำการไหลของก๊าซไอเสียที่มีรูเจาะเล็กๆจำนวนมาก เรียงสลับกันเป็นโครงสร้างภายในหม้อพักไอเสีย ทิศทางการไหลมีความซับซ้อนกว่าทรงแบน และเนื่องจากมีรูเจาะบนท่อนำการไหลรวมทั้งมีปลอกหุ้มควบคุมการไหลผ่านของก๊าซไอเสีย ทำให้เกิดการปั่นป่วนภายในมาก และด้วยโครงสร้างที่มีความซับซ้อนมากจึงทำให้เกิดแรงดันย้อนกลับสูง สำหรับหม้อพักไอเสียที่เปลี่ยนทิศทางการไหลภายในโดยไม่ใช้ท่อนำการไหลจำนวนมากมารวมประกอบเป็นโครงสร้างทำให้มีพื้นที่ว่างภายในมากขึ้น ขณะเดียวกันจะเป็นทางผ่านให้ก๊าซไอเสียไหลย้อนกลับตามพื้นที่ว่างเหล่านั้นได้ ดังภาพประกอบต่อไปนี้



ภาพประกอบ 16 หม้อพักไอเสียแบบเรโซแนนท์
ที่มา (Anglin, Crouse. Automotive Engines.1994:135)

จากภาพประกอบแสดงให้เห็นการไหลเข้าของก๊าซไอเสียแรงดันสูงผ่านตรงเข้ามาถึงห้องเปลี่ยนทิศทางการไหล(Turnaround) ตรงบริเวณห้องกันสุดท้าย จากนั้นก๊าซไอเสียจะไหลย้อนกลับไปสู่ห้องกันแรกโดยผ่านพื้นที่ว่างของห้องกันกลาง และเปลี่ยนทิศทางการไหลอีกครั้งหนึ่งทำให้แรงดันไอเสียลดลงก่อนที่จะไหลออกภายนอก(Anglin,Crouse.1994:135) เมื่อได้พิจารณาตามโครงสร้างหม้อพักไอเสียแบบเรโซแนนท์ จะไม่พบท่อนำการไหลซับซ้อนมากนักจึงอาจทำให้การเก็บเสียงดังจากเครื่องยนต์ได้น้อย และแรงดันย้อนกลับจะเกิดขึ้นน้อยเช่นเดียวกัน และจากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าโครงสร้างของหม้อพักไอเสียส่วนมากประกอบด้วยห้องกัน และท่อนำการไหลที่ซับซ้อนก๊าซไอเสียมีทิศทางการไหลวนย้อนกลับ เกิดการสะท้อน และการหักล้างกันของคลื่นเสียง(Reflection) ทำให้เสียงดัง และแรงดันไอเสียจากเครื่องยนต์ลดลง ซึ่งส่วนใหญ่ลักษณะโครงสร้างแบบนี้ทำให้เกิดแรงดันย้อนกลับที่ค่อนข้างสูง สำหรับหม้อพักไอเสียที่มีโครงสร้างภายในไม่ซับซ้อนอาจทำได้โดยการปล่อย

ให้ก๊าซไอเสียไหลผ่านตรงออกไปทางเดียวอย่างรวดเร็ว เพื่อให้เกิดแรงดันย้อนกลับน้อยที่สุด ในขณะเดียวกันสามารถลดเสียงดังจากเครื่องยนต์ได้ ดังภาพประกอบต่อไปนี้



ท่อนำการไหลเจาะรูพรุน

วัสดุซับเสียง(Absorption)

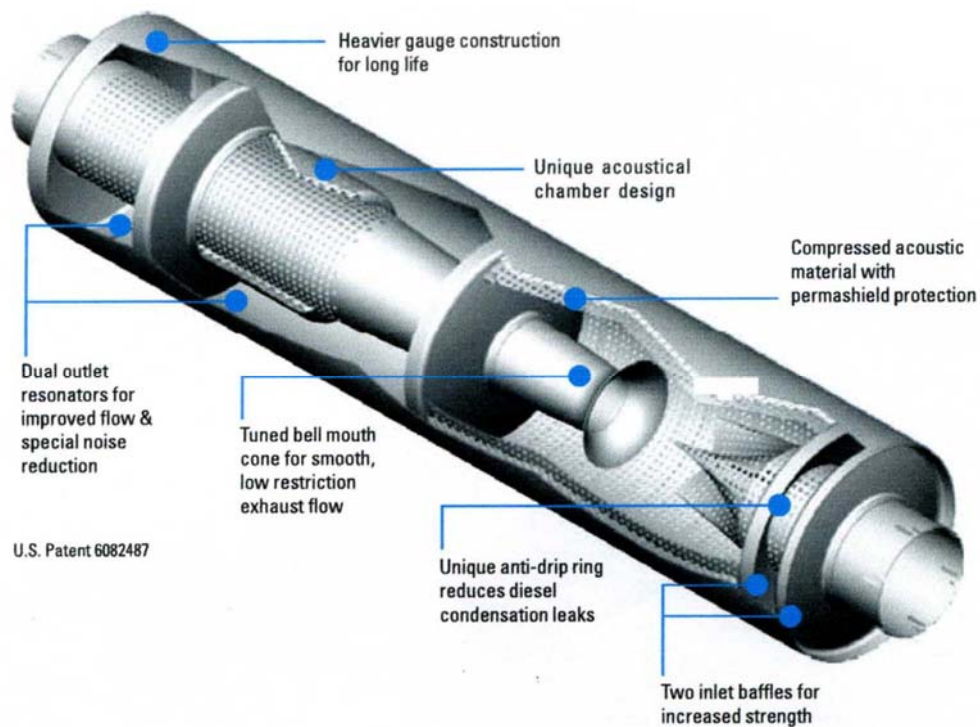
แบบที่ 1

แบบที่ 2

ภาพประกอบ 17 หม้อพักไอเสียแบบไหลผ่านตรง
ที่มา(ภาณุรักษ์ และ รัฐวุฒิ . 2544:6)

จากภาพประกอบแสดงลักษณะโครงสร้างหม้อพักไอเสียที่กำหนดทิศทางการไหลของก๊าซไอเสียแบบผ่านตรงทางเดียว โดยมีข้อแตกต่างกันในรายละเอียดของโครงสร้างภายใน คือ แบบที่ 1 มีท่อนำการไหลเจาะรูพรุนให้ก๊าซไอเสียไหลผ่าน และการมีลักษณะเป็นคลื่นแรงดันไอเสีย จึงเกิดเป็นปรากฏการณ์แพร่ของคลื่นเสียง(Diffusion of sound) คือ เมื่อคลื่นเสียงเดินทางผ่านช่องเปิด หรือรูผนัง ถ้าเส้นผ่าศูนย์กลางของช่องเปิด หรือรูผนัง มีขนาดเล็กกว่าความยาวคลื่นเสียง ขณะคลื่นเสียงผ่านจะเกิดการเปลี่ยนแปลงแบบรอบทิศ(Omni-directional) จากช่องเปิดกลายเป็นแหล่งกำเนิดเสียงใหม่ และถ้าช่องเปิดมีขนาดใหญ่กว่าความยาวคลื่นเสียงนั้นจะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง (กฤติกา เลิศสวัสดิ์. กรมควบคุมมลพิษ : 1-6) และในแบบที่ 2 ท่อนำการไหลเจาะรูพรุนเช่นเดียวกัน แต่ใช้วัสดุซับเสียงบรรจุไว้ในโครงสร้างหม้อพักไอเสียจึงทำให้เกิดการลดระดับเสียงดังได้ เพราะเนื้อวัสดุที่ใช้ซับเสียง(ใยแก้ว) ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานเสียงให้เป็นพลังงานความร้อน (กรมควบคุมมลพิษ. โดยบริษัท เอส ที เอส เอ็นจิเนียริง จำกัด : 4-18) และ

บริษัทโดนัลสัน(Donaldson Co.) แห่งสหรัฐอเมริกาได้พัฒนาหม้อพักไอเสีย โดยที่อาจมีลักษณะของการแบ่งห้องกันภายใน และใช้วัสดุซับเสียง ประยุกต์รวมกันเป็นโครงสร้างแบบผสม (Combination) เพื่อใช้ลดเสียงดังจากเครื่องยนต์ดีเซลของรถบรรทุกขนาดใหญ่
ดังภาพประกอบต่อไปนี้



ภาพประกอบ 18 หม้อพักไอเสียรถยนต์เครื่องยนต์ดีเซลขนาดใหญ่
ที่มา [http:// www.Donald.com](http://www.Donald.com).

จากภาพประกอบ 17 จะแสดงรายละเอียดโครงสร้างภายในมี 7 ส่วนสำคัญ ดังต่อไปนี้

- 1 โครงสร้างภายนอกของหม้อพักไอเสีย ลักษณะทรงกระบอกกลม
- 2 วัสดุซับเสียง
- 3 ตระแกรงป้องกันวัสดุซับเสียง
- 4 ห้องกันการสะท้อนของเสียง ขณะที่ไอเสียไหลเข้า
- 5 ปลายท่อนำการไหลรูปปากกระชัง ลักษณะเรียวแคบ เพื่อให้การไหลราบเรียบ และลดแรงดันไอเสีย ที่ผ่านเข้ามาภายในห้องกัน
- 6 ห้องเก็บควันไอเสีย และลดเสียงขึ้นตอนสุดท้ายก่อนออกสู่ภายนอก
- 7 ผนังของห้องกันสุดท้าย จะช่วยเสริมความแข็งแรงให้กับท่อนำการไหลออก

เมื่อพิจารณารายละเอียดของโครงสร้าง อาจสรุปการทำงานได้ คือขณะที่ไอเสียไหลผ่านเข้ามาภายในห้องกันจะเกิดการรีด เพราะลักษณะของท่อนำการไหลถูกลดขนาดเล็กลง ทำให้ไอเสียขยายตัวออกทางรูเจาะผ่านวัสดุซับเสียงได้มาก จึงช่วยลดแรงดันไอเสียลง และบริเวณส่วนปลายท่อนำการไหลไอเสียจะเริ่มต้นขยายตัวตามรูปทรงปากกระชังทำให้การไหลราบเรียบก่อนที่จะไหลออกตรงตระ

แกงรูปจับ และภายในห้องนี้มีผนังซับเสียงที่ประกอบขึ้นจากตระแกรงป้องกันแรงดันไอเสีย กับวัสดุซับเสียง (WWW.Donaldson.com) หม้อพักไอเสียในรูปแบบต่างๆทั่วไป อาจมีวัตถุประสงค์ด้านการใช้งานที่เหมือนกัน คือ เพื่อต้องการลดเสียงดังจากเครื่องยนต์ให้เบาลง และเนื่องจากโครงสร้างภายในที่ถูกออกแบบขึ้นมีความแตกต่างกัน จึงทำให้คุณสมบัติต่างๆ ของหม้อพักไอเสีย เช่น การลดเสียงดัง ทิศทางการไหลของก๊าซไอเสีย และผลกระทบต่อประสิทธิภาพเครื่องยนต์ โดยเฉพาะแรงดันย้อนกลับ(Back pressure) มีความแตกต่างกันด้วย ดังตารางต่อไปนี้

ตาราง 3 เปรียบเทียบคุณสมบัติของหม้อพักไอเสียทั่วไป

รูปแบบ	ข้อดี	ข้อเสีย
การสะท้อนเก็บเสียง (Reflection)	ลดเสียงดังได้มาก คุณสมบัติการลดเสียงคงที่ อายุการใช้งานนาน	ประสิทธิภาพเครื่องยนต์ลดลง แรงดันย้อนกลับสูง
การดูดซับเก็บเสียง (Absorption)	ลดเสียงดังได้มาก แรงดันย้อนกลับน้อย	คุณสมบัติการลดเสียงไม่คงที่ อายุการใช้งานสั้น
การไหลย้อนกลับ (Reverse flow)	ลดเสียงดังได้มาก คุณสมบัติการลดเสียงคงที่	แรงดันย้อนกลับสูง สะสมเขม่าควันไอเสียมาก โครงสร้างอุดตันได้ง่าย
เรโซแนนท์ (Resonant)	แรงดันย้อนกลับไม่สูงมาก อายุการใช้งานนาน	ลดเสียงดังได้ไม่มาก
การไหลผ่านตรง (แบบที่ 1) (Through flow)	แรงดันย้อนกลับน้อย คุณสมบัติการลดเสียงคงที่ สะสมเขม่าควันไอเสียน้อย	ลดเสียงดังได้ไม่มาก
การไหลผ่านตรง(แบบที่ 2)	แรงดันย้อนกลับน้อย สะสมเขม่าควันในวัสดุซับเสียง โครงสร้างอุดตันยาก	คุณสมบัติการลดเสียงไม่คงที่ อายุการใช้งานสั้น
แบบผสม (Combination)	ลดเสียงดังได้มาก แรงดันย้อนกลับน้อย อายุการใช้งานนาน โครงสร้างอุดตันยาก	คุณสมบัติการลดเสียงไม่คงที่ สะสมเขม่าควันไอเสีย

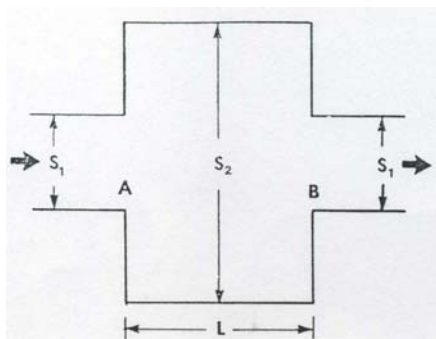
เมื่อได้พิจารณาคูณสมบัติในด้านต่างๆ ของรูปแบบหม้อพักไอเสีย เช่น คุณสมบัติการลดเสียง อายุการใช้งาน การสะสมเขม่าควันไอเสีย แรงดันย้อนกลับที่เกิดขึ้น และลักษณะโครงสร้างภายใน จะเห็นได้ว่าหม้อพักไอเสียรูปแบบการไหลผ่านตรง และแบบผสม เป็นหม้อพักไอเสียที่มีคุณสมบัติด้านดีหลายประการโดยเฉพาะอย่างยิ่งแรงดันย้อนกลับจะน้อยกว่ารูปแบบอื่น

ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำแนวคิดจากลักษณะของห้องกันที่มีส่วนขยายกว้าง (Single Expansion chamber) มาประยุกต์เข้ากับและ การใช้แรงเหวี่ยงจากปลายครีปโค้งลักษณะคล้ายกับใบพัดท่อสูบน้ำแบบหอยโข่งนำการไหลของกระแสก๊าซไอเสียที่มีเขม่าควันดำปะปนเข้าเก็บบริเวณผนังของหม้อพักไอเสียมาพัฒนาเป็นหม้อพักไอเสียแบบผสมที่สามารถถอดโครงสร้างออกมาล้างทำความสะอาดได้ สำหรับรถยนต์เครื่องยนต์ดีเซล และมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐานของกรมการขนส่งทางบก

4.การพัฒนาหม้อพักไอเสียแบบผสม สำหรับรถยนต์เครื่องยนต์ดีเซล

โดยปกติการสันดาปของเครื่องยนต์ดีเซลจะเกิดก๊าซมลพิษหลายชนิด รวมทั้งควันดำ และเสียงดังออกมาพร้อมๆกันผ่านการบำบัดมลพิษเหล่านี้ด้วยหม้อพักไอเสีย และจากลักษณะโครงสร้างแบบผสม(Combination)จะประกอบด้วยคุณลักษณะข้อดีในหลายด้าน จึงทำให้มีความเหมาะสมที่จะนำมาพัฒนาเป็นหม้อพักไอเสีย สำหรับเครื่องยนต์ดีเซล ซึ่ง ลิววีส์ เอส เบล (Lewis H. Bell) กล่าวว่า การแบ่งห้องกันกีดขวางการไหลของก๊าซไอเสียที่มีส่วนขยายกว้าง สามารถรองรับแรงดันคลื่นเสียงที่ผ่านตรงเข้ามา แล้วถูกทำลายให้เบาลง และอาจเป็นไปได้ในการนำมาประยุกต์ใช้เป็นหม้อพักเก็บเสียงสำหรับรถยนต์ (Lewis H. Bell. 1982: 294)

พิจารณาโครงสร้าง และคุณสมบัติการลดเสียงดังของห้องกันที่มีส่วนขยายกว้าง(Single Expansion chamber) ได้ ดังต่อไปนี้



ภาพประกอบ 19 โครงสร้างห้องกันที่มีส่วนขยายกว้าง(Single Expansion chamber)

ที่มา (Lewis H. Bell. 1982: 295)

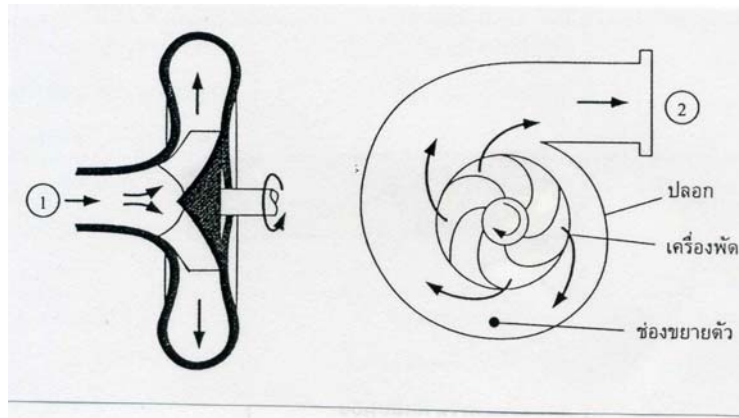
ส่วนประกอบโดยพื้นฐานโครงสร้างห้องกันที่มีส่วนขยายกว้าง(Single Expansion chamber)

4.1 ส่วนทางเข้าและออก ของไอเสีย (S1 , A S2 , B) คือส่วนที่เป็นทางส่งผ่าน แรงดันไอเสีย เข้าสู่ภายใน และระบายออก

4.2 ส่วนขยายกว้าง (S2) คือส่วนที่รองรับแรงดันไอเสีย และเกิดการเปลี่ยนแปลง ความถี่ของคลื่นเสียง เนื่องจากพื้นที่หน้าตัดกว้างขึ้นอย่างฉับพลัน ที่บริเวณผนังภายในคลื่นเสียงจะ เกิดการสะท้อน(Reflection) ทำให้เกิดการหักล้างกันของคลื่นเสียงได้ดี

4.3 ส่วนความยาว(L) คือ ความยาวของทรงกระบอก

โครงสร้างห้องกันที่มีส่วนขยายกว้าง(Single Expansion chamber) เนื้อที่ภายใน ส่วนขยาย (S2) จะว่างเปล่าไม่มีโครงสร้างใดกีดขวางการไหลของก๊าซไอเสีย และเสียงดังจาก เครื่องยนต์ จึงสามารถใส่โครงสร้างของครีปโค้งที่มีลักษณะคล้ายกับใบพัดท่อสูบน้ำแบบหอยโข่งได้ สะดวก และในเชิงวิศวกรรมอาจกล่าวได้ว่าเป็นหลักการเดียวกับปั๊มต่อเนื่องแนวรัศมี (Radial Dynamic Pump) เพราะใช้หลักการทำงานของแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (centrifugal force) ดังภาพประกอบต่อไปนี้

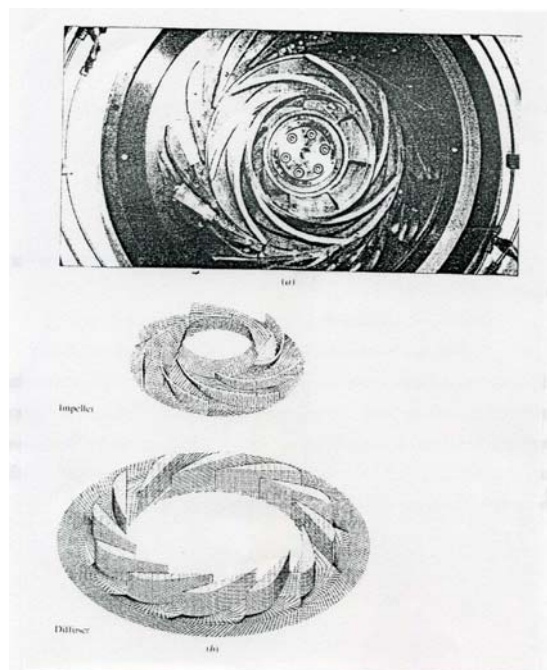


ภาพประกอบ 20 รูปด้านข้าง และด้านหน้าของปั๊มต่อเนื่องแบบแรงเหวี่ยง
ที่มา (ทวีช จิตรสมบูรณ์. 2547: 304)

จากภาพประกอบจะเห็นทางดูดของปั๊มอยู่ตรงท่อที่มีเลข 1 กำกับไว้ ส่วนทางส่งอยู่ตรงช่อง ที่มีเลข 2 กำกับไว้ ของไหลเข้าสู่ปั๊มตรงช่องทางหมายเลขหนึ่งซึ่งเรียกว่า ตา(eye) และจะถูกครีป (blade or vane) ที่วางตัวอยู่บนจานครีปหมุน(impeller) ซึ่งต่ออยู่กับเพลาส่งกำลังดีหมุน ทำให้เกิด แรงหนีศูนย์กลางในเนื้อของไหลและสลัดตัวออกไปทางแนวรัศมีด้านนอก(ดังนั้นจึงเรียกว่าเป็น radial pump) ดังที่แสดงในภาพ การหมุนเป็นการหมุนที่ตามเข็มนาฬิกาและจะเห็นว่าครีปมีความโค้ง และ

การโค้งนั้นหันไปทางด้านหลังของการหมุนซึ่งเรียกการโค้งแบบนี้ว่า ครีบโค้งหลัง(backward-curved blade) ในอีกสองลักษณะอาจจะเป็น ครีบตรง หรือ ครีบโค้งหน้า ก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปรกฏการออกแบบของวิศวกรผู้ออกแบบ การสลับของไหลออกด้วยอาการหมุนของครีบนั้นนอกจากทำให้เกิดการไหลแล้ว ยังเป็นเพิ่มความเร็วเชิงมุมให้ของไหลพร้อมกันไปด้วย เพราะของไหลถูกสลับออก และถูกตีให้หมุนพร้อมกันไป ซึ่งความเร็วเชิงมุมที่ได้มานี้เป็นการเพิ่มพลังงานจลน์ให้แก่ของไหลซึ่งสามารถถูกเปลี่ยนรูปให้ไปเป็นความดันได้โดยการไหลผ่านช่องขยายตัว ที่คลี่ออก และขยายออกไป (expanding scroll) ซึ่งมีลักษณะด้านนอกคล้ายเปลือกหอยโข่ง การขยายตัวออกในลักษณะนี้จัดเป็นช่องแพร่(diffuser) ชนิดหนึ่งซึ่งดิฟฟิวเซอร์โดยทั่วไปมีหลักการทำงานคือ การเพิ่มความดันให้กับการไหลโดยการลดความเร็วลง

ดังภาพประกอบต่อไปนี้



ภาพประกอบ 21 จานครีบนวน ครีบนวน และครีบนึง
ที่มา (ทวิช จิตรสมบัติ. 2547: 305)

จากภาพประกอบนอกจากจะมีครีบนวนที่หมุนไปพร้อมกับจานครีบนวนแล้ว ยังมีครีบนึงที่ไม่หมุนตัว(guide vanes) อีกด้วย ครีบนึงนี้ทำหน้าที่สองอย่างไปพร้อมๆกันคือ ช่วยพยุงของไหลให้ออกไปสู่ช่องขยายตัวอย่างนุ่มนวลซึ่งลดการสูญเสีย และพร้อมกันนั้นก็ทำหน้าที่ของดิฟฟิวเซอร์ไปในตัวด้วย การมีครีบนึงจะทำให้ประสิทธิภาพของปั๊มสูงขึ้น การวิเคราะห์ทฤษฎีการไหลของปั๊มแรงเหวี่ยง

ในรายละเอียด จะเป็นประโยชน์มากหากทำความเข้าใจในภาพรวมเสียก่อน โดยอาจหาสมการความสัมพันธ์พื้นฐานของพลังงาน ระหว่างจุด (1) และจุด (2) ทางดูด และทางส่ง ได้ดังนี้

$$H = \left(\frac{P}{\rho g} + \frac{V^2}{2g} + z \right)_2 - \left(\frac{P}{\rho g} + \frac{V^2}{2g} + z \right)_1 = h_s - h_f \quad (1)$$

เมื่อ h_s คือสูงหัวของพลังงานที่จานคريبหมุนส่งมอบให้แก่ของไหล และ h_f สูงหัวสูญเสีย(head loss) ในการไหลจากจุด (1) ไปจุด (2) เนื่องจากการไหลระหว่างจุดทั้งสองมีความสูงโครงสร้าง (elevation head) ไม่แตกต่างกันมากเมื่อเทียบกับสูงหัวของพลังงานปั๊ม และความเร็วที่ทางดูดกับทางส่งก็ไม่แตกต่างกันมากจึงอาจพิจารณาตัดปริมาณทั้งสองออกไปจากสมการได้ สมการจึงเหลือเพียง

$$H \approx \frac{P_2 - P_1}{\rho g} = \frac{\Delta P}{\rho g} \quad (2)$$

ดังนั้นสิ่งที่เรียกกันว่า สูงหัวปั๊ม(pump head) นี้จึงคือความแตกต่างของความดันระหว่างทางส่งกับทางดูดหารด้วยน้ำหนักจำเพาะ หรืออีกนัยหนึ่ง คือการเพิ่มขึ้นของสูงหัวแรงดัน(pressure head) และอาจกล่าวได้ว่าปั๊มที่มีสูงหัว(H) จะมีความสามารถส่งของไหลขึ้นไปสู่ที่สูงได้ (H) หน่วยความสูง และสามารถเขียนกำลังงานที่จานคريبหมุนให้แก่ของไหลได้ว่า

$$P_w = \rho g Q H \quad (3)$$

โดยนิยมให้นิยามพลังงานนี้ว่า พลังงานน้ำ (water power) ซึ่งเป็นพลังงานที่น้ำได้รับจากจานคريبหมุน (impeller) โดยตรง การที่ต้องระบุให้เด่นชัดว่าเป็นพลังงานน้ำ ก็เพราะต้องการชี้ให้เห็นว่าไม่ใช่

กำลังงานของเพลาลำดับจานครีบก้อน จากสมการข้างต้นนั้นเป็นความสัมพันธ์ในระดับกว้างไม่ได้บ่งบอกถึงกลไกในรายละเอียดว่าจานครีบก้อนส่งผ่านพลังงานให้กับของไหลอย่างไร จึงไม่สามารถนำไปช่วยออกแบบปั๊มได้ และทฤษฎีเพื่อการวิเคราะห์การไหลในระดับของจานครีบก้อน โดยจะเริ่มต้นด้วยการใช้สมการอนุรักษ์โมเมนตัมเชิงมุมระหว่างจุดที่ขอบด้านในของจานครีบก้อน กับจุดขอบด้านนอกของจานครีบก้อนเพื่อหาแรงบิดที่กระทำต่อของไหล(torque) ดังต่อไปนี้

$$T = \rho Q(r_2 V_{t2} - r_1 V_{t1})$$

(4)

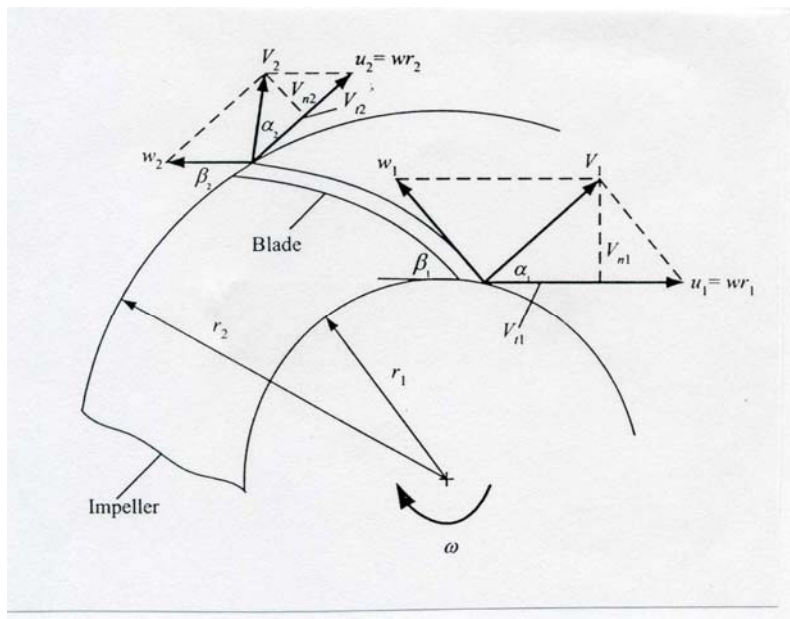
เมื่อ V_{t1} และ V_{t2} คือ ความเร็วสัมผัสของของไหลในแนวสัมผัสกับเส้นรอบวงของจานครีบก้อนที่ด้านใน และด้านนอกตามลำดับ พลังน้ำ(water power) และ สูงหัวน้ำ (water head) ที่น้ำได้รับอาจหาได้จากค่านีมาดังนี้

$$P_w = \rho g Q H = \omega T = \rho Q(u_2 V_{t2} - u_1 V_{t1})$$

$$\text{หรือ } H = \frac{P_w}{\rho g Q} = \frac{1}{g}(u_2 V_{t2} - u_1 V_{t1})$$

(5)

ทั้งนี้ได้ใช้ความสัมพันธ์ $u = \omega r$ (เมื่อ u คือความเร็วเชิงเส้นของจานครีบก้อนที่รัศมี r) สมการนี้แสดงให้เห็นว่าพลังงานน้ำขึ้นอยู่กับการเคลื่อนที่ของจานครีบก้อน (u) และความเร็วแนวสัมผัสของของไหลเท่านั้น (V_t) โดยไม่ขึ้นอยู่กับการเคลื่อนที่ในแนวรัศมี หรือความเร็วในแนวแกน ซึ่งหลักการทำงานของปั๊มชนิดนี้คือการถ่ายโอนความเร็วเชิงมุมไปเป็นพลังงานในการไหลและเวกเตอร์ความเร็วที่ขอบจานครีบก้อนด้านใน และด้านนอก ได้แสดงภาพประกอบดังต่อไปนี้



ภาพประกอบ 22 โครงเวคเตอร์ความเร็วตรงทางเข้าและทางออกของจานครีปหมุน
ที่มา(ทวิช จิตรสมบูรณ์. 2547: 308)

แทนค่าสัญลักษณ์

- u คือความเร็วเชิงเส้นของจานครีปหมุน(และครีปหมุน)
- V คือความเร็วสัมบูรณ์ของของไหล
- V_t คือความเร็วสัมบูรณ์ตามแนวสัมผัสเส้นรอบวงของจานครีปหมุน
- V_n คือความเร็วสัมบูรณ์ตามแนวตั้งฉากเส้นรอบวงของจานครีปหมุน
- W คือความเร็วสัมพัทธ์ของของไหลที่เห็นโดยผู้สังเกตการณ์ที่เคลื่อนไปพร้อมจานครีปหมุน

ทิศทางของเวคเตอร์ที่ระบุไว้ในรูปนั้น เป็นไปตามปรัชญาการออกแบบเพื่อให้ความเร็วสัมบูรณ์ตรงทางเข้าเฉไปทางขวาในขนาด และทิศทางอันพอเหมาะเพื่อทำให้เกิดความเร็วสัมพัทธ์ในแนวเอียงที่ตรงกับแนวเอียงของครีปพอดี เช่น ตรงทางออกนั้นจะเห็นว่าความเร็วสัมพัทธ์ตรงทางออก (w_2) เป็นมุมเดียวกับมุมเอียงของครีป และหน้าที่อันเที่ยงตรงของครีปก็คือการทำให้ของไหลเคลื่อนตัวไปตามแนวทางของครีปนั่นเอง (ทวิช จิตรสมบูรณ์. 2547:304 -308) และลักษณะของครีปใบโค้งของปั๊มต่อเนื่องแนวรัศมี(Radial Dynamic Pump) จะมีลักษณะเช่นเดียวกับครีปใบพัดของท่อสูบน้ำแบบหอยโข่งอย่างมาก ดังภาพประกอบต่อไปนี้



ภาพประกอบ 23 โครงใบพัด และครีบบใบพัดท่อสูบแบบหอยโข่ง

เมื่อพิจารณาภาพประกอบจะเห็นส่วนของจานใบพัด ครีบบใบพัด และตัวโครงใบพัด ประกอบอยู่ร่วมกัน ซึ่งในกรณีที่ท่อสูบน้ำแบบหอยโข่งทำงานจะเกิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง แรงดูดน้ำเข้าสู่โครงใบพัด และแรงดันส่งน้ำภายในท่อทำการไหล (ตัวท่อสูบน้ำ) เป็นลำดับ ดังนี้

4.4 แกนเพลลาหมุนด้วยแรงจุดจากเครื่องยนต์ ตัวจานใบพัดที่มีครีบบใบพัดเชื่อมติดอยู่จะหมุนตข้มนาฬิกาสร้างแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางสลัดน้ำออกทางปลายครีบบใบพัด กระแสน้ำจะเข้าอัดบริเวณผนังของโครงใบพัดที่มีลักษณะคล้ายกับเปลือกหอยโข่ง เกิดแรงดันกระแสน้ำไหลออกจากโครงใบพัดในแนวตั้งฉากกับการหมุนเหวี่ยงของครีบบใบพัด

4.5 แรงดูดน้ำเข้าสู่โครงใบพัด เกิดจากบริเวณช่องว่างของโพรงน้ำ (กลางจานใบพัด) ในขณะที่จานใบพัดหมุนสร้างแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางกระแสน้ำจะถูกสลัดผ่านช่องครีบบใบพัดทำให้เกิดโพรงว่างบริเวณกลางจานใบพัด และกระแสน้ำจากภายนอกตัวโครงใบพัดจะไหลเข้ามาแทนที่จึงเกิดเป็นแรงดูดน้ำขึ้นภายในโครงใบพัดของท่อสูบน้ำแบบหอยโข่ง

4.5 แรงดันน้ำ คือ แรงดันที่ได้รับจากแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางของครีบบใบพัด ผ่านการอัดและขยายตัวออกที่บริเวณโครงใบพัดที่มีลักษณะคล้ายเปลือกหอยโข่ง และมีทิศทางการไหลภายในท่อส่งน้ำตั้งฉากกับแนวของแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง

จากที่กล่าวในข้างต้นจะเห็นได้ว่าการทำงานของปั๊มต่อเนื่องแนวรัศมี และท่อสูบน้ำแบบหอยโข่งจะใช้หลักการทำงานด้วยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางเหมือนกัน แต่จะมีข้อแตกต่างกันในทิศทางการไหลของกระแสน้ำภายในท่อ คือ ปั๊มต่อเนื่องแนวรัศมีจะมีกระแสแรงดันน้ำไหลออกไปในท่อส่ง

แนวทางเดียวกับแรงเหวี่ยงของปลายครีบบีพัด ขณะที่ท่อสูบน้ำแบบหอยโข่งมีกระแสแรงดันน้ำไหลออกไปในท่อส่งแนวตั้งฉากกับแรงเหวี่ยงของปลายครีบบีพัด ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ใช้หลักการของห้องกั้นที่มีส่วนขยายกว้าง(Single Expansion chamber) ลักษณะทรงกระบอกกลวงมาขึ้นรูปเป็นโครงสร้างภายนอก และใช้หลักการสร้างแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางจากปลายครีบบีโค้งที่มีลักษณะคล้ายกับบีพัดท่อสูบน้ำแบบหอยโข่ง มาประกอบเป็นโครงสร้างภายใน เพื่อนำการไหลเหวี่ยงของก๊าซไอเสียที่ผ่านทางช่องครีบบีตามแนวโค้งปลายครีบบี และเข้าอัดบริเวณผนังสองชั้น และเมื่อเกิดการสะสมเขม่าควันดำมากขึ้น สามารถถอดโครงสร้างห้องกั้นที่ 2 ออกมาล้างทำความสะอาดได้

5. เกณฑ์มาตรฐานการตรวจวัดค่าควันดำ และเสียงดัง ของกรมการขนส่งทางบก

การกำหนดเกณฑ์มาตรฐาน ค่าควันดำจากท่อไอเสียของรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล และมาตรฐานระดับเสียงของรถยนต์ ของกรมการขนส่งทางบก ตามประกาศของกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม (ฉบับที่ 4 พ. ศ. 2541) มีดังต่อไปนี้

5.1 การกำหนดเกณฑ์มาตรฐาน ค่าควันดำจากท่อไอเสียของรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล

5.1.1 ระดับค่าควันดำ คือ ค่าของแสงที่สะท้อนจากกระดาดากรอง วัดด้วยเครื่องมือวัดระบบบ๊อช (bosh filter type smoke meter) เกณฑ์มาตรฐานไม่เกิน ร้อยละ 50 ขณะเครื่องยนต์ไม่มีภาระ

5.1.1.1 ขณะเครื่องยนต์ไม่มีภาระ

5.1.1.2 จัดเตรียมรถยนต์ และเครื่องมือที่ใช้วัดควันดำ

5.1.1.3 จอดยานพาหนะอยู่กับที่ในตำแหน่งเกียร์ว่าง

5.1.1.4 เร่งเครื่องยนต์อย่างรวดเร็วจนสุดคันเร่ง พร้อมตรวจวัดควันดำ

กรณีตรวจวัดด้วยเครื่องมือวัดควันดำระบบวัดความทึบแสง ไหลผ่านทั้งหมด หรือแบบไหลผ่านบางส่วน ให้บันทึกค่าสูงสุดของควันดำที่ตรวจวัดได้ และกรณีตรวจวัดด้วยเครื่องมือวัดควันดำระบบกระดาดากรอง (Filter) ให้เก็บตัวอย่างควันดำลงกระดาดากรองขณะเริ่มกดคันเร่ง และ ให้วัดควันดำ 2 ครั้ง โดยใช้ค่าสูงสุดที่วัดได้เป็นเกณฑ์ตัดสิน ซึ่งถ้าค่าควันดำที่วัดได้ทั้ง 2 ครั้ง แตกต่างกันเกินร้อยละ 5 ให้วัดค่าควันดำใหม่

5.1.2 ระดับค่าควันดำ คือ ค่าของแสงที่สะท้อนจากกระดาดากรอง วัดด้วยเครื่องมือวัดระบบบ๊อช (bosh filter type smoke meter) เกณฑ์มาตรฐานไม่เกิน ร้อยละ 40 ขณะเครื่องยนต์มีภาระ และอยู่บนเครื่องทดสอบ ให้ดำเนินการดังต่อไปนี้

5.1.2.1 จัดเตรียมรถยนต์ และเครื่องมือที่ใช้วัดควันดำ

5.1.2.2 จัดล้อส่งกำลังของเครื่องยนต์ที่จะตรวจวัดควันดำอยู่บนลูกกลิ้ง(Roller Unit) ของเครื่องทดสอบ

5.1.2.3 ให้เร่งเครื่องยนต์เพื่อขับเคลื่อนล้อไปตามปกติ พร้อมใส่ภาระให้กับเครื่องยนต์ จนกระทั่งเครื่องยนต์อยู่ในสภาวะภาระสูงสุด

5.1.2.4 หลังจากนั้นให้ลดความเร็วรอบของเครื่องยนต์ลงมาเหลือร้อยละ 60 พร้อมดำเนินการตรวจวัดควันดำ หลังจากที่ได้คงความเร็วรอบของเครื่องยนต์ในระดับนั้นไว้แล้วไม่น้อยกว่า 5 วินาที ซึ่งกรณีตรวจวัดด้วยเครื่องมือวัดควันดำระบบวัดความทึบแสง ไหลผ่านทั้งหมด หรือแบบไหลผ่านบางส่วน ให้บันทึกค่าสูงสุดของควันดำที่ตรวจวัดได้ และกรณีตรวจวัดด้วยเครื่องมือวัดควันดำระบบกระดาษกรอง (Filter) ให้เก็บตัวอย่างควันดำลงกระดาษกรองทำการวัดค่าควันดำสองครั้ง และให้ใช้ค่าเฉลี่ยเป็นเกณฑ์ตัดสิน

5.2 การกำหนดเกณฑ์มาตรฐาน ค่าควันดำจากท่อไอเสียของรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์ดีเซล

5.2.1 ระดับค่าเสียงดัง คือ ระดับค่าเสียงที่วัดด้วยเครื่องมือวัดเทียบเท่ามาตรฐาน I E C (international electrotechnical commission) เกณฑ์มาตรฐานไม่เกิน 85 เดซิเบล ในระยะห่าง 7.5 เมตร และ 100 เดซิเบล ในระยะห่าง 0.5 เมตร ที่ปลายไอเสียออก และกำหนดวิธีการตรวจวัดระดับค่าเสียงดังของรถยนต์ ดังต่อไปนี้

5.2.1.1 รถยนต์ที่ใช้ในทางขณะที่เดินเครื่องยนต์อยู่กับที่โดยไม่รวมเสียงแทรกสัญญาณจะต้องมีระดับค่าเสียงไม่เกิน

5.2.1.2 ระดับ 85 เดซิเบล เอ เมื่อตรวจสอบค่าระดับเสียงในระยะห่างจากรถยนต์นั้น 7.5 เมตร

5.2.1.3 ระดับ 100 เดซิเบล เอ เมื่อตรวจสอบค่าระดับเสียงในระยะห่างจากรถยนต์นั้น 0.5 เมตร

5.2.1.4 ให้ทำการตรวจสอบค่าระดับเสียงของสภาพแวดล้อม และลมในขณะนั้นก่อน

5.2.1.5 ให้จอดรถยนต์อยู่กับที่ในตำแหน่งเกียร์ว่าง และเดินเครื่องยนต์ไม่น้อยกว่า 5 นาทีก่อนทำการตรวจสอบ ถ้ามีขอบทางเท้าจะต้องจอดห่างอย่างน้อย 1 เมตร

5.2.1.6 หันแกนความไวสูงสุดของไมโครโฟน เข้าหารถยนต์ที่จะทำการตรวจวัด ตามตำแหน่งระยะ และวิธีที่กรมควบคุมมลพิษกำหนด

5.2.1.7 แรงเครื่องยนต์ให้มีความเร็วรอบ เท่ากับความเร็วรอบสูงสุดของรถยนต์ (เครื่องยนต์ดีเซล)

5.2.1.8 ตรวจสอบค่าระดับเสียง 2 ครั้ง และถือเอาค่าสูงสุดที่วัดได้เป็นค่าระดับเสียงรถยนต์

5.2.1.9 ถ้าค่าระดับเสียงที่ตรวจทั้ง 2 ครั้งแตกต่างกันเกิน 2 เดซิเบล เอ ให้เริ่มตรวจสอบใหม่

6. เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ภายในประเทศ

ประชาสันติ ไตรยสุทธิ์ (2541) ได้ออกแบบอุปกรณ์กรองควันดำเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้ในการทดลอง มีส่วนประกอบที่สำคัญคือ เปลือกนอกของอุปกรณ์ ส่วนประกอบภายในจะมีแผ่นกันอุปกรณ์กรอง แบ่งเป็น 5 ส่วน คือห้องกรองไอเสียส่วนแรก ห้องกรองไอเสียส่วนกลาง ห้องไอเสียส่วนกลางบน ห้องไอเสียส่วนกลางล่าง และห้องไอเสียส่วนท้าย ระหว่างห้องไอเสียส่วนกลางบน กับส่วนกลาง และส่วนกลางล่าง กับส่วนกลางจะมีรางสำหรับใส่ไส้กรอง เพื่อแยกไอเสียทั้งสองออกจากห้องไอเสียส่วนกลาง ซึ่งไส้กรองจะมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า ส่วนนอกเป็นโลหะพูน ระหว่างกลางมีแผ่นใยกรองทนความร้อนสูง สองชนิดประกบกันอยู่เป็นชั้น เมื่อไอเสียออกจากเครื่องยนต์ จะผ่านไปตามท่อไอเสียเข้าสู่ห้องไอเสียส่วนแรกของอุปกรณ์กรอง ห้องไอเสียส่วนแรกนี้จะทำหน้าที่รับความดัน และลดความเร็วของไอเสีย จากนั้นจะไหลผ่านเข้าสู่ห้องไอเสียส่วนกลาง และไอเสียจะถูกบังคับให้ไหลผ่านไส้กรองที่วางกันอยู่ระหว่างห้องไอเสียส่วนกลางบน และส่วนกลางล่าง เพื่อกกรองเขม่าควันดำออกจากไอเสีย ซึ่งไอเสียที่ผ่านการกรองแล้วจะไหลเข้าสู่ห้องไอเสียส่วนท้าย และผ่านสู่ท่อไอเสียออกสู่บรรยากาศภายนอก จากผลการทดสอบสรุปได้ว่า อุปกรณ์กรองควันดำมีประสิทธิภาพการกรองควันดำได้ในระดับหนึ่ง และไส้กรองมีอายุการใช้งาน 100 – 150 ชั่วโมงการทดลอง หรือ 4-5 เดือน

บุญชัย ตันติกรกุล (2546) ได้ออกแบบอุปกรณ์กรองควันดำเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้ในการทดลอง ประกอบด้วยสองส่วน คือตัวโครงภายนอก และไส้กรอง ตัวโครงทำด้วยเหล็กแผ่น ด้านหน้า และด้านหลังสามารถถอดออกจากส่วนกลางได้ สำหรับถอดไส้กรองออกทำความสะอาดได้ มีการเจาะรูไว้ด้านหน้า และด้านหลังสำหรับต่อมานอมิเตอร์เพื่อวัดความดันย้อนกลับของตัวอุปกรณ์ โดยที่ไส้กรองทำจากเซรามิคมีลักษณะคล้ายรังผึ้ง แบ่งออกเป็นแต่ละช่องเซลล์ ผังของแต่ละเซลล์มีลักษณะพูน มีความละเอียดสูงมาก ทนต่ออุณหภูมิสูงมากกว่า 1000 องศาเซลเซียส และเนื้อวัสดุมีความแข็งแรง

สามารถทนแรงดันของไอเสียที่ไหลผ่านได้ ผลจากการทดสอบไส้กรองเซรามิกมีประสิทธิภาพการกรองมากกว่า 90% , ความดันย้อนกลับจากไส้กรองใหม่มีค่าเป็น 0.639 psi ที่ 1000 รอบ/นาที่ และ 1.44 psi ที่ 3000 รอบ/ นาที่ การผสมน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ที่ 10 และ 20% โดยปริมาตร ลดปริมาณควันดำลงได้ 20 – 30% เทียบกับการใช้น้ำมันดีเซลล้วน โดยที่การลดลงของควันดำนี้มีค่ามากกว่าการผสมน้ำมันปาล์ม 5% การใช้อุปกรณ์กรองควันดำร่วมกับน้ำมันปาล์มดีเซล สามารถลดควันดำลงได้มากกว่าการใช้น้ำมันดีเซล ส่วนปริมาณแก๊ส CO,CO₂ และ NO_x จากการผสมที่ทุกอัตราส่วน มีค่าไม่แตกต่างจากการใช้น้ำมันดีเซล ด้านสมรรถนะและอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจากการใช้อุปกรณ์กรองควันดำและน้ำมันปาล์มดีเซล ไม่แสดงความแตกต่างใดๆ

สุทธิวงศ์ ไตรยุทธิ, เรืออากาศโท (2541) ได้ออกแบบ เครื่องกรอง ควันดำแบบเปียกสำหรับเครื่องยนต์ดีเซล ที่ใช้ในการทดลอง มีส่วนประกอบที่สำคัญคือโครงสร้างโลหะภายนอกรูปทรงสี่เหลี่ยม มีขนาดกว้าง 30 cm ยาว 50 cm และสูง 25 cm และบรรจุเหล็กตะแกรงลดการกระเด็นของน้ำเอาไว้ตัวกรองแบบเปียก โดยที่พื้นต่ำกว่าระดับน้ำจะมีน้ำท่อน้ำไอเสีย ขนาดเล็กเจาะรูพรุนวางเรียงกันจำนวนมาก เพื่อกระจายไอเสียจากเครื่องยนต์ให้สัมผัสกับน้ำได้มากที่สุด และเมื่อไอเสียถูกดันผ่านน้ำจะเกิดการกรองเขม่าควันดำ และไอเสียที่ผ่านการกรองแล้วจะไหลขึ้นสู่ส่วนบนของภายในโครงสร้างออกไปสู่ท่อไอเสีย โดยการทดลองจะให้ก๊าซไอเสียจากเครื่องยนต์ดีเซล ไหลผ่านตัวกรองแบบเปียกที่ติดตั้ง แทนหม้อพักไอเสียก่อนปล่อยออกสู่บรรยากาศ พบว่าปริมาณควันดำลดลงประมาณ 30%-40% ของปริมาณควันที่เข้าตัวกรอง ในระบบ HARTRIDGE ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระดับน้ำเหนือหัวกระจายไอเสียชั่วโมงการทำงานและความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ความดันย้อนกลับของก๊าซไอเสียจากตัวกรองแบบเปียกแปรผันตรงกับระดับความสูงของน้ำในตัวกรองและความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ความดันย้อนกลับเนื่องจากตัวกรองแบบเปียกมีผลกระทบต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์น้อยมาก

ไพธชา สุดล้วนสี และเพื่อน (2540) ศึกษาและเปรียบเทียบ สมรรถนะ ของท่อเก็บเสียงแบบต่างๆ โดยการออกแบบ และสร้างท่อไอเสียจากทฤษฎี Reactive type คือใช้หลักการทำให้พลังงานของเสียงลดลงโดยการสะท้อนของคลื่นเสียงให้มาหักล้างพลังงานของเสียงกันเอง โดยออกแบบอุปกรณ์ทดลองมีลักษณะเป็นห้องกันที่มีส่วนขยายกว้าง(Single Expansion Chamber) ตามสมการคำนวณหาขนาดท่อเก็บเสียงแบบ Reactive type และสร้างหม้อพักไอเสียจากทฤษฎี Dissipative type คือใช้หลักการทำให้พลังงานเสียงลดลงโดยการใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติในการดูดซับเสียงมาติดตั้งบริเวณที่มีคลื่นเสียงเดินทางผ่าน วัสดุซับเสียงจะเปลี่ยนพลังงานของเสียงให้เปลี่ยนเป็นพลังงานรูปอื่น และสร้างหม้อพักไอเสียแบบ Perforate คือใช้หลักการของ ทฤษฎี Reactive type และจากทฤษฎี Dissipative type ประยุกต์รวมกันโดยทำการศึกษาความเปลี่ยนแปลงความถี่ ของหม้อพักไอเสีย

ทั้ง 3 แบบ และประสิทธิภาพหม้อพักไอเสียที่ใช้คุณสมบัติของเสียงวัดในขณะไม่ติดตั้งท่อเก็บเสียงเป็นฐานในการเปรียบเทียบ ซึ่งวัตถุประสงค์ของโครงการนี้คือ การอธิบายหลักการทำงานและหาสมรรถนะของท่อเก็บเสียงแบบ passive ซึ่งแบ่งเป็น 2 ชนิดคือ dissipative และ reactive เทียบกับขณะไม่ติดตั้งท่อเก็บเสียง นอกจากนี้ยังได้ศึกษาพฤติกรรมของเสียงว่ามีความสัมพันธ์กับความเร็วรอบเครื่องยนต์อย่างไรเมื่อความเร็วรอบของเครื่องยนต์เปลี่ยนไป ในการอธิบายหลักการลดเสียงจะใช้คุณสมบัติของเสียงคือ ความถี่และ amplitude ช่วยในการวิเคราะห์ ในการทดลองได้ใช้เครื่องยนต์ diesel 4 จังหวะ 1 กระบอกสูบเป็นแหล่งกำเนิดเสียง ทำการ sampling สัญญาณด้วย board DAS-1601 วิเคราะห์สัญญาณด้วย Fast Fourier Transform และได้ออกแบบท่อเก็บเสียงทั้งแบบ reactive และ dissipative จากการทดลอง ท่อเก็บเสียงแบบ dissipative มีสมรรถนะในการลดเสียงดีกว่าท่อเก็บเสียงแบบ reactive เมื่อควบคุมเงื่อนไขอื่นๆ ให้คงที่

ภาณุรักษ์ ชูแก้ว และเพื่อน (2544) ศึกษาการลดเสียงจากเครื่องยนต์ 2 (โครงการต่อเนื่อง) โดยการสร้างและออกแบบท่อไอเสียด้วยหลักการของห้องกันที่มีส่วนขยายกว้าง (Single Expansion Chamber) และ (Multiple Expansion Chamber) ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง และความยาวแตกต่างกัน 6 แบบ คือ

- 1 แบบ (Single Expansion Chamber) เส้นผ่าศูนย์กลาง $M=4$ ยาว 0.5 ฟุต
- 2 แบบ (Single Expansion Chamber) เส้นผ่าศูนย์กลาง $M=4$ ยาว 1 ฟุต
- 3 แบบ (Single Expansion Chamber) เส้นผ่าศูนย์กลาง $M=4$ ยาว 1.5 ฟุต
- 4 แบบ (Single Expansion Chamber) เส้นผ่าศูนย์กลาง $M=6$ ยาว 1 ฟุต
- 5 แบบ (Multiple Expansion Chamber) เส้นผ่าศูนย์กลาง $M=4$ ยาว 1.5 ฟุต แบ่ง 2 ห้อง
- 6 แบบ (Multiple Expansion Chamber) เส้นผ่าศูนย์กลาง $M=4$ ยาว 1.5 ฟุต แบ่ง 3 ห้อง

โดยการทดลองมุ่งเน้นศึกษาความสามารถในการลดเสียงของท่อไอเสียชนิดต่างๆ ว่าเมื่อเปลี่ยนค่าตัวแปรที่มีผลต่อการลดเสียงของท่อไอเสียบางค่าไป แล้วคงที่ค่าตัวแปรอื่นๆ ไว้ ความสามารถในการลดเสียงของท่อไอเสียนั้นจะมีการเปลี่ยนแปลง และมีแนวโน้มเป็นเช่นไร รวมถึงศึกษาพฤติกรรมของเสียงรบกวนที่เกิดจากเครื่องยนต์ดีเซล 1 สูบขนาด 7 แรงม้า (เครื่องยนต์รถไถแบบเดินตาม) ว่า ตัวแปรใดบ้างที่มีผลต่อการลดระดับของเสียงรบกวน พร้อมทั้งสร้างอุปกรณ์เป็นชุดทดสอบกำลังของเครื่องยนต์ เนื่องจากการนำท่อไอเสียมาติดตั้งกับเครื่องยนต์นั้น เหมือนกับการนำวัตถุมาขึ้นทางออกของไอเสียให้ออกได้ไม่สะดวก ซึ่งมีผลต่อกำลังของเครื่องยนต์ และจากการศึกษาและทดลองท่อไอเสียแบบต่างๆ พบว่าท่อไอเสียมีความสามารถในการลดเสียงได้แตกต่างกัน ความแตกต่างๆ ของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อไอเสีย และความยาวท่อไอเสียมีผลต่อการลดระดับเสียง

ภาวศิลป์ เกิดอินทร์ (2544) ได้ออกแบบและสร้างหม้อกรองไอเสีย สำหรับเครื่องยนต์ดีเซล โดยใช้น้ำเป็นตัวกรองเขม่าควันดำ ภายใต้หลักการของเครื่องสัมผัสแบบเปียก(Scrubber or wet collectors) ประยุกต์กับภูมิปัญญาท้องถิ่น ในการออกแบบหม้อกรองไอเสียที่ใช้ทดลองจะกำหนด ปริมาตรตามสมการการหาปริมาตรหม้อพัก ของบริษัทโดนัลสัน และมีขนาดกว้าง 40 cm ยาว 70 cm สูง 42 cm ทรงสี่เหลี่ยม มีท่อนำไอเสียเข้าทางส่วนล่าง ซึ่งถูกเจาะรูพูนวางต่ำกว่าระดับน้ำ และ บริเวณเหนือระดับน้ำจะมีแผ่นตะแกรงบรรจุฝอยสแตนเลสวางกั้นน้ำกระเด็น ส่วนบนสุดเป็นท่อ ทางออกของไอเสีย โดยการทดสอบใช้รถยนต์ 6 ล้อ เครื่องยนต์ดีเซล ขนาดกำลัง 100 แรงม้า มีผล การทดสอบสรุปได้ว่า ผ่านเกณฑ์มาตรฐานของกรมการขนส่งทางบก ทั้งปริมาณควันดำ และระดับเสียง ที่วัดได้ และประเมินลักษณะทางกายภาพของหม้อกรองไอเสียๆ โดยผู้เชี่ยวชาญได้ภาพรวมอยู่ใน ระดับดี

บริษัท เอส ที เอส เอ็นจิเนียริง คอนซัลแตนท์ จำกัด (2541) ได้ทำโครงการพัฒนา และสร้าง ระบบลดระดับเสียง ของเรือหางยาว โดยออกแบบ และสร้างหม้อพักไอเสีย แบบผสม มีลักษณะเป็น ทรงกลม ที่แบ่งห้องกันสามตอน คือ ตอนแรกใช้ท่อนำการไหลเจาะรูพูน ให้แรงดันก๊าซไอเสียไหลผ่าน เพื่อลดแรงดันลง ตอนที่สองเป็นห้องกลวงโล่ง เพื่อให้เกิดการสะท้อนคลื่นแรงดันไอเสีย และตอนที่สาม ใช้วัสดุซับเสียง(ใยแก้ว) โดยมีผลที่คาดว่าจะได้รับ คือระบบลดระดับเสียงของเรือหางยาวที่มี ประสิทธิภาพ มีความเหมาะสมและมีความเป็นไปได้ที่จะนำมาใช้งานกับเรือหางยาว

ต่างประเทศ

บริษัทโดนัลสัน จำกัด แห่งสหรัฐอเมริกา (WWW. Donaldson. Com)ได้พัฒนาหม้อพักไอเสียขึ้นใช้งานกับรถบรรทุกขนาดใหญ่ โดยอาจใช้ลักษณะการแบ่งห้องกันภายใน และวัสดุซับเสียง ประยุกต์รวมกัน หรืออาจเรียกว่าแบบผสม(Combination) เพื่อลดเสียงดังจากเครื่องยนต์ดีเซล นอกจากนี้ยังได้พัฒนารูปแบบการกรองอนุภาคคาร์บอน(เขม่าควันดำ) จากเครื่องยนต์ดีเซล ของรถบัสนักเรียน และรถบรรทุก โดยการใช้นาโนไฟเบอร์ (Nanofiber glass) เป็นโครงสร้างชั้นกรองหลายชั้นตอน (Diesel Multi-stage Filter (DMF) Muffler) ที่มีลักษณะช่องสี่เหลี่ยมขนาดเล็กจำนวนมาก บรรจุในทรงกระบอกให้ควันไอเสียไหลผ่านทุกส่วน มีประสิทธิภาพการกรองอนุภาคคาร์บอนมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ และปรับสภาพก๊าซไฮโดรคาร์บอน คาร์บอนมอนอกไซด์ ไนโตรเจนออกไซด์ ให้เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ ด้วยสารคะตะไลต์(Catalyst) ภายในโครงสร้างของหม้อพักไอเสีย และถอดเปลี่ยนโครงสร้างของชั้นกรองได้

มหาวิทยาลัยไดาโฮ (University of Idaho) แห่งสหรัฐอเมริกา (WWW. Seniordesign.engr.uidaho.edu)ได้ออกแบบ และทดสอบหม้อพักไอเสียแบบ Single Expansion

Chamber รูปทรงกระบอก และทดสอบความถี่ของเสียงกับเครื่องยนต์ทดสอบขนาด 440 cc มีผล การทดสอบ คือระดับเสียงดัง ประมาณ 72-85 เดซิเบล และสร้างหม้อพักไอเสียรูปทรงสี่เหลี่ยม ซึ่งบุ ผนังด้วยวัสดุซับเสียง(Fiberglass) และทดสอบความถี่สูงของเสียง กับเครื่องยนต์ทดสอบขนาด 600 cc มีผลทดสอบ คือ สามารถลดเสียงดังลงได้ประมาณ 15-20 เดซิเบล

บริษัทไลพท จำกัด แห่งสหรัฐอเมริกา (WWW. Dieselnet.com) ได้พัฒนาหม้อพักไอเสีย ขึ้นใช้งานกับเครื่องยนต์ดีเซลงานหนัก โดยที่โครงสร้างของหม้อพักไอเสียประกอบด้วยชุดอุปกรณ์ให้ความร้อน(Heater) ทำหน้าที่เผาทำลายเขม่าควันดำ ชุดอุปกรณ์โอเลททรอนิกส์ และวงจรควบคุม ทำหน้าที่ควบคุมแรงดัน และอุณหภูมิไอเสีย ห้องกรองด้วยเส้นใยโลหะ ทำหน้าที่กรองเขม่าควันไอเสีย นอกจากนี้ยังสามารถนำไปใช้ประยุกต์กับชุดโครงสร้างที่มีสารคะตะไลต์(Catalyst) ได้เป็นอย่างดี และหม้อพักไอเสียชนิดนี้มีชื่อเฉพาะทางการค้า คือ The RYPOS DPF (RYPOS Diesel Particulate Filter)

จากการศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยได้ นำหลักการของห้องกันที่มีส่วนขยาย กว้าง(Single expansion chamber) มาเป็นโครงสร้างภายนอกหม้อพักไอเสีย ใช้เหล็กแผ่นขึ้น รูปลักษณะทรงกระบอกกลวง มีปริมาตรภายในตามข้อเสนอแนะของ เฮร์เบิร์ต มาร์ติน (Herbert Martin , 1965) จะต้องมีความประมาณ 3.5 – 4.5 เท่า ของขนาดความจุกระบอกสูบเครื่องยนต์ จึง จะทำให้ประสิทธิภาพของหม้อพักฯ สูง และนำหลักการ สร้างแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางจากปลายครีป โค้งที่มีลักษณะคล้ายกับใบพัดท่อสูบน้ำแบบหอยโข่ง มาประกอบเป็นโครงสร้างภายใน เพื่อนำการ ไหลเหวี่ยงของก๊าซไอเสียที่ผ่านทางช่องครีปตามแนวโค้งปลายครีป และเข้าอัดบริเวณผนังสองชั้น และเมื่อเกิดการสะสมเขม่าควันดำมากขึ้น สามารถถอดโครงสร้างห้องกันที่ 2 ออกมาล้างทำความสะอาดได้ และการพัฒนาหม้อพักไอเสียแบบผสมสำหรับรถยนต์เครื่องยนต์ดีเซลครั้งนี้ วัด ประสิทธิภาพ ตามเกณฑ์มาตรฐานการทดสอบวัดค่าควันดำ และเสียงดังของกรมการขนส่งทางบก

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยดำเนินการพัฒนาหม้อพักไอเสียแบบผสม สำหรับรถยนต์เครื่องยนต์ดีเซล ดังต่อไปนี้

1. เกณฑ์ข้อกำหนดของการพัฒนาหม้อพักไอเสียแบบผสมฯ ในการวิจัย
2. ลำดับขั้นตอนในการวิจัย
 - 2.1 ศึกษาปัญหา และโครงสร้างภายในของหม้อพักไอเสียทั่วไป
 - 2.2 ศึกษาหลักการ และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาหม้อพักไอเสีย
 - 2.3 การออกแบบโครงสร้างของหม้อพักไอเสียแบบผสมฯ
 - 2.4 กำหนดวัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือ
 - 2.5 กำหนดระยะเวลา และสถานที่
 - 2.6 ดำเนินการพัฒนาหม้อพักไอเสียแบบผสมฯ
 - 2.7 วัดประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐานของกรมการขนส่งทางบก
 - 2.8 ได้หม้อพักไอเสียแบบผสม สำหรับรถยนต์เครื่องยนต์ดีเซล

1. เกณฑ์ข้อกำหนดของการพัฒนาหม้อพักไอเสียแบบผสมฯ ในการวิจัย

1.1 ผู้วิจัยได้นำหลักการของห้องกันที่มีส่วนขยายกว้าง (Single Expansion Chamber) ซึ่งมีลักษณะเป็นทรงกระบอกกลวง และกำหนดปริมาตรภายในทรงกระบอกตามข้อเสนอแนะของ เฮร์เบิร์ต มาร์ติน (Herbert Martin) จะต้องมีความหนาประมาณ 3.5 – 4.5 เท่า ของขนาดความจุกระบอกสูบเครื่องยนต์ จึงจะทำให้ประสิทธิภาพหม้อพักไอเสียสูง (กรมควบคุมมลพิษ โดยบริษัท เอส ที เอส เอ็นจิเนียริง : 5 – 14) ดังนั้น ผู้วิจัยจึงใช้สูตร $\pi r^2 \cdot h$ ในการ คำนวณ ปริมาตรภายในของหม้อพักไอเสีย แบบผสมฯ ดังต่อไปนี้

คำนวณปริมาตรภายในของหม้อพักไอเสีย แบบผสมฯ

แทนค่า π เท่ากับ 3.14

r^2 คือ รัศมีของเส้นผ่าศูนย์กลางหม้อพักไอเสียแบบผสมฯ

h คือ ความยาวของหม้อพักไอเสียแบบผสมฯ

v คือ ปริมาตรของหม้อพักไอเสียแบบผสมฯ

การคำนวณหาปริมาตรภายในของหม้อพักไอเสียแบบผสมฯ

$$\begin{aligned}\text{จากสูตร } v &= \pi r^2 \cdot h \\ &= 3.14 \cdot (7.5)^2 \cdot 50\end{aligned}$$

$$= 8831.25 \text{ ลูกบาศก์เซนติเมตร}$$

กำหนดปริมาตร ประมาณ 3.6 เท่า ของความจุระบอสูบเครื่องยนต์ทดสอบ

$$= 8831.25 / 3.6$$

$$= 2453.12 \text{ ลูกบาศก์เซนติเมตร}$$

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงกำหนดเส้นผ่าศูนย์กลางหม้อพักไอเสียแบบผสม เท่ากับ 15 เซนติเมตร และความยาว 50 เซนติเมตร

1.2 ผู้วิจัยได้นำหลักการสร้างแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางจากปลายแผ่นครีบกึ่งของใบพัดท่อสูบน้ำแบบหอยโข่ง ทำหน้าที่พาเขม่าควันดำเข้าเก็บบริเวณผนังสองชั้นของหม้อพักไอเสียแบบผสม ซึ่งเป็นลักษณะเดียวกับปั๊มต่อเนื่องแนวรัศมี (Radial Dynamic Pump) ที่ใช้การหมุนของแผ่นครีบบัพัดสร้างแรงเหวี่ยงฯ พาของไหล (น้ำ) ให้เข้าสู่เรือนปั๊มในช่องทางไหลเข้า และถูกครีป (Blade of Vane) ที่วางตัวอยู่บนจานครีปหมุน (Impeller) ซึ่งต่อส่งอยู่กับเพลากำลังตีหมุนทำให้เกิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางในเนื้อของไหล และสลัดตัวออกไปทางแนวรัศมีด้านนอก ในการหมุนของแผ่นครีบกึ่งๆที่มีการโค้งหันไปทางด้านหลังของการหมุน เรียกว่าครีบกึ่งหลัง (Backward curved blade) ในอีกสองลักษณะอาจเป็นแบบครีปตรง หรือ แบบครีบกึ่งหน้า ก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปรัชญาการออกแบบของวิศวกรผู้ออกแบบ และการสลัดของไหลออกด้วยการหมุนของครีปนั้นนอกจากทำให้เกิดการไหลแล้วยังเป็นการเพิ่มความเร็วเชิงมุมให้ของไหลพร้อมกันไปด้วย เพราะของไหลถูกสลัดออกและถูกตีให้หมุนพร้อมกันไป ซึ่งความเร็วเชิงมุมที่ได้มานี้เป็นการเพิ่มพลังงานจลน์ให้แก่ของไหล และสามารถถูกเปลี่ยนรูปให้ไปเป็นความดันได้ โดยการไหลผ่านช่องขยายตัวที่คลี่ออก และขยายออกไป (Expanding scroll) ที่มีลักษณะภายนอกคล้ายเปลือกหอยโข่ง การขยายตัวออกในลักษณะนี้จัดเป็นช่องแพร่ (Diffuser) ชนิดหนึ่ง และดิฟฟิวเซอร์โดยทั่วไปมีหลักการทำงาน คือ การเพิ่มความดันให้กับของไหลโดยการลดความเร็วลง (ทวีช จิตรสมบุญ . 2547 : 304) จากที่กล่าวในข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้สร้างแผ่นครีบกึ่งๆของใบพัดท่อสูบน้ำแบบหอยโข่งยึดติดกับโครงสร้างภายในห้องกันที่ 2 และ ห้องกันที่ 3 เพื่อพาเขม่าควันดำเข้าเก็บบริเวณผนังสองชั้นของหม้อพักไอเสียแบบผสม

1.3 ตัวแปรที่ศึกษา คือ ประสิทธิภาพการลดควันดำ และเสียงดัง ตามเกณฑ์มาตรฐานของกรมการขนส่งทางบก และลักษณะทางด้านกายภาพที่ประเมินผลโดยผู้เชี่ยวชาญ

1.3.1 ระดับค่าควันดำ

1.3.2 ระดับค่าเสียงดัง

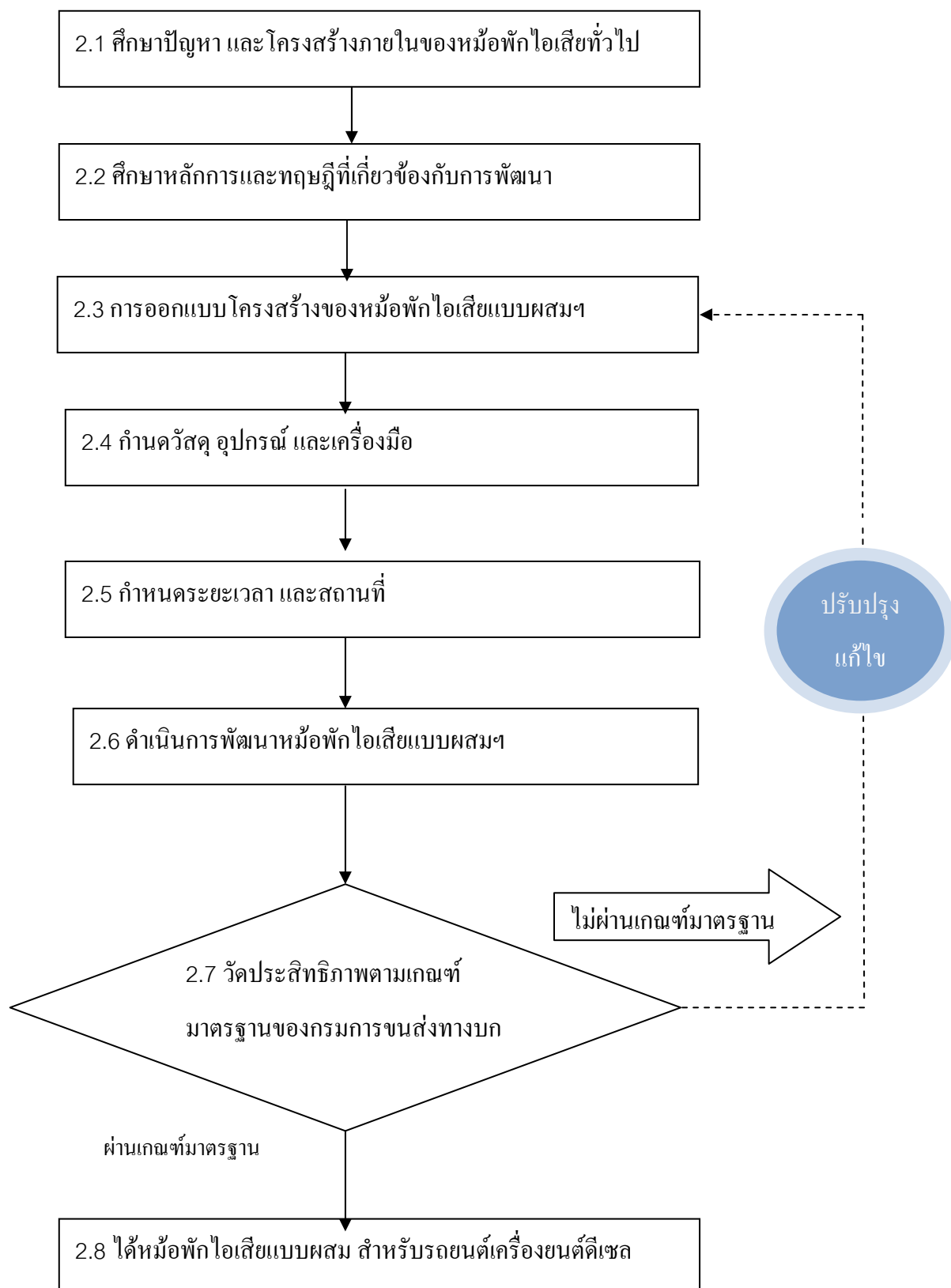
1.3.3 ลักษณะทางด้านกายภาพ

1.3.3.1 ความแข็งแรง

1.3.3.2 ความสวยงาม

1.3.3.3 ความเหมาะสมในการติดตั้งฯ

2. ลำดับขั้นตอนในการวิจัย



2.1 ศึกษาปัญหา และโครงสร้างภายในของหม้อพักไอเสียทั่วไป

ระบบไอเสียของรถยนต์ดีเซลที่ยังไม่ดัดแปลงสภาพโดยทั่วไปจะออกแบบและสร้างด้วยวิธีแบ่งห้องกันที่ซับซ้อน เพื่อลดระดับเสียงดังจะให้การกีดขวางการไหลของก๊าซเสียภายในโครงสร้างหม้อพักไอเสีย (วีระศักดิ์ กรัยวิเชียร . 2542 : 263) ซึ่งความซับซ้อนของห้องกันๆ ทำให้มีเขม่าควันดำติดค้างอยู่ภายในเป็นจำนวนมาก และเมื่อใช้งานหม้อพักไอเสียเป็นเวลานานๆ โครงสร้างภายในบางส่วนอาจอุดตัน เป็นสาเหตุให้การไหลเวียนของก๊าซไอเสียไม่เป็นไปตามที่ได้ออกแบบไว้ ปริมาณเขม่าควันดำจึงผ่านหม้อพักออกมาสู่บรรยากาศภายนอกมาก หรือ การใช้งานเครื่องยนต์ที่มีสภาพเก่า ดูแลรักษาไม่ดี และการดัดแปลงระบบไอเสียรถยนต์ จากที่กล่าวข้างต้นอาจทำให้เกิดปัญหาด้านมลพิษทางอากาศที่มีสาเหตุมาจากรถยนต์เครื่องยนต์ดีเซลมีเขม่าควันดำ และเสียงดัง เกินมาตรฐานของกรมการขนส่งทางบก

2.2 ศึกษาหลักการ และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาหม้อพักไอเสีย

ผู้วิจัยได้นำหลักการของห้องกันที่มีส่วนขยายกว้าง (Single Expansion Chamber) ซึ่งมีลักษณะเป็นทรงกระบอกกลวง และกำหนดปริมาตรภายในทรงกระบอกตามข้อเสนอแนะของ เฮอร์เบิร์ต มาร์ติน (Herbert Martin) จะต้องมีความหนาประมาณ 3.5 – 4.5 เท่า ของขนาดความจุกระบอกสูบเครื่องยนต์ จึงจะทำให้ประสิทธิภาพหม้อพักไอเสียสูง (กรมควบคุมมลพิษ โดยบริษัท เอส ที เอส เอ็นจิเนียริง : 5 – 14) และหลักการสร้างแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางจากปลายแผ่นครีปโค้งของใบพัดท่อสูบน้ำแบบหอยโข่ง ทำหน้าที่พาเขม่าควันดำเข้าเก็บบริเวณผนังสองชั้นของหม้อพักไอเสียแบบผสม ซึ่งเป็นลักษณะเดียวกับปั๊มต่อเนื่องแนวรัศมี (Radial Dynamic Pump) ที่ใช้การหมุนของแผ่นครีปใบพัดสร้างแรงเหวี่ยงๆ พาของไหล (น้ำ) ให้เข้าสู่เรือนปั๊มในช่องทางไหลเข้าและถูกครีป (Blade of Vane) ที่วางตัวอยู่บนจานครีปหมุน (Impeller) ซึ่งต่อส่งอยู่กับเพลากำลังดีหมุนทำให้เกิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางในเนื้อของไหล และสลัดตัวออกไปทางแนวรัศมีด้านนอก ในการหมุนของแผ่นครีปโค้งๆที่มีการโค้งหันไปทางด้านหลังของการหมุน เรียกว่าครีปโค้งหลัง (Backward curved blade) ในอีกสองลักษณะอาจเป็นแบบครีปตรง หรือ แบบครีปโค้งหน้า ก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพออกแบบของวิศวกรผู้ออกแบบ และการสลัดของไหลออกด้วยการหมุนของครีปนั้น นอกจากทำให้เกิดการไหลแล้วยังเป็นการเพิ่มความเร็วเชิงมุมให้ของไหลพร้อมกันไปด้วย เพราะของไหลถูกสลัดออก และถูกตีให้หมุนพร้อมกันไป ซึ่งความเร็วเชิงมุมที่ได้มานี้เป็นการเพิ่มพลังงานจลน์ให้แก่ของไหล และสามารถถูกเปลี่ยนรูปให้ไปเป็นความดันได้โดยการไหลผ่านช่องขยายตัวที่คี่ล่ออกและขยายออกไป (Expanding scroll) ที่มีลักษณะภายนอกคล้ายเปลือกหอยโข่ง การขยายตัวออกในลักษณะนี้จัดเป็นช่องแพร่ (Diffuser) ชนิดหนึ่ง และดิฟฟิวเซอร์โดยทั่วไปมีหลักการทำงาน คือ การเพิ่มความดันให้กับของไหลโดยการลดความเร็วลง (ทวีช จิตรสมบุญ . 2547 : 304) จากที่

กล่าวในข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้สร้างแผ่นครีปโค้งๆ ของใบพัดท่อสูบน้ำแบบหอยโข่งยึดติดกับโครงสร้างภายในห้องกันที่ 2 และ ห้องกันที่ 3 เพื่อพาเขม่าควันดำเข้าเก็บบริเวณผนังสองชั้นของหม้อพักไอเสียแบบผสมฯ

2.3 การออกแบบโครงสร้างของหม้อพักไอเสียแบบผสมฯ

2.3.1 ห้องกันที่ 1 ใช้เหล็กแผ่นตามมาตรฐานอุตสาหกรรม (ม อ ก.528 – 2540) ความหนา 2 มิลลิเมตร ม้วนขึ้นรูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร ยาว 2 เซนติเมตร เชื่อมติดกับเหล็กหน้าแปลน ความหนา 5 มิลลิเมตร มีรูเจาะตรงกลาง ขนาด 5 เซนติเมตร และใช้ท่อเหล็กกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ขนาด 5 เซนติเมตร ที่มีรูเจาะพุนเชื่อมติดตรงกลางหน้าแปลน และส่วนปลายอีกด้านหนึ่งของทรงกระบอกจะมีแผ่นฝาหน้าเชื่อมยึดโครงสร้างระหว่างท่อเหล็กกลมฯ กับเหล็กแผ่นม้วนขึ้นรูปทรงกระบอก ดังภาพส่วนประกอบโครงสร้างใน (ภาคผนวก)

2.3.2 ห้องกันที่ 2 ใช้เหล็กแผ่นตามมาตรฐานอุตสาหกรรม (ม อ ก.528 – 2540) ความหนา 2 มิลลิเมตร ม้วนขึ้นรูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร ยาว 18 เซนติเมตร และ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 13.50 เซนติเมตร ยาว 18 เซนติเมตร ที่มีรูเจาะขนาด 5 มิลลิเมตร เป็นแนวยาว จำนวน 4 แนวเชื่อมติดกับเหล็กหน้าแปลน ความหนา 5 มิลลิเมตร มีรูเจาะตรงกลาง ขนาด 5 เซนติเมตร ทั้งสองด้าน ส่วนภายในของโครงสร้างที่บริเวณรูเจาะตรงกลางของหน้าแปลนมีแผ่นครีปโค้งๆ ขนาดกว้าง 5 เซนติเมตร ยาว 7.50 เซนติเมตรจำนวน 4 ครีป และขนาดกว้าง 2.50 เซนติเมตร ยาว 7.50 เซนติเมตร จำนวน 4 ครีป เชื่อมติดไว้ และระหว่างกลางของครีปโค้งๆทั้งสองใช้ท่อเหล็กกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร ที่มีรูเจาะพุน และหุ้มด้วยเหล็กแผ่นทรงกระบอก ความหนา 2 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร ยาว 10 เซนติเมตร เชื่อมยึดระหว่างโครงสร้างของแผ่นครีปโค้งๆ ดังภาพส่วนประกอบโครงสร้างใน (ภาคผนวก)

2.3.3 ห้องกันที่ 3 ใช้เหล็กแผ่นตามมาตรฐานอุตสาหกรรม (ม อ ก.528 – 2540) ความหนา 2 มิลลิเมตร ม้วนขึ้นรูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร และ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 13.50 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร ที่มีรูเจาะขนาด 5 มิลลิเมตร เป็นแนวยาว จำนวน 4 แนวเชื่อมติดกับเหล็กหน้าแปลน ความหนา 5 มิลลิเมตร มีรูเจาะตรงกลาง ขนาด 15 เซนติเมตร ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งเชื่อมติดกับแผ่นฝาหลังที่มีรูเจาะตรงกลาง ขนาด 5 เซนติเมตร และบริเวณรูเจาะมีแผ่นครีปโค้งๆ ขนาดกว้าง 7.5 เซนติเมตร ยาว 10 เซนติเมตร จำนวน 4 ครีป เชื่อมติดไว้ และใช้ท่อเหล็กกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ขนาด 5 เซนติเมตร ที่มีรูเจาะพุนเชื่อมติดกับแผ่นฝาในด้านหลัง ดังภาพส่วนประกอบโครงสร้างใน (ภาคผนวก)

2.4 กำหนดวัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือ

2.4.1 เครื่องเชื่อมไฟฟ้า และอุปกรณ์ 1 ชุด

2.4.2 เครื่องม้วนโลหะแผ่น แบบแท่น 1 เครื่อง

2.4.3 เครื่องสว่านเจาะไฟฟ้า แบบแท่น 1 เครื่อง

2.4.4 ดอกสว่านเจาะ 1 ชุด

2.4.5 เหล็กขีดโลหะ 1 อัน

2.4.6 ตลับเมตร 1 อัน

2.4.7 ค้อนโลหะ 1 อัน

2.4.8 คีมจับโลหะ 1 อัน

2.4.9 เหล็กแผ่น ความหนา 2 มิลลิเมตร

2.4.10 ท่อเหล็กกลม เส้นผ่าศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร

2.5 กำหนดระยะเวลา และสถานที่

ผู้วิจัยใช้ระยะเวลาในการเริ่มต้นพัฒนาหม้อพักไอเสีย แบบผสมฯ ระหว่าง เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2549 ถึง เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2550 สถานที่ บ้านเลขที่ 125 หมู่ 11 ตำบลบางตาเถร อำเภอสองพี่น้อง จังหวัดสุพรรณบุรี และ โรงฝึกงานสาขาอุตสาหกรรมศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (ประสานมิตร)

2.6 ดำเนินการพัฒนาหม้อพักไอเสียแบบผสมฯ

ผู้วิจัยดำเนินการพัฒนาโครงสร้างของหม้อพักไอเสียแบบผสมฯ ตามที่ได้ออกแบบไว้เป็น ลำดับขั้นตอน ดังต่อไปนี้

2.6.1 สร้างโครงสร้าง และส่วนประกอบ ของห้องกั้นที่ 1 ดังรายละเอียด การออกแบบที่แสดงไว้ ใน (ภาคผนวก ค.)

2.6.2 สร้างโครงสร้าง และส่วนประกอบ ของห้องกั้นที่ 2 ดังรายละเอียด การออกแบบที่แสดงไว้ ใน (ภาคผนวก ง.)

2.6.3 สร้างโครงสร้าง และส่วนประกอบ ของห้องกั้นที่ 3 ดังรายละเอียด การออกแบบที่แสดงไว้ ใน (ภาคผนวก จ.)

2.6.4 ประกอบโครงสร้างของห้องกั้นฯ ทั้ง 3 ส่วนด้วยการใช้น็อตยึดหน้า แพลน โดยมีปะเก็นทนไฟรองระหว่างหน้าแพลน ดังภาพแสดงโครงสร้าง และส่วนประกอบ ของหม้อ พักไอเสียแบบผสมฯ โดยสมบูรณ์ ใน (ภาคผนวก) จึงอาจสรุปการทำงานเป็นลำดับได้ คือ ขณะที่ แรงดันก๊าซไอเสียไหลผ่านเข้ามาภายในห้องกั้นที่ 1 เขม่าควันดำ บางส่วนจะขยายตัวผ่านท่อเหล็ก กลมที่มีรูเจาะพุนเข้าสะสมภายในห้องกั้นที่ 1 และเสียงดังจากเครื่องยนต์บางส่วนจะถูกทำลายคลื่น ความถี่ได้เล็กน้อย เมื่อแรงดันก๊าซไอเสียไหลผ่านเข้ามาภายในห้องกั้นที่ 2 เขม่าควันดำ บางส่วนจะ ขยายตัวผ่านแผ่นครีปโค้งๆ เกิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางพาเขม่าควันดำเข้าสะสมบริเวณภายในผนัง

สองชั้น ของห้องกันที่ 2 และเสียงดังจากเครื่องยนต์บางส่วนจะถูกทำลายคลื่นความถี่สูง เมื่อแรงดันก๊าซไอเสียไหลผ่านเข้ามาภายในห้องกันที่ 3 ที่มีลักษณะของห้องกันที่มีส่วนขยายกว้าง (Single Expansion Chamber) ทำให้แรงดันก๊าซไอเสีย และคลื่นเสียงดังลดลงได้มาก ส่วนแผ่นครีปโค้งๆที่มีเหล็กแผ่นกลมที่ปิดกันทิศทางการไหลแบบผ่านตรงของก๊าซไอเสีย จะมีส่วนช่วยในการสร้างแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางพาเขม่าควันดำเข้าสู่สมบรีเวณภายในผนังสองชั้น ของห้องกันที่ 3 ได้ดียิ่งขึ้น ดังนั้นจึงทำให้เขม่าควันดำ และเสียงดังจากเครื่องยนต์ดีเซลลดลง

2.7 วัดประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐานของกรมการขนส่งทางบก

ผู้วิจัยได้ดำเนินการตรวจวัดระดับค่าควันดำ และเสียงดัง พร้อมกัน โดยมีขั้นตอน ดังต่อไปนี้

2.7.1 กำหนดขั้นตอนการทดสอบ

2.7.2 เตรียมรถยนต์เครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้ในการทดสอบ

2.7.3 ติดตั้งหม้อพักไอเสีย แบบผสมเข้ากับระบบไอเสียรถยนต์ทดสอบ

2.7.4 ตรวจความพร้อมใช้งานของเครื่องยนต์ และระบบไอเสีย

2.7.5 เตรียมอุปกรณ์ตรวจวัดระดับค่าควันดำ และเสียงดัง

2.7.6 อุ่นเครื่องยนต์ประมาณ 5 – 10 นาที ก่อนทำการตรวจวัด

2.7.7 ดำเนินวิธีการตรวจวัดตามเกณฑ์มาตรฐานของกรมการขนส่งทางบก

2.7.8 บันทึกผลระดับค่าควันดำ และเสียงดัง ที่วัดได้ จำนวน 10 ครั้ง

2.7.9 ทำการตรวจวัดระดับค่าควันดำ และเสียงดัง ของรถยนต์ทดสอบทุก ระยะทาง 1,000 กิโลเมตร ในระยะทางการทดสอบทั้งหมด 5,000 กิโลเมตร

2.7.10 เกณฑ์การประเมินระดับค่าควันดำตามมาตรฐานการตรวจวัดระดับค่าควันดำ ของกรมการขนส่งทางบก คือ ค่าของแสงที่สะท้อนจากกระดาษกรอง วัดด้วยเครื่องมือวัดระบบบ็อช (bosh filter type smoke meter) เกณฑ์มาตรฐานไม่เกิน ร้อยละ 50 ขณะเครื่องยนต์ไม่มีภาระ

2.7.10.1 ขณะเครื่องยนต์ไม่มีภาระ

2.7.10.2 จัดเตรียมรถยนต์ และเครื่องมือที่ใช้วัดควันดำ

2.7.10.3 จอดยานพาหนะอยู่กับที่ในตำแหน่งเกียร์ว่าง

2.7.10.4 เร่งเครื่องยนต์อย่างรวดเร็วจนสุดคันเร่ง พร้อมตรวจวัดควันดำ

กรณีตรวจวัดด้วยเครื่องมือวัดควันดำระบบวัดความทึบแสง ไหลผ่านทั้งหมด หรือแบบไหลผ่านบางส่วน ให้บันทึกค่าสูงสุดของควันดำที่ตรวจวัดได้ และกรณีตรวจวัดด้วยเครื่องมือวัดควันดำระบบกระดาษกรอง (Filter) ให้เก็บตัวอย่างควันดำลงกระดาษกรองขณะเริ่มกดคันเร่ง และ ให้วัด

ควันท้า 2 ครั้ง โดยใช้ค่าสูงสุดที่วัดได้เป็นเกณฑ์ตัดสิน ซึ่งถ้าค่าควันท้าที่วัดได้ทั้ง 2 ครั้ง แตกต่างกันเกินร้อยละ 5 ให้วัดค่าควันท้าใหม่

2.7.11 เกณฑ์การประเมินระดับค่าเสียงดังตามมาตรฐานการตรวจวัดระดับค่าเสียงดังของกรมการขนส่งทางบก คือระดับค่าเสียงที่วัดด้วยเครื่องมือวัดเทียบเท่ามาตรฐาน I E C (international electrotechnical commission) เกณฑ์มาตรฐานไม่เกิน 85 เดซิเบล ในระยะห่าง 7.5 เมตร และ 100 เดซิเบล ในระยะห่าง 0.5 เมตร ที่ปลายไอเสียออก และกำหนดวิธีการตรวจวัดระดับค่าเสียงดังของรถยนต์ ดังต่อไปนี้

2.7.11.1 รถยนต์ที่ใช้ในทางขณะที่เดินเครื่องยนต์อยู่กับที่โดยไม่รวมเสียงแทรกสัญญาณจะต้องมีระดับค่าเสียงไม่เกิน

2.7.11.2 ระดับ 85 เดซิเบล เอ เมื่อตรวจสอบค่าระดับเสียงในระยะห่างจากรถยนต์นั้น 7.5 เมตร

2.7.11.3 ระดับ 100 เดซิเบล เอ เมื่อตรวจสอบค่าระดับเสียงในระยะห่างจากรถยนต์นั้น 0.5 เมตร

2.7.11.4 ให้ทำการตรวจสอบค่าระดับเสียงของสภาพแวดล้อม และลมในขณะนั้นก่อน

2.7.11.5 ให้จอดรถยนต์อยู่กับที่ในตำแหน่งเกียร์ว่าง และเดินเครื่องยนต์ไม่น้อยกว่า 5 นาทีก่อนทำการตรวจสอบ ถ้ามีขอบทางเท้าจะต้องจอดห่างอย่างน้อย 1 เมตร

2.7.11.6 หันแกนความไวสูงสุดของไมโครโฟน เข้าหารถยนต์ที่จะทำการตรวจวัด ตามตำแหน่งระยะ และวิธีที่กรมควบคุมมลพิษกำหนด

2.7.11.7 แรงเครื่องยนต์ให้มีความเร็วรอบ เท่ากับความเร็วยรอบสูงสุดของรถยนต์ (เครื่องยนต์ดีเซล)

2.7.11.8 ตรวจสอบค่าระดับเสียง 2 ครั้ง และถือเอาค่าสูงสุดที่วัดได้เป็นค่าระดับเสียงรถยนต์

2.7.11.9 ถ้าค่าระดับเสียงที่ตรวจทั้ง 2 ครั้ง แตกต่างกันเกิน 2 เดซิเบล เอ ให้เริ่มตรวจสอบใหม่

2.8 ผู้วิจัยได้สร้างแบบประเมินลักษณะทางด้านกายภาพ ของหม้อพักไอเสียแบบผสม สำหรับรถยนต์เครื่องยนต์ดีเซลทั้ง 3 ด้าน คือ ด้านความแข็งแรง ด้านความสวยงาม และด้านความเหมาะสมในการติดตั้ง โดยใช้มาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) กำหนดค่าคะแนน 5 ระดับ ตามวิธีของลิเคอร์ท (พวงรัตน์ ทวีรัตน์.2538: 117) มีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

- 5 หมายถึง ผลการประเมินในระดับดีมาก
- 4 หมายถึง ผลการประเมินในระดับดี
- 3 หมายถึง ผลการประเมินในระดับพอใช้
- 2 หมายถึง ผลการประเมินในระดับในระดับต้องปรับปรุง
- 1 หมายถึง ผลการประเมินในระดับที่ใช้ไม่ได้

2.8.1 การแปลผลการประเมินลักษณะทางด้านกายภาพ ทั้ง 3 ด้าน คือด้าน ความแข็งแรง ด้านความสวยงาม และด้านความเหมาะสมในการติดตั้ง มีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

คะแนนเฉลี่ยระหว่าง	4.50 – 5.00	แปลผล ดีมาก
คะแนนเฉลี่ยระหว่าง	3.50 – 4.49	แปลผล ดี
คะแนนเฉลี่ยระหว่าง	2.50 – 3.49	แปลผล พอใช้
คะแนนเฉลี่ยระหว่าง	1.50 – 2.49	แปลผล ต้องปรับปรุง
คะแนนเฉลี่ยระหว่าง	1.00 – 1.49	แปลผล ใช้ไม่ได้

2.8.2 สถิติที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ มีดังต่อไปนี้

2.8.2.1 ค่าแนวโน้มสู่ส่วนกลาง (ค่าเฉลี่ย)

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{N}$$

แทนค่า $\bar{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยของระดับความดี และเสียงดัง

$\sum x$ คือ ผลรวมของระดับความดี และเสียงดัง

N คือ จำนวนครั้งที่ทดสอบ

2.8.2.2 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$$SD = \frac{\sqrt{N \sum x^2 - (\sum x)^2}}{N(N-1)}$$

แทนค่า $\sum x$ คือ ค่าของระดับความดี และเสียงดัง

$\sum x$ คือ ผลรวมของระดับความดี และเสียงดัง

N คือ จำนวนครั้งที่ทดสอบ

ใช้สูตร (ชูศรี วงศ์รัตนะ. 2546: 65)

2.8.2.3 ค่าผลต่างของค่าเฉลี่ย (t – test)

$$t = \frac{\bar{X} - \mu_0}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$$

กำหนด $df = n - 1$

แทนค่า X คือ ค่าเฉลี่ยของระดับคะแนน

μ คือ ค่าคงที่ค่าหนึ่งของระดับคะแนน

S คือ ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับคะแนน

n คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญที่ตอบแบบสอบถาม

ใช้สูตร (ล้วน และอังคณา สายยศ. 2540: 240)

บทที่ 4

สรุป และวิเคราะห์ ผลการทดลอง

ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาค้นคว้าตามเกณฑ์ข้อกำหนด และรายละเอียดในขั้นตอนต่างๆ ที่ใช้พัฒนาหม้อพักไอเสียแบบผสม สำหรับรถยนต์เครื่องยนต์ดีเซล โดยมีผลรายละเอียดในการทดลองเป็นลำดับ ดังต่อไปนี้

1. ผลการทดลองวัดประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐานของกรมการขนส่งทางบก

ตาราง 4 สรุปผลการวัดประสิทธิภาพของหม้อพักไอเสีย แบบผสม ฯ ตามเกณฑ์มาตรฐานของกรมการขนส่งทางบก

จำนวนครั้ง (N)	ระดับค่าควันดำ	ระดับค่าเสียงดัง	ผลการวัดประสิทธิภาพ
1	8.5	95.0	ผ่าน
2	8.3	95.6	ผ่าน
3	8.5	93.5	ผ่าน
4	8.9	94.9	ผ่าน
5	9.5	95.5	ผ่าน
6	8.6	94.6	ผ่าน
7	8.8	95.8	ผ่าน
8	9.2	96.2	ผ่าน
9	9.6	95.6	ผ่าน
10	8.9	95.9	ผ่าน
ค่าเฉลี่ย	8.85	95.26	ผ่าน
เกณฑ์มาตรฐาน กรมการขนส่งทางบก	50	100	ผ่าน

จากตาราง 4 สรุปผลการทดลองวัดประสิทธิภาพของหม้อพักไอเสีย แบบผสม ฯ ตามเกณฑ์มาตรฐานของกรมการขนส่งทางบก จำนวน 10 ครั้ง ได้ค่าเฉลี่ยควันดำร้อยละ 8.85 โดยที่เกณฑ์มาตรฐานของกรมการขนส่งทางบกกำหนดไว้ไม่เกินร้อยละ 50 และได้ค่าเฉลี่ยของเสียงดัง 95.26 เดซิเบล (เอ) โดยเกณฑ์มาตรฐานของกรมการขนส่งทางบกกำหนดไว้ไม่เกิน 100 เดซิเบล

(เอ) ที่ระยะห่าง 0.5 เมตร ระหว่างเครื่องมือวัดเสียง กับปลายท่อไอเสียออก ดังนั้นหม้อพักไอเสีย แบบผสม ฯ ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นจึงมีประสิทธิภาพผ่านเกณฑ์มาตรฐานของกรมการขนส่งทางบก

2. ผลการทดลองวัดระดับค่าควันท้า และเสียงดัง จากระถยนต์ทดสอบที่ระยะทางทั้งหมด 5,000 กิโลเมตร

ตาราง 5 สรุปผลระดับค่าควันท้าของรถยนต์ทดสอบในระยะทาง 5,000 กิโลเมตร

ระยะทางทดสอบ (กิโลเมตร)	ค่าเฉลี่ยควันท้า (X)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	เกณฑ์มาตรฐานกรมการขนส่งทางบก	ผลการวัดเทียบเกณฑ์มาตรฐานกรมการขนส่งทางบก
1,000	9.95	0.53	50	ผ่าน
2,000	11.28	0.92	50	ผ่าน
3,000	15.79	0.63	50	ผ่าน
4,000	17.29	0.62	50	ผ่าน
5,000	22.67	0.80	50	ผ่าน

จากตาราง 5 สรุปผลการทดลองใช้งานหม้อพักไอเสีย แบบผสม ฯ ตลอดระยะทาง 5,000 กิโลเมตร จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยควันท้ามีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นตามระยะทางทดสอบ (กิโลเมตร) มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยเฉลี่ย 0.70 และหม้อพักไอเสีย แบบผสม ฯ ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพผ่านเกณฑ์มาตรฐานของกรมการขนส่งทางบก ตลอดระยะทางทดสอบที่กำหนด

ตาราง 6 สรุปผลระดับค่าเสียงดังของรถยนต์ทดสอบในระยะทาง 5,000 กิโลเมตร

ระยะทางทดสอบ (กิโลเมตร)	ค่าเฉลี่ยเสียงดัง (X)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	เกณฑ์มาตรฐานกรมการขนส่งทางบก	ผลการวัดเทียบเกณฑ์มาตรฐานกรมการขนส่งทางบก
1,000	95.40	0.67	100	ผ่าน
2,000	95.31	0.90	100	ผ่าน
3,000	95.17	0.90	100	ผ่าน
4,000	95.99	0.39	100	ผ่าน
5,000	96.02	0.63	100	ผ่าน

จากตาราง 6 สรุปผลการทดลองใช้งานหม้อพักไอเสีย แบบผสมฯ ตลอดระยะทาง 5,000 กิโลเมตร จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยเสียงดังมีแนวโน้มคงที่ตามระยะทางทดสอบ (กิโลเมตร) มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยเฉลี่ย 0.69 และหม้อพักไอเสีย แบบผสม ฯ ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพผ่านเกณฑ์มาตรฐานของกรมการขนส่งทางบก ตลอดระยะทางทดสอบที่กำหนด

ตาราง 7 บันทึกผลการวัดระดับค่าควันท่ำ และเสียงดัง ตามวิธีมาตรฐานการตรวจวัดของกรมการขนส่งทางบก ที่ระยะทางทดสอบ 1,000 กิโลเมตร

จำนวนครั้ง (N)	ระดับค่าควันท่ำ	ระดับค่าเสียงดัง	ผลการวัดเทียบ เกณฑ์มาตรฐาน กรมการขนส่ง ทางบก
1	9.5	94.8	ผ่าน
2	9.3	96.0	ผ่าน
3	10.5	95.5	ผ่าน
4	9.9	94.2	ผ่าน
5	10.2	96.4	ผ่าน
6	10.6	95.7	ผ่าน
7	9.8	94.9	ผ่าน
8	10.2	96.2	ผ่าน
9	9.6	95.0	ผ่าน
10	9.9	95.9	ผ่าน
ค่าเฉลี่ย	9.95	95.40	ผ่าน
เกณฑ์มาตรฐาน กรมการขนส่ง ทางบก	50	100	ผ่าน

จากตาราง 7 ผลการทดลองการใช้งานหม้อพักไอเสียแบบผสมฯ รถยนต์ทดสอบในระยะทาง 1,000 กิโลเมตร มีค่าเฉลี่ยควันท่ำ ร้อยละ 9.95 และค่าเฉลี่ยเสียงดัง 95.40 เดซิเบล (เอ) และผ่านเกณฑ์มาตรฐานของกรมการขนส่งทางบกกำหนด

ตาราง 8 บันทึกผลการวัดระดับค่าควันท้า และเสียงดัง ตามวิธีมาตรฐานการตรวจวัดของกรมการขนส่งทางบก ที่ระยะทางทดสอบ 2,000 กิโลเมตร

จำนวนครั้ง (N)	ระดับค่าควันท้า	ระดับค่าเสียงดัง	ผลการวัดเทียบ เกณฑ์มาตรฐาน กรมการขนส่ง ทางบก
1	11.3	94.4	ผ่าน
2	10.8	95.1	ผ่าน
3	10.5	94.9	ผ่าน
4	10.9	96.5	ผ่าน
5	11.2	93.9	ผ่าน
6	13.6	95.0	ผ่าน
7	11.8	96.9	ผ่าน
8	10.2	95.6	ผ่าน
9	11.6	95.0	ผ่าน
10	10.9	95.8	ผ่าน
ค่าเฉลี่ย	11.28	95.31	ผ่าน
เกณฑ์มาตรฐาน กรมการขนส่ง ทางบก	50	100	ผ่าน

จากตาราง 8 ผลการทดลองการใช้งานหม้อพักไอเสียแบบผสมฯ รถยนต์ทดสอบ ในระยะทาง 2,000 กิโลเมตร มีค่าเฉลี่ยควันท้า ร้อยละ 11.28 และค่าเฉลี่ยเสียงดัง 95.31 เดซิเบล (เอ) และผ่านเกณฑ์มาตรฐานของกรมการขนส่งทางบกกำหนด

ตาราง 9 บันทึกผลการวัดระดับค่าควันดำ และเสียงดัง ตามวิธีมาตรฐานการตรวจวัดของกรมการขนส่งทางบก ที่ระยะทางทดสอบ 3,000 กิโลเมตร

จำนวนครั้ง จำนวนครั้ง (N)	ระดับค่าควันดำ	ระดับค่าเสียงดัง	ผลการวัดเทียบ เกณฑ์มาตรฐาน กรมการขนส่ง ทางบก
1	15.8	93.6	ผ่าน
2	16.3	95.2	ผ่าน
3	14.7	94.0	ผ่าน
4	15.4	96.1	ผ่าน
5	16.1	95.8	ผ่าน
6	15.7	94.7	ผ่าน
7	14.8	95.8	ผ่าน
8	16.2	94.5	ผ่าน
9	16.0	95.6	ผ่าน
10	16.9	96.4	ผ่าน
ค่าเฉลี่ย	15.79	95.17	ผ่าน
เกณฑ์มาตรฐาน กรมการขนส่ง ทางบก	50	100	ผ่าน

จากตาราง 9 ผลการทดลองการใช้งานหม้อพักไอเสียแบบผสมฯ รถยนต์ทดสอบ ในระยะทาง 3,000 กิโลเมตร มีค่าเฉลี่ยควันดำ ร้อยละ 15.79 และค่าเฉลี่ยเสียงดัง 95.17 เดซิเบล(เอ) และผ่านเกณฑ์มาตรฐานของกรมการขนส่งทางบกกำหนด

ตาราง 10 บันทึกผลการวัดระดับค่าควันท้า และเสียงดัง ตามวิธีมาตรฐานการตรวจวัดของกรมการขนส่งทางบก ที่ระยะทางทดสอบ 4,000 กิโลเมตร

จำนวนครั้ง (N)	ระดับค่าควันท้า	ระดับค่าเสียงดัง	ผลการวัดเทียบ เกณฑ์มาตรฐาน กรมการขนส่ง ทางบก
1	18.3	96.7	ผ่าน
2	17.2	96.1	ผ่าน
3	17.6	95.7	ผ่าน
4	16.8	95.8	ผ่าน
5	17.1	96.1	ผ่าน
6	17.9	96.5	ผ่าน
7	16.5	95.2	ผ่าน
8	17.4	96.3	ผ่าน
9	16.2	95.5	ผ่าน
10	17.9	96.0	ผ่าน
ค่าเฉลี่ย	17.29	95.99	ผ่าน
เกณฑ์มาตรฐาน กรมการขนส่ง ทางบก	50	100	ผ่าน

จากตาราง 10 ผลการทดลองการใช้งานหม้อพักไอเสียแบบผสมฯ รถยนต์ทดสอบ ในระยะทาง 4,000 กิโลเมตร มีค่าเฉลี่ยควันท้า ร้อยละ 17.29 และค่าเฉลี่ยเสียงดัง 95.99 เดซิเบล (เอ) และผ่านเกณฑ์มาตรฐานของกรมการขนส่งทางบกกำหนด

ตาราง 11 บันทึกผลการวัดระดับค่าควันดำ และเสียงดัง ตามวิธีมาตรฐานการตรวจวัดของกรมการขนส่งทางบก ที่ระยะทางทดสอบ 5,000 กิโลเมตร

จำนวนครั้ง (N)	ระดับค่าควันดำ	ระดับค่าเสียงดัง	ผลการวัดเทียบ เกณฑ์มาตรฐาน กรมการขนส่ง ทางบก
1	23.8	96.9	ผ่าน
2	21.1	94.7	ผ่าน
3	21.7	95.2	ผ่าน
4	22.9	96.0	ผ่าน
5	23.2	95.8	ผ่าน
6	22.4	96.0	ผ่าน
7	23.5	96.6	ผ่าน
8	21.9	96.1	ผ่าน
9	22.6	96.5	ผ่าน
10	23.4	96.4	ผ่าน
ค่าเฉลี่ย	22.67	96.02	ผ่าน
เกณฑ์มาตรฐาน กรมการขนส่ง ทางบก	50	100	ผ่าน

จากตาราง 11 ผลการทดลองการใช้งานหม้อพักไอเสียแบบผสมฯ รถยนต์ทดสอบ ในระยะทาง 5,000 กิโลเมตร มีค่าเฉลี่ยควันดำ ร้อยละ 22.67 และค่าเฉลี่ยเสียงดัง 96.02 เดซิเบล(เอ) และผ่านเกณฑ์มาตรฐานของกรมการขนส่งทางบกกำหนด

3. ผลการประเมินลักษณะทางด้านกายภาพ ทั้ง 3 ด้าน คือ ด้านความแข็งแรง ด้านความสวยงาม ด้านความเหมาะสมในการติดตั้ง ฯ โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน

ผู้วิจัยใช้แบบสอบถามลักษณะทางกายภาพของหม้อพักไอเสียแบบผสม ฯ ที่สร้างขึ้น และประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน มีรายละเอียดการประเมิน 3 ด้าน คือ ด้านความแข็งแรง ด้านความสวยงาม ด้านความเหมาะสมในการติดตั้ง ฯ และใช้เกณฑ์การประเมินผล ลักษณะทางกายภาพ คือ ค่าระดับคะแนนเฉลี่ย 5 ระดับ ดำเนินการวิเคราะห์ และ แปลผล ของ ข้อมูลด้วยสถิติที่ใช้วิเคราะห์แบบประเมินผล คือ การทดสอบค่าเฉลี่ยในหนึ่งตัวอย่าง (One -Sample test for mean)

ตาราง 12 สรุปการวิเคราะห์ผลการประเมินลักษณะทางกายภาพ ทั้ง 3 ด้าน คือ ด้านความแข็งแรง ด้านความสวยงาม ด้านความเหมาะสมในการติดตั้ง ฯ ของหม้อพักไอเสียแบบผสม โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน

ลักษณะกายภาพ ทั้ง 3 ด้าน	ค่าเฉลี่ย(X)	t-test	ผลเกณฑ์การ ประเมิน
ด้านความ แข็งแรง	4.50	1.35	ดีมาก
ด้านความ สวยงาม	4.20	0.60	ดี
ด้านความ เหมาะสมในการ ติดตั้ง ฯ	4.30	1.30	ดี

จากตาราง 12 วิเคราะห์ผลการประเมินลักษณะทางด้านกายภาพ ทั้ง 3 ด้านของหม้อพักไอเสียแบบผสม ฯ โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน มีค่าเฉลี่ย ด้านความแข็งแรงตามเกณฑ์การประเมินด้วยมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Rating Scale) เท่ากับ 4.50 ด้านความสวยงาม เท่ากับ 4.20 ด้านความเหมาะสมในการติดตั้ง ฯ เท่ากับ 4.30 และมีค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ย (t-test) ด้านความแข็งแรง เท่ากับ 1.35 ด้านความสวยงาม เท่ากับ 0.26 ด้านความเหมาะสมในการติดตั้ง ฯ เท่ากับ 1.30 และมีผลเกณฑ์การประเมินด้านความแข็งแรงอยู่ในระดับดีมาก ด้านความสวยงามอยู่ในระดับดี ด้านความเหมาะสมในการติดตั้ง ฯ อยู่ในระดับดี

ตาราง 13 วิเคราะห์ผลการประเมินลักษณะทางกายภาพของหม้อพักไอเสียแบบผสมฯด้านความแข็งแรง โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน

ลักษณะกายภาพด้าน ความแข็งแรง	ผู้ เชี่ยวชาญ 1	ผู้ เชี่ยวชาญ 2	ผู้ เชี่ยวชาญ 3	ผู้ เชี่ยวชาญ 4	ผู้ เชี่ยวชาญ 5	ค่า เฉลี่ย (X)	t-test	ผล การ ประเมิน
วัสดุที่ใช้มีคุณสมบัติทางกล ในการต้านแรงดึง แรงยึด แรงดัดโค้ง ทำให้สามารถ นำมาขึ้นรูปชิ้นงานได้ดี	5	5	5	5	5	5.00	1.00	ดี มาก
สามารถทนความร้อน และ แรงดันไอเสียจาก เครื่องยนต์	4	5	4	5	4	4.40	1.73	ดี
วัสดุที่ใช้มีส่วนประกอบ ทางเคมี เช่น คาร์บอน แมงกานีส ฟอสฟอรัส กำมะถัน ทำให้เกิดความ ทนทานต่อสภาพกรด ต่าง สารเคมี	5	5	5	5	5	5.00	1.00	ดี
ความแข็งแรง ของรอย เชื่อม และการยึดน็อตหน้า แปลนแน่นหนา มีความ ทนทานต่อสภาพการใช้ งานจริง	5	5	5	5	5	5.00	1.00	ดี
ค่าเฉลี่ย						4.50	1.35	ดี

จากตาราง 13 วิเคราะห์ผลการประเมินลักษณะทางด้านกายภาพของหม้อพักไอเสียแบบผสมฯ ด้านความแข็งแรง มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.50 และค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ย (t-test) เท่ากับ 1.35 และมีผลการประเมินอยู่ในระดับดี

ตาราง 14 วิเคราะห์ผลการประเมินลักษณะทางกายภาพของหม้อพักไอเสียแบบผสมฯด้านความสวยงาม โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน

ลักษณะกายภาพด้าน ความสวยงาม	ผู้ เชี่ยวชาญ 1	ผู้ เชี่ยวชาญ 2	ผู้ เชี่ยวชาญ 3	ผู้ เชี่ยวชาญ 4	ผู้ เชี่ยวชาญ 5	ค่า เฉลี่ย (X)	t-test	ผล การ ประเมิน
ลักษณะรูปทรงกระทัดรัด	3	4	3	4	4	3.60	1.73	ดี
สัดส่วน และขนาดมีความ เหมาะสม	4	4	3	5	5	4.20	0.33	ดี
การประกอบโครงสร้าง และการตกแต่งเรียบร้อย สมบูรณ์	4	5	4	5	4	4.40	1.73	ดี
มีความกลมกลืนกับช่วงล่าง ของรถยนต์ที่ใช้ทดสอบ	3	5	4	5	5	4.40	0.97	ดี
สีทนความร้อนที่ใช้พ่น เคลือบผิวสวยงาม	4	5	4	5	5	4.40	1.73	ดี
ค่าเฉลี่ย						4.20	0.60	ดี

จากจากตาราง 14 วิเคราะห์ผลการประเมินลักษณะทางด้านกายภาพ ของหม้อพักไอเสียแบบผสมฯ ด้านความสวยงาม มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.20 และค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ย (t-test) เท่ากับ 0.06 และมีผลการประเมินอยู่ในระดับดี

ตาราง 15 วิเคราะห์ผลการประเมินลักษณะทางกายภาพของหม้อพักไอเสียแบบผสมฯด้านความเหมาะสมในการติดตั้ง ฯ โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน

ลักษณะกายภาพด้านความเหมาะสมในการติดตั้งฯ	ผู้เชี่ยวชาญ 1	ผู้เชี่ยวชาญ 2	ผู้เชี่ยวชาญ 3	ผู้เชี่ยวชาญ 4	ผู้เชี่ยวชาญ 5	ค่าเฉลี่ย (X)	t-test	ผลการประเมิน
สามารถติดตั้งแทนที่หม้อพักเดิมได้อย่างเหมาะสม	4	5	4	4	5	4.40	1.73	ดี
สามารถใช้อุปกรณ์ยึดหม้อพักไอเสียเดิมโดยไม่ต้องดัดแปลงระบบไอเสีย	4	5	3	4	4	4.00	0.00	ดี
การติดตั้งสะดวก และรวดเร็ว	4	5	4	5	4	4.40	1.73	ดี
สามารถถอดโครงสร้างออกมาล้างทำความสะอาดได้ง่าย	5	5	4	5	4	4.60	2.54	ดี
มีความเหมาะสมในการนำไปติดตั้งใช้งานจริงกับรถยนต์เครื่องยนต์ดีเซลทั่วไป	4	5	3	5	4	4.20	0.52	ดี
ค่าเฉลี่ย						4.30	1.30	ดี

จากจากตาราง 15 วิเคราะห์ผลการประเมินลักษณะทางด้านกายภาพ ของหม้อพักไอเสียแบบผสมฯ ด้านความเหมาะสมในการติดตั้งฯ มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.30 และค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ย (t-test) เท่ากับ 1.30 และมีผลการประเมินอยู่ในระดับดี

บทที่ 5

อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาหม้อพักไอเสียแบบผสมฯ ตามเกณฑ์ข้อกำหนดต่างๆอย่างเป็นลำดับขั้นตอน และมีประสิทธิภาพตามมาตรฐานของกรมการขนส่งทางบก ซึ่งลักษณะทางด้านกายภาพโดยรวมที่ผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ อยู่ในระดับเกณฑ์ดี จึงพบว่าผลการศึกษาสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ ดังต่อไปนี้

อภิปรายผล

1. การพัฒนาโครงสร้างภายนอกของหม้อพักไอเสียแบบผสมฯ ในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ออกแบบเป็นรูปทรงกระบอกกลวง มีปริมาตรภายใน ประมาณ 3.6 เท่า ของปริมาตรความจุกระบอกสูบเครื่องยนต์ดีเซล(รถยนต์ทดสอบ) ตามข้อเสนอแนะของเฮอร์เบิร์ต มาร์ติน (Herbert Martin ,1965) จะต้องมีความจุประมาณ 3.5-4.5 เท่า ของขนาดความจุกระบอกสูบเครื่องยนต์ จะทำให้ประสิทธิภาพหม้อพักฯสูง (กรมควบคุมมลพิษ โดยบริษัทเอส ที เอส เอ็นจิเนียริง : 5-14) ซึ่งลักษณะห้องกันที่มีส่วนขยายกว้าง (Single Expansion Chamber) สามารถรองรับแรงดันก๊าซไอเสียที่ผ่านตรงเข้ามาและทำลายคลื่นเสียงให้เบาลงได้ (Lewis H. Bell. 1982: 294) ในการเปลี่ยนแปลงพื้นที่หน้าตัดโดยฉับพลันของโครงสร้างภายในหม้อพักไอเสียแบบผสมฯ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะคลื่นที่มีส่วนอัด และขยาย มีผลทำให้ความเร็วในการเคลื่อนที่ของเสียงลดลง (บดินทรชาติ สุขบท. 2546: 488) ดังนั้นพลังงานเสียงที่ตกกระทบพื้นที่หนึ่งตารางเซนติเมตรในเวลาหนึ่งวินาที หรือความเข้มเสียง มีหน่วยเป็นเดซิเบล(เอ) จึงลดลงทำให้ระดับค่าความดังของเสียงที่วัดได้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานของกรมการขนส่งทางบก ทั้ง 10 ครั้งมีค่าเฉลี่ย 95.26 เดซิเบล (เอ) และสอดคล้องกับการศึกษาของภาณุรักษ์ ชูแก้ว และเพื่อน ที่ได้ทำการสร้าง และออกแบบท่อไอเสียด้วยหลักการของห้องกันที่มีส่วนขยายกว้าง (Single Expansion Chamber) และห้องกันที่มีส่วนขยายกว้างจำนวนหลายห้อง (Multiple Expansion Chamber) เพื่อใช้ลดเสียงดังจากเครื่องยนต์ดีเซล 1 สูบ 7 แรงม้า

2. การพัฒนาโครงสร้างภายในของหม้อพักไอเสียแบบผสมฯ ในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ออกแบบแผ่นคريبโค้งที่มีลักษณะคล้ายใบพัดทอสูบน้ำแบบหอยโข่ง เพื่อพาเขม่าควันดำเข้าอัดเก็บบริเวณช่องว่างระหว่างผนังสองชั้นของหม้อพักไอเสียแบบผสมฯ เมื่อแรงดันก๊าซไอเสียไหลผ่านเข้ามาภายในโครงสร้างฯ จะมีบางส่วนไหลผ่านคريبโค้ง เกิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง ดังนั้นก๊าซไอเสียที่ปะปนด้วย

เขม่าควันดำจะถูกสลัดออกที่ปลายครีบอกโค้งด้วยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางพร้อมกันไป ซึ่งความเร็วเชิงมุมที่เกิดขึ้นมาเป็นการเพิ่มพลังงานจลน์ให้แก่ของไหล (ก๊าซไอเสีย) และสามารถถูกเปลี่ยนรูปให้เป็นแรงดันได้โดยการไหลผ่านช่องครีบอก (Diffuser) ซึ่งดิฟฟิวเซอร์โดยทั่วไปมีหลักการทำงาน คือ การเพิ่มแรงดันให้กับการไหลโดยการลดความเร็วลง (ทวิช จิตรสมบูรณ์. 2547: 304) และการที่ก๊าซไอเสียมีแรงดันเพิ่มขึ้นจากการไหลผ่านครีบอกโค้งๆ จึงทำให้เขม่าควันดำเกิดการสะสมอย่างหนาแน่นภายในผนังสองชั้นของโครงสร้างห้องกังหันที่ 2 และห้องกังหันที่ 3 ดังนั้นก๊าซไอเสียบางส่วนที่ไหลผ่านออกมาจึงมีเขม่าควันดำที่วัดได้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานของกรมการขนส่งทางบก ทั้ง 10 ครั้งมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 8.85 และเมื่อระยะเวลาในการสะสมมากขึ้นจะทำให้ปริมาณเขม่าควันดำภายในโครงสร้างมีจำนวนมากขึ้น จึงต้องถอดห้องกังหันที่ 2 ออกมาล้างทำความสะอาดเพื่อให้เขม่าควันดำลดลง และสอดคล้องกับงานวิจัยของ (บุญชัย ตันติกรกุล. 2546:) ได้ออกแบบอุปกรณ์กรองควันดำเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วยสองส่วน คือ ส่วนโครงสร้างภายนอก และส่วนไส้กรองทำจากเซรามิคลักษณะคล้ายรังผึ้ง มีรูปทรงความละเอียดสูงมากทนอุณหภูมิมากกว่า 1,000 องศาเซลเซียส สามารถต้านแรงดันไอเสียที่ไหลผ่านได้ และเมื่อใช้งานเป็นเวลานานๆ ไส้กรองจะเกิดการอุดตัน จึงถอดล้างทำความสะอาด

3. การวัดประสิทธิภาพของหม้อพักไอเสียแบบผสมฯ เทียบเกณฑ์มาตรฐานของกรมการขนส่งทางบก ในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการวัดระดับค่าควันดำ และเสียงดัง พร้อมกัน ตามวิธีการตรวจวัดของกรมการขนส่งทางบก จำนวน 10 ครั้ง ได้ระดับค่าเฉลี่ยควันดำ ร้อยละ 8.85 (ระบบบ๊อช) โดยที่เกณฑ์มาตรฐาน ฯ กำหนดระดับค่าควันดำไม่เกิน ร้อยละ 50 และได้ระดับค่าเฉลี่ยเสียงดัง 95.26 เดซิเบล (เอ) โดยที่เกณฑ์มาตรฐานฯ กำหนดระดับค่าเสียงดังไม่เกิน 100 เดซิเบล (เอ) ดังนั้นหม้อพักไอเสียแบบผสมฯที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นจึงมีประสิทธิภาพผ่านเกณฑ์มาตรฐานกำหนด แต่มีข้อสังเกตว่าระดับค่าเสียงดังที่วัดได้จะค่อนข้างสูง ทั้งนี้เนื่องมาจากโครงสร้างภายในของหม้อพักไอเสียแบบผสมฯ ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นมีความซับซ้อนน้อยกว่าหม้อพักไอเสียทั่วไป โดยพิจารณาจากส่วนประกอบทั่วไปของระบบไอเสียตามมาตรฐานอุตสาหกรรม (ม อ ก. 340- 2538) จึงทำให้คลื่นเสียงถูกทำลายได้น้อย นอกจากนี้โครงสร้างภายในของหม้อพักไอเสียแบบผสมฯ มีรูปแบบของการไหลแบบผ่านตรง (Through Flow) ซึ่งมีคุณสมบัติข้อดี คือ แรงดันย้อนกลับน้อย การลดเสียงดังคงที่ ส่วนข้อเสียในรูปแบบการไหลชนิดนี้ คือ จะลดเสียงดังได้ไม่มากนัก และสอดคล้องกับการทดสอบหม้อพักไอเสียแบบ Single Expansion Chamber ของมหาวิทยาลัยไดาโฮ (University of Idaho) แห่งสหรัฐอเมริกา ได้ออกแบบหม้อพักไอเสียรูปทรงกระบอกกลวง มีท่อนำการไหลเจาะรูพ่นกระจายอยู่ภายใน และนำไปติดตั้งทดสอบความถี่ของเสียงกับรถยนต์ทดสอบ

ขนาด 440 ซี.ซี. วัดระดับเสียงดังได้ประมาณ 72 – 85 เดซิเบล และได้สร้างหม้อพักไอเสียรูปทรงสี่เหลี่ยม ผนังด้วยวัสดุซับเสียง (Fiberglass) ทำการทดสอบความถี่ของเสียงกับเครื่องยนต์ขนาด 600 ซี.ซี. โดยมีผลการทดสอบ คือ สามารถลดเสียงดังได้ประมาณ 15 – 20 เดซิเบล

4.ในสถานการณ์ใช้งานจริงของหม้อพักไอเสียแบบผสมฯ กับรถยนต์ทดสอบ ตามระยะทางทดสอบที่กำหนด (5,000 กิโลเมตร) ในครั้งนี้ ผู้วิจัยพบว่าปริมาณเขม่าควันดำมีแนวโน้มเพิ่มตามระยะทางที่ใช้ทดสอบ คือ ในระยะทางทดสอบ 1,000 กิโลเมตร ได้ค่าเฉลี่ยระดับควันดำ ร้อยละ 9.95 และในระยะทางทดสอบ 5,000 กิโลเมตร ได้ค่าเฉลี่ยระดับควันดำ ร้อยละ 22.67 เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของระดับควันดำที่เพิ่มขึ้นจากการตรวจวัดด้วยวิธีการตามมาตรฐานของกรมการขนส่งทางบกทุกระยะทาง 1,000 กิโลเมตร จึงเห็นได้ว่าการสะสมเขม่าควันดำภายในโครงสร้างของหม้อพักไอเสียแบบผสมฯ ดังนั้นเมื่อนำไปใช้งานกับรถยนต์เครื่องยนต์ดีเซลเกินระยะทาง 5,000 กิโลเมตร ขึ้นไปอาจจะต้องถอดโครงสร้างห้องกันที่ส่งออกมาล้างทำความสะอาดเพื่อให้ระดับค่าควันดำลดลง ในขณะที่เดียวกันเมื่อพิจารณาระดับค่าเสียงดังจากเครื่องยนต์ของรถยนต์ทดสอบที่ได้ตรวจวัดด้วยวิธีการตามมาตรฐานของกรมการขนส่งทางบกทุกระยะทาง 1,000 กิโลเมตร ในระยะทางทดสอบ 5,000 กิโลเมตร พบว่าระดับค่าเสียงดังค่อนข้างคงที่ คือ ประมาณ 95 – 96 เดซิเบล (เอ) ดังนั้นจึงเป็นไปตามคุณสมบัติข้อดีของรูปแบบการไหลผ่านตรง (Through Flow) คือ แรงดันย้อนกลับน้อย การลดเสียงคงที่ และข้อเสียในรูปแบบการไหลชนิดนี้ คือ จะลดเสียงดังได้ไม่มากนัก และสอดคล้องกับการศึกษาเปรียบเทียบสมรรถนะของท่อเก็บเสียงแบบต่างๆ โดยการออกแบบ และสร้างท่อไอเสียจากทฤษฎี Reactive type คือ ใช้หลักการทำให้พลังงานเสียงลดลงด้วยการสะท้อนของคลื่นเสียงให้มาหักล้างกันเองภายในห้องกันที่มีส่วนขยายกว้าง (Single Expansion Chamber) ของ ไทธา สูดสวนสี และเพื่อน. (2540) . การศึกษาเปรียบเทียบสมรรถนะของท่อเก็บเสียงแบบต่างๆ . ปรินญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต(เครื่องกล). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. ถ่ายเอกสาร

5.การประเมินลักษณะทางด้านกายภาพ ของหม้อพักไอเสียแบบผสมฯ ทั้ง 3 ด้าน คือ ด้านความแข็งแรง ด้านความสวยงาม และด้านความเหมาะสมในการติดตั้งฯ โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน มีผลสรุปจากการวิเคราะห์ค่าทางสถิติที่ใช้วิจัยอยู่ในระดับเกณฑ์ดี จึงอภิปรายผลไว้ดังนี้

5.1 ด้านความแข็งแรง จากการเลือกใช้วัสดุเหล็กแผ่น ความหนา 2 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นเหล็กในกลุ่มเหล็กแผ่นบางสำหรับงานทั่วไป และงานขึ้นรูปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (ม อ ก. 528 – 2540) มีคุณสมบัติทางกล ในด้านการดึง การยืด การดัดโค้งขึ้นรูป และมีส่วนประกอบทาง

สารเคมี เช่น คาร์บอน แมงกานีส ฟอสฟอรัส กำมะถัน ทำให้เกิดความคงทนต่อสภาพกรด ด่าง และสารเคมี ดังนั้นหม้อพักไอเสียแบบผสมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจึงต้านทานแรงดันไอเสีย ความร้อน และการกัดกร่อนของสารเคมี ในสภาพการใช้งานจริงได้เป็นอย่างดี จึงทำให้มีผลระดับการประเมินค่าเฉลี่ย ด้านความแข็งแรง เท่ากับ 4.50 และความแตกต่างของค่าเฉลี่ย (t – test) เท่ากับ 1.35 สรุปผลเกณฑ์การประเมินอยู่ในระดับดีมาก

5.2 ด้านความสวยงาม จากการกำหนดรูปทรงกระบอกที่มีความกะทัดรัด สดส่วน และขนาดมีความเหมาะสม การประกอบโครงสร้างเรียบร้อยสมบูรณ์ ใช้สีทนความร้อนพ่นเคลือบผิวสวยงาม และมีความกลมกลืนกับระบบช่วงล่างของรถยนต์ทดสอบ ดังนั้นหม้อพักไอเสียแบบผสมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จึงมีความสวยงามเมื่อเทียบกับหม้อพักไอเสียของรถยนต์เครื่องยนต์ดีเซลทั่วไป จึงทำให้มีผลระดับการประเมินค่าเฉลี่ย ด้านความสวยงามเท่ากับ 4.20 และความแตกต่างของค่าเฉลี่ย (t – test) เท่ากับ 0.60 สรุปผลเกณฑ์การประเมินอยู่ในระดับดี

5.3 ด้านความเหมาะสมในการติดตั้งฯ จากการกำหนดบริเวณติดตั้งเข้ากับระบบไอเสีย ในตำแหน่งหม้อพักฯเดิมของรถยนต์ทดสอบ ซึ่งเป็นลักษณะการติดตั้งแบบเดียวกับการติดตั้งหม้อพักกลางในส่วนประกอบทั่วไปของหม้อพักไอเสีย ตามมาตรฐานอุตสาหกรรม (ม อ ก. 340 – 2538) จึงทำให้สามารถใช้อุปกรณ์ยึดหม้อพักไอเสียเดิมไม่ต้องดัดแปลงระบบไอเสีย การติดตั้งสะดวกรวดเร็ว และสามารถถอดโครงสร้างออกมาล้างทำความสะอาดได้ง่าย มีความเหมาะสมในการนำไปติดตั้งใช้งานจริงกับรถยนต์เครื่องยนต์ดีเซล จึงทำให้มีผลระดับการประเมินค่าเฉลี่ย ด้านความเหมาะสมในการติดตั้งฯ เท่ากับ 4.30 และความแตกต่างของค่าเฉลี่ย (t – test) เท่ากับ 1.30 สรุปผลเกณฑ์การประเมินอยู่ในระดับดี

ข้อเสนอแนะ

- 1.ควรใช้โลหะแผ่นที่บางลงกว่านี้เพื่อลดต้นทุนใน การผลิต
- 2.ควรปรับปรุงขนาด และรูปทรงให้เหมาะสมกับรถยนต์แต่ละรุ่น และยี่ห้อ
3. ควรใช้สแตนเลส เพื่อเพิ่มอายุการใช้งาน และขยายผลในเชิงพาณิชย์
- 4.ควรใช้วัสดุที่มีน้ำหนักเบาลงกว่านี้
5. การออกแบบควรมีรูปทรงอื่นด้วย

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัย

- 1.ควรศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ในด้านอื่นๆด้วย เช่น แรงดันย้อนกลับ และอัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง เป็นต้น

2.ควรศึกษาประสิทธิภาพของหม้อพักไอเสียแบบผสมฯในระยะทางมากกว่า5,000 กิโลเมตร เพื่อวัดระดับค่าควันดำที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอายุการใช้งาน

3. ควรศึกษา และออกแบบ ถึงการนำไปใช้งานกับรถยนต์เครื่องยนต์ดีเซลที่มีขนาดความจุกระบอกสูบมากกว่า 2,500 ซี.ซี. ขึ้นไป

4.ควรใช้รถยนต์เครื่องยนต์ดีเซลรุ่นอื่นๆในการทดสอบด้วย

บรรณานุกรม

- กรมควบคุมมลพิษ.(2544). **มลพิษทางเสียง**. กรุงเทพฯ ฯ : ชิลด์คลับ.
- กรมควบคุมมลพิษ.(2541). **โครงการพัฒนา และสาธิตระบบลดระดับเสียงของเรือหางยาว**.
กรุงเทพฯ ฯ: บริษัทเอส ที เอส เอ็นจิเนียริง คอนซัลแตนท์ จำกัด.
- ชูศรี วงศ์รัตนะ.(2546). **เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย**. พิมพ์ครั้งที่ 9 กรุงเทพฯ ฯ : เทพนิมิตการพิมพ์.
- ทวี ฉิมอ้อย ; และ มนุ เพ็ญพุ่ม. (2546). **ฟิสิกส์พื้นฐานระดับมหาวิทยาลัย 1**. พิมพ์ครั้งที่ 2.
กรุงเทพฯ ฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- ไธสง สดสวนสี ; และ ยสินทร์ ชานทอง.(2540). **การศึกษาและเปรียบเทียบสมรรถนะของท่อเก็บเสียงแบบต่างๆ**. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต(เครื่องกล). กรุงเทพฯ ฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. ถ่ายเอกสาร.
- ทวิช จิตรสมบัติ. (2547) **กลศาสตร์ของไหล**. กรุงเทพฯ ฯ : สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์เทคโนโลยีชาวบ้าน. เดลินิวส์.2543 มิถุนายน 1 ; หน้า 8
- นภาพร พานิช ; และ คณะ.(2547). **ตำราระบบบำบัดมลพิษอากาศ**. กรุงเทพฯ ฯ : ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- บดินทร์ชาติ สุขบท.(2546). **ฟิสิกส์ 1**. กรุงเทพฯ ฯ : สำนักพิมพ์สกายบุ๊กส์.
- บุญชัย ตันติกรกุล.(2546). **การศึกษาการลดปริมาณควันดำจากเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้น้ำมันปาล์มดีเซล**. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต(เครื่องกล). กรุงเทพฯ ฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- ประชาสันติ ไตรยสุทธิ.(2541). **การออกแบบเครื่องกรองควันดำแบบแห้งของเครื่องยนต์ดีเซล**. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต(เครื่องกล). กรุงเทพฯ ฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- พูลพร แสงบางปลา.(2537). **ไอเสียจากเครื่องยนต์และการควบคุม**. กรุงเทพฯ ฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์.(2538). **วิธีวิจัยทางพฤกษศาสตร์และสังคมศาสตร์**. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ ฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ภูวศิลป์ เกิดอินทร์.(2546). **การออกแบบและสร้างหม้อกรองไอเสียชนิดใช้น้ำสำหรับรถเครื่องยนต์ดีเซล**. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต(อุตสาหกรรมศึกษา). กรุงเทพฯ ฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.ถ่ายเอกสาร.

- ภานุรักษ์ ชูแก้ว; และ รัฐวุฒิ กลิ่นเล็ก.(2544). *การลดเสียงจากเครื่องยนต์ 2 (โครงการ ต่อเนื่อง)*. ปรินซ์นิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต(เครื่องกล). กรุงเทพฯ ฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. ถ่ายเอกสาร.
- รถยนต์ดีเซลเพิ่มทำมลพิษเพิ่ม. ไทยรัฐ. 2547 มกราคม 24 ; หน้า 12
- วีระศักดิ์ กรัยวิเชียร.(2542). *เครื่องยนต์ดีเซลและระบบน้ำมันเชื้อเพลิง*. กรุงเทพฯ ฯ : สำนักพิมพ์ ซีเอ็ดยูเคชั่น.
- สุทธิวงศ์ ไตรยุทธ.(2541). *การออกแบบเครื่องกรองควันดำแบบเปียกสำหรับเครื่องยนต์ดีเซล*. ปรินซ์นิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต(เครื่องกล). กรุงเทพฯ ฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- สำนักงานคุณภาพอากาศและเสียง.(2545). *สถานการณ์มลพิษทางอากาศและเสียงของประเทศ ไทย*. กรุงเทพฯ ฯ : กรมควบคุมมลพิษ.
- Crouse, William H.; and Anglin, Donald L.(1995). *Automotive Engines*. New York: McGraw-Hill.
- David, Lien A.(1975). *The Exhaust and Emission Control Systems*. New Jersey: Prentice-Hall, inc.
- Donaldson Co.(2006, August 26). *Silent Partner*. From [http:// WWW. Donaldson.com](http://WWW.Donaldson.com).
- Holgate, Stephen T.; etal.(1999). *Air Pollution and Health*. San Diego: Academic Press.
- Venk, Ernest A. ; and Billiet, Walter E. *Automotive Fundamentals*. Chicago: American Technical Society.



ที่ ศธ 0519.12/ 3 / ส ๖

บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท 23 เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110

30 มีนาคม 2550



เรื่อง ขออนุญาตเพื่อการศึกษาวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการ โรงเรียนเทคโนโลยีสยาม

เนื่องด้วย นายถาวร ไพจิตร นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาหม้อหุงไอเสียแบบผสม สำหรับรถยนต์เครื่องยนต์ดีเซล” โดยมี อาจารย์ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และอาจารย์โอภาส สุขหวาน เป็นคณะกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ในการนี้ นิสิตมีความจำเป็นต้องเก็บข้อมูลเพื่อการวิจัย โดยขอใช้อุปกรณ์ตรวจวัดระดับค่าควันดำ และระดับค่าเสียงดังจากรถยนต์ทดสอบ ในระหว่างเดือนเมษายน – สิงหาคม 2550

จึงเรียนมาเพื่อขออนุญาตให้ นายถาวร ไพจิตร ได้เก็บข้อมูลเพื่อการวิจัย และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เพ็ญศิริ จีระเดชากุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

รับทราบ
ผู้อำนวยการโรงเรียนเทคโนโลยีสยาม
17/3/50

ออกใบรับ
โรงเรียน

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 02-6495063 , 02-6641000 ต่อ 5731 , 5646

หมายเหตุ : สอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อ นิสิต โทรศัพท์ ---- มือถือ 089 - 9235403



ที่ ศธ 0519.12/3293

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุมนวิท 23 เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110

5 เมษายน 2550

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนเทคโนโลยีสยาม



เนื่องด้วย นายถาวร ไพจิตร นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาหม้อบักไอเสีย แบบผสม สำหรับรถยนต์ เครื่องยนต์ดีเซล” โดยมี อาจารย์ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และอาจารย์โอภาส สุขหวาน เป็นคณะกรรมการควบคุมทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ อาจารย์บำรุง บัวบาน เป็นผู้เชี่ยวชาญ ตรวจสอบสอบถาม เรื่อง การพัฒนาหม้อบักไอเสีย แบบผสม สำหรับรถยนต์ เครื่องยนต์ดีเซล

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้บุคลากรในสังกัด เป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายถาวร ไพจิตร และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เพ็ญสิริ จีระเชชากุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 02-6495063 , 02-6641000 ต่อ 5731 , 5646

หมายเหตุ : สอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อนิติ โทรศัพท์ ---- มือถือ 089-9235403



ที่ ศธ 0519.12/ 3๖๑๔

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110

5 เมษายน 2550

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคสุพรรณบุรี

เนื่องด้วย นายถาวร ไพจิตร นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาหม้อบักไอเสีย แบบ ผสม สำหรับรถยนต์ เครื่องยนต์ดีเซล” โดยมี อาจารย์ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และอาจารย์โอภาส สุขหวาน เป็นคณะกรรมการควบคุมทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ อาจารย์อำนวยการ งามเกตุสุข เป็นผู้เชี่ยวชาญ ตรวจสอบ เรื่อง การพัฒนาหม้อบักไอเสีย แบบ ผสม สำหรับรถยนต์ เครื่องยนต์ดีเซล

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้บุคลากรในสังกัด เป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายถาวร ไพจิตร และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เพ็ญศิริ จีระเดชากุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 02-6495063 , 02-6641000 ต่อ 5731 , 5646

หมายเหตุ : สอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อนิติ โทรทัศน์ ---- มือถือ 089-9235403



ที่ ศธ 0519.12/3๑๑

บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท 23 เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110

๕ เมษายน 2550

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยสารพัดช่างบริหาร – แจ่มใส สุพรรณบุรี

เนื่องด้วย นายถาวร ไพจิตร นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาหม้อหุงไอเสีย แบบผสม สำหรับรถยนต์ เครื่องยนต์ดีเซล” โดยมี อาจารย์ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และอาจารย์โอภาส สุขหวาน เป็นคณะกรรมการควบคุมทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ อาจารย์สุวัฒน์ งามยิ่ง เป็นผู้เชี่ยวชาญ ตรวจสอบแบบสอบถาม เรื่อง การพัฒนาหม้อหุงไอเสีย แบบผสม สำหรับรถยนต์ เครื่องยนต์ดีเซล

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้บุคลากรในสังกัด เป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายถาวร ไพจิตร และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เพ็ญศิริ จีระเดชากุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 02-6495063 , 02-6641000 ต่อ 5731 , 5646

หมายเหตุ : สอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อนิติ โทรศัพท์ ---- มือถือ 089-9235403



ที่ ศธ 0519.12/3/41

บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท 23 เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110

30 มีนาคม 2550

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา

เนื่องด้วย นางถาวร ไพจิตร นิสิตรระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาหม้อบักไอเสียแบบผสม สำหรับรถยนต์เครื่องยนต์ดีเซล” โดยมี อาจารย์ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และอาจารย์โอกาส สุขหวาน เป็นคณะกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ ท่าน เป็นผู้เชี่ยวชาญ ตรวจสอบสอบถาม เรื่อง การพัฒนาหม้อบักไอเสียแบบผสม สำหรับรถยนต์เครื่องยนต์ดีเซล

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณา เป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นางถาวร ไพจิตร และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 02-6495063 , 02-6641000 ต่อ 5731 , 5646

หมายเหตุ : สอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อนิติ โทรศัพท์ --- มือถือ 089-7130409

24/ม.ร



ที่ ศธ 0519.12/ 3 / 42

บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท 23 เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110

30 มีนาคม 2550

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุวัฒน์ อัจฉริยนนท์

เนื่องด้วย นายถาวร ไพจิตร นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาหม้อบักไอเสียแบบผสม สำหรับรถยนต์เครื่องยนต์ดีเซล” โดยมี อาจารย์ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และอาจารย์โอภาส สุขหวาน เป็นคณะกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ ท่าน เป็นผู้เชี่ยวชาญ ตรวจสอบแบบสอบถาม เรื่อง การพัฒนาหม้อบักไอเสียแบบผสม สำหรับรถยนต์เครื่องยนต์ดีเซล

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณา เป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายถาวร ไพจิตร และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เพ็ญศิริ จีระเชชากุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 02-6495063 , 02-6641000 ต่อ 5731 , 5646

หมายเหตุ : สอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อนิติศาสตร์ โทรศัพท --- มือถือ 089 - 7130409



ที่ ศธ 0519.12/ 3 / 3 ๑

บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท 23 เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110

30 มีนาคม 2550

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน อาจารย์ละเอียด รักษ์เฝ้า

เนื่องด้วย นายถาวร ไพจิตร นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาหม้อบักไอเสียแบบผสม สำหรับรถยนต์เครื่องยนต์ดีเซล” โดยมี อาจารย์ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และอาจารย์โอภาส สุขหวาน เป็นคณะกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ ท่าน เป็นผู้เชี่ยวชาญ ตรวจสอบแบบสอบถาม เรื่อง การพัฒนาหม้อบักไอเสียแบบผสม สำหรับรถยนต์เครื่องยนต์ดีเซล

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณา เป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายถาวร ไพจิตร และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เพ็ญศิริ จิระเชชากุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 02-6495063 , 02-6641000 ต่อ 5731 , 5646

หมายเหตุ : สอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อนิสิต โทรศัพท์ --- มือถือ 089 - 7130409



ที่ ศธ 0519.12/3140

บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท 23 เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110

30 มีนาคม 2550

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน อาจารย์สุคใจ เหง้าสีไพร

เนื่องด้วย นายถาวร ไพจิตร นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาหม้อบักไอเสียแบบผสม สำหรับรถยนต์เครื่องยนต์ดีเซล” โดยมี อาจารย์ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และอาจารย์โอภาส สุขหวาน เป็นคณะกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ ท่าน เป็นผู้เชี่ยวชาญ ตรวจสอบแบบสอบถาม เรื่อง การพัฒนาหม้อบักไอเสียแบบผสม สำหรับรถยนต์เครื่องยนต์ดีเซล จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณา เป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายถาวร ไพจิตร และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เพ็ญศิริ จีระเชชากุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 02-6495063 , 02-6641000 ต่อ 5731 , 5646

หมายเหตุ : สอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อ นิสิต โทรศัพท์ --- มือถือ 089 – 7130409



ที่ ศธ 0519.12/3๖๑๕

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110

5 เมษายน 2550

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน อาจารย์สมหวัง เกียรติเจริญ

เนื่องด้วย นายถาวร ไพจิตร นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาหม้อหุงไอลีเย แบบผสม สำหรับรถยนต์ เครื่องยนต์ดีเซล” โดยมี อาจารย์ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และอาจารย์โอภาส สุขหวาน เป็นคณะกรรมการควบคุมทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญ ตรวจสอบแบบสอบถาม เรื่อง การพัฒนาหม้อหุงไอลีเย แบบผสม สำหรับรถยนต์ เครื่องยนต์ดีเซล

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณา เป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายถาวร ไพจิตร และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เพ็ญศิริ จีระเชชากุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 02-6495063 , 02-6641000 ต่อ 5731 , 5646

หมายเหตุ : สอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อ นิสิต โทรศัพท์ ---- มือถือ 089-9235403

มอบหมายให้ผู้เชี่ยวชาญ

8/5/50



ที่ ศธ 0519.12/ 3๖๖ ๔

บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท 23 เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110

๕ เมษายน 2550

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน อาจารย์อำนาจ แสงอินทร์

เนื่องด้วย นายถาวร ไพจิตร นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาหม้อหุงไอลีเย แบบผสม สำหรับรถยนต์ เครื่องยนต์ดีเซล” โดยมี อาจารย์ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และอาจารย์โอภาส สุขหวาน เป็นคณะกรรมการควบคุมทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญ ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญ ตรวจสอบแบบสอบถาม เรื่อง การพัฒนาหม้อหุงไอลีเย แบบผสม สำหรับรถยนต์ เครื่องยนต์ดีเซล

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณา เป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายถาวร ไพจิตร และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เพ็ญศิริ จิระเศชากุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 02-6495063 , 02-6641000 ต่อ 5731 , 5646

หมายเหตุ : สอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อ นิสิต โทรศัพท์ ---- มือถือ 089-9235403



ที่ ศธ 0519.12/3540

บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท 23 เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110

/4 พฤษภาคม 2550

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน อาจารย์วินัส ทัดเนียม

เนื่องด้วย นายถาวร ไพจิตร นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาหม้อพักไอเสียแบบผสมสำหรับรถยนต์ เครื่องยนต์ดีเซล” โดยมี อาจารย์ไพรัช วงศ์ยุทธไกร ประธานควบคุมปริญญานิพนธ์ และ อาจารย์โอภาส สุขหวาน กรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบสอบถาม เรื่อง การพัฒนาหม้อพักไอเสียแบบผสมสำหรับรถยนต์ เครื่องยนต์ดีเซล

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายถาวร ไพจิตร และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เพ็ญศิริ จีระเชชากุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 02-6495063 , 02-6641000 ต่อ 5731 , 5646

หมายเหตุ: สอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อนิติ โทรศัพทมือถือ 089-923-5403



ที่ ศธ 0519.12/3541

บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สุขุมวิท 23 เขตวัฒนา กรุงเทพฯ 10110

14 พฤษภาคม 2550

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน อาจารย์ศศิวิมล มาแสง

เนื่องด้วย นายถาวร ไพจิตร นิตยระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาหม้อพักไอเสีย แบบผสมสำหรับรถยนต์ เครื่องยนต์ดีเซล” โดยมี อาจารย์ไพรัช วงศ์ยุทธไกร ประธานควบคุม ปริญญานิพนธ์ และ อาจารย์โอภาส สุขหวาน กรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัยขอเรียนเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบสอบถาม เรื่อง การพัฒนาหม้อพักไอเสีย แบบผสมสำหรับรถยนต์ เครื่องยนต์ดีเซล

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายถาวร ไพจิตร และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เพ็ญศิริ จีระเดชากุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

โทร. 02-6495063 , 02-6641000 ต่อ 5731 , 5646

หมายเหตุ: สอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อนิติ โทรศัพทมือถือ 089-923-5403

ภาคผนวก ข. แบบสอบถามลักษณะทางกายภาพ

แบบสอบถาม

เรื่อง : การพัฒนาหัตถ์พักไอเสียแบบผสม สำหรับรถยนต์เครื่องยนต์ดีเซล

คำชี้แจง : แบบสอบถามชุดนี้สร้างขึ้นเพื่อให้ประเมินลักษณะทางกายภาพ โดยผู้เชี่ยวชาญ
เกี่ยวกับความแข็งแรง ความสวยงาม และความเหมาะสมในการติดตั้ง แบ่งเป็น
3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 วัตถุประสงค์ของแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 สถานภาพของผู้เชี่ยวชาญ ประกอบด้วยคำถามจำนวน 6 ข้อ

ตอนที่ 3 ข้อคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ประกอบด้วยคำถามจำนวน 3 ข้อ
และข้อเสนอแนะเพิ่มเติมของผู้เชี่ยวชาญ

ตอนที่ 1 วัตถุประสงค์ของแบบสอบถาม

แบบสอบถามชุดนี้สร้างขึ้นเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัย มีวัตถุประสงค์เพื่อสอบถามลักษณะทางกายภาพ ของหม้อพักไอเสียที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น เกี่ยวกับความแข็งแรง ความสวยงาม ความเหมาะสมในการติดตั้ง โดยที่ข้อคำถามจะครอบคลุมถึงลักษณะลักษณะทางกายภาพทั้ง 3 ด้าน และความเป็นไปได้ในการใช้งานจริงกับรถยนต์เครื่องยนต์ดีเซล

ตอนที่ 2 สถานภาพของผู้เชี่ยวชาญ ประกอบด้วยคำถามจำนวน 6 ข้อ

กรุณาเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในกรอบ () หน้าข้อที่ตรงกับความเป็นจริง และเติมคำลงในช่องว่าง

1 ผู้เชี่ยวชาญด้าน

- () วิศวกรรมเครื่องกล
- () วิศวกรรมการผลิต
- () วิศวกรรมยานยนต์
- () ผู้ประกอบการร้านท่อไอเสีย และระดับยนต์
- () ช่างผู้ชำนาญงานด้านท่อไอเสียรถยนต์ ประสบการณ์ 10 ปีขึ้นไป
- () อื่นๆ

2 ระดับการศึกษาขั้นสูงสุด

- () ปริญญาเอก วุฒิ.....สถาบันศึกษา.....
- () ปริญญาโท วุฒิ.....สถาบันศึกษา.....
- () อื่นๆ

3 ประสบการณ์สอน หรือทำงานในด้านวิศวกรรม.....ปี

4 ประสบการณ์การดำเนินธุรกิจ ที่เกี่ยวข้องกับการผลิต ติดตั้ง และจำหน่ายอุปกรณ์ระดับยนต์ หรือมีความชำนาญงานด้านท่อไอเสียรถยนต์ปี

5 ตำแหน่งหน้าที่ในปัจจุบัน.....

6 สถานที่ทำงาน

.....

.....

ตอนที่ 3 ข้อคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ประกอบด้วยคำถามจำนวน 5 ข้อ

คำชี้แจง : แบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับลักษณะทางกายภาพของหม้อพักไอเสียที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น ได้แบ่งการประเมินค่าคะแนนเป็น 5 ระดับ ในแต่ละข้อคำถาม โปรดเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับคะแนนตามความเห็นของท่าน และกรุณาเขียนข้อเสนอแนะเพิ่มเติมตามที่ท่านเห็นสมควร

ค่าระดับคะแนนที่กำหนด

- | | |
|---|---|
| 5 | หมายถึง ผลการประเมินในระดับดีมาก |
| 4 | หมายถึง ผลการประเมินในระดับดี |
| 3 | หมายถึง ผลการประเมินในระดับพอใช้ |
| 2 | หมายถึง ผลการประเมินในระดับต้องปรับปรุง |
| 1 | หมายถึง ผลการประเมินในระดับใช้ไม่ได้ |

ตอนที่ 1 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับคุณสมบัติของวัสดุ และลักษณะความแข็งแรง ของหม้อพักไอเสียที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น

รายการประเมิน ลักษณะความแข็งแรง	ระดับคุณภาพ				
	ดีมาก 5	ดี 4	พอใช้ 3	ปรับปรุง 2	ใช้ไม่ได้ 1
-วัสดุที่ใช้มีสมบัติทางกลในการต้านแรง ดึง และแรงยืด การตัด โคง่ง ทำให้ สามารถนำมาขึ้นรูปผลิตภัณฑ์งาน					
-สามารถทนความร้อน และแรงดันไอ เสียจากเครื่องยนต์					
-วัสดุที่ใช้มีส่วนประกอบทางทางเคมี เช่น คาร์บอน แมงกานีส ฟอสฟอรัส กำมะถัน ทำให้เกิดความทนทานต่อ สภาพกรดด่าง และสารเคมี					
-ความแข็งแรงของรอยเชื่อมและการ ยึดเหนี่ยวหน้าแปลนแน่นหนามั่นคง มีความทนทานต่อสภาพการใช้งานจริง					

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมของผู้เชี่ยวชาญ

.....

.....

.....

.....

.....

ตอนที่ 2 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับลักษณะความสวยงาม ของหม้อพักไอเสียที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น

รายการประเมิน ลักษณะความสวยงาม	ระดับคุณภาพ				
	ดีมาก 5	ดี 4	พอใช้ 3	ปรับปรุง 2	ใช้ไม่ได้ 1
-ลักษณะรูปทรงมีความกระทัดรัด					
-สัดส่วน และขนาดมีความเหมาะสม					
-การประกอบโครงสร้าง และการ ตกแต่งมีความเรียบร้อยสมบูรณ์					
-มีความกลมกลืนกับช่วงล่างของรถยนต์ ที่ใช้ทดสอบ					
-สีทนความร้อนที่ใช้พ่นเคลือบผิวมี ความสวยงาม					

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมของผู้เชี่ยวชาญ

.....

.....

.....

.....

.....

ตอนที่ 3 ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับลักษณะความเหมาะสมในการติดตั้งกับระบบไอเสียรถยนต์

รายการประเมิน ความเหมาะสมในการติดตั้ง ฯ	ระดับคุณภาพ				
	ดีมาก 5	ดี 4	พอใช้ 3	ปรับปรุง 2	ใช้ไม่ได้ 1
-สามารถติดตั้งแทนที่หม้อพักไอเสียเดิมได้อย่างเหมาะสม					
-สามารถใช้อุปกรณ์ยึดหม้อพักไอเสียเดิม โดยไม่ต้องดัดแปลงระบบไอเสีย					
-การติดตั้งสะดวก และรวดเร็ว					
-สามารถถอดโครงสร้างออกมาล้างทำความสะอาดได้ง่าย					
-มีความเหมาะสมในการนำไปติดตั้งใช้งานจริงกับรถยนต์เครื่องยนต์ดีเซลทั่วไป					

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมของผู้เชี่ยวชาญ

.....

.....

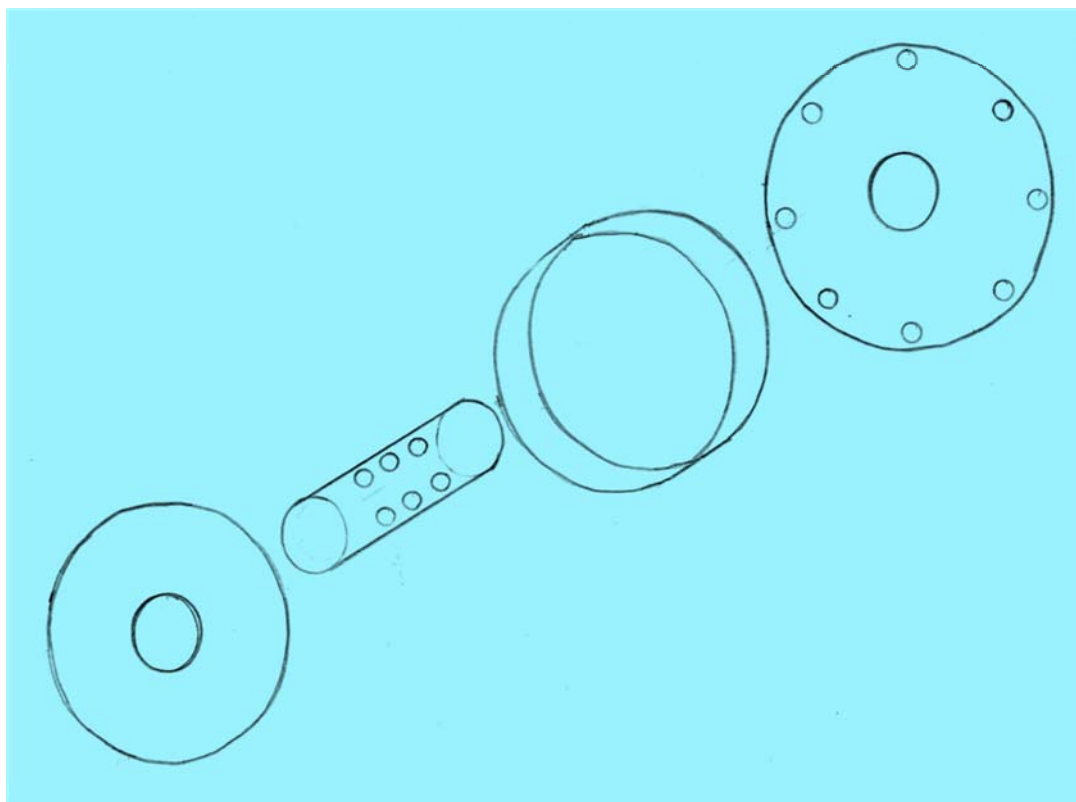
.....

.....

.....

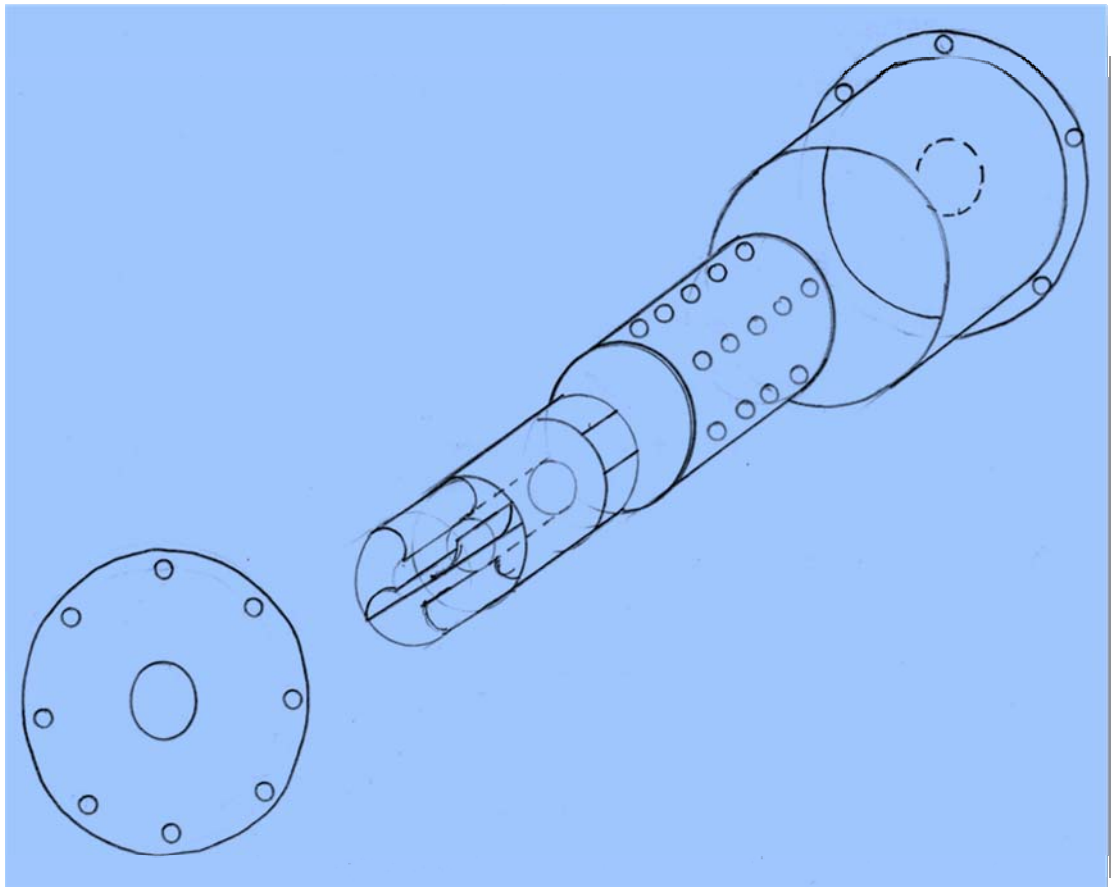
ขอขอบคุณที่ท่านได้ให้ความกรุณาแสดงความคิดเห็น และข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์ยิ่งสำหรับการวิจัยครั้งนี้

ภาคผนวก ค. ภาพการออกแบบห้องเก็บที่ 1



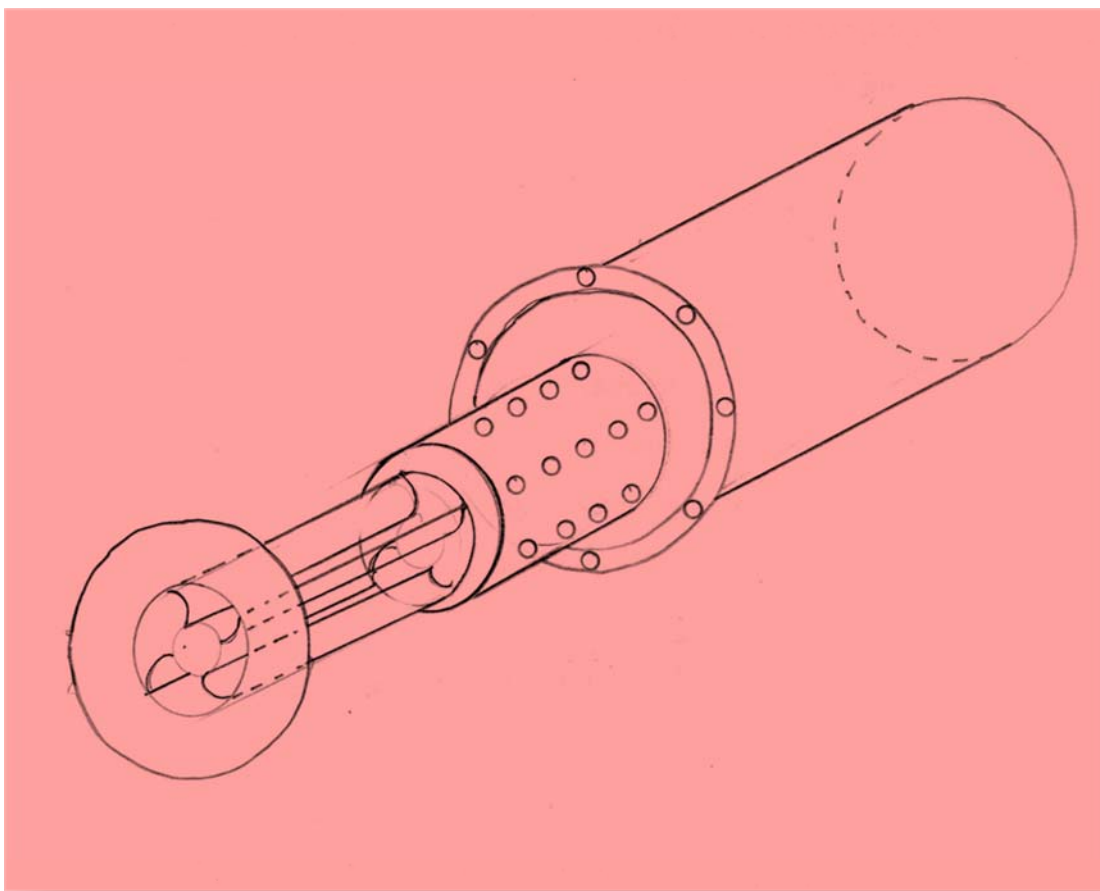
ภาพแสดงการออกแบบโครงสร้าง และส่วนประกอบภายในห้องกั้นที่ 1

ภาคผนวก ง. ภาพการออกแบบห้องกันที่ 2



ภาพแสดงการออกแบบโครงสร้าง และส่วนประกอบภายในห้องกังหันที่ 2

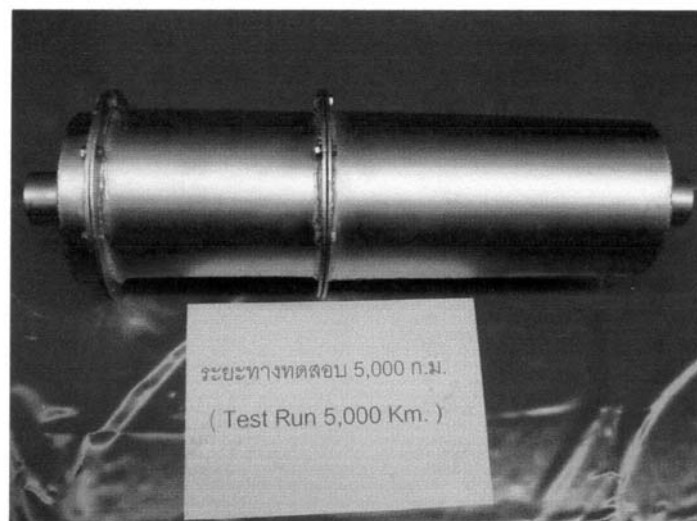
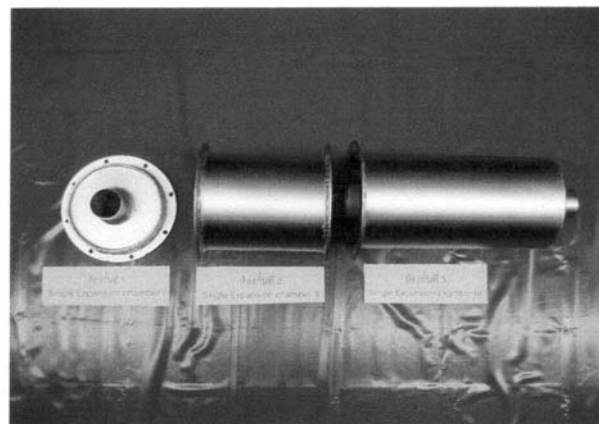
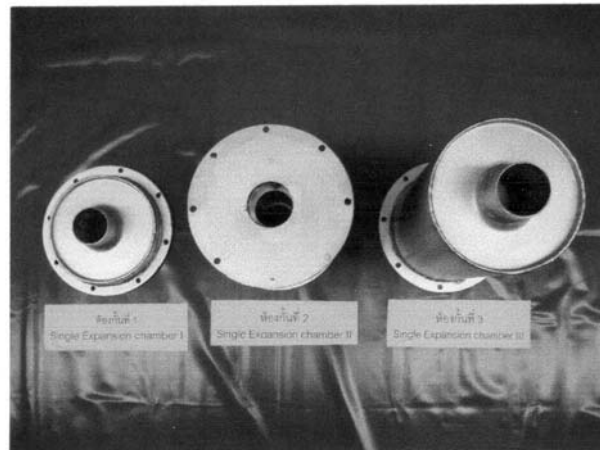
ภาคผนวก จ. ภาพการออกแบบห้องกันที่ 3



ภาพแสดงการออกแบบโครงสร้าง และส่วนประกอบภายในห้องกังหันที่ 3

ภาคผนวก ฉ. ภาพแสดงโครงสร้างหม้อพักไอเสีย แบบผสมๆ

ภาพแสดง โครงสร้างหม้อพักไอเสียแบบผสม ฯ

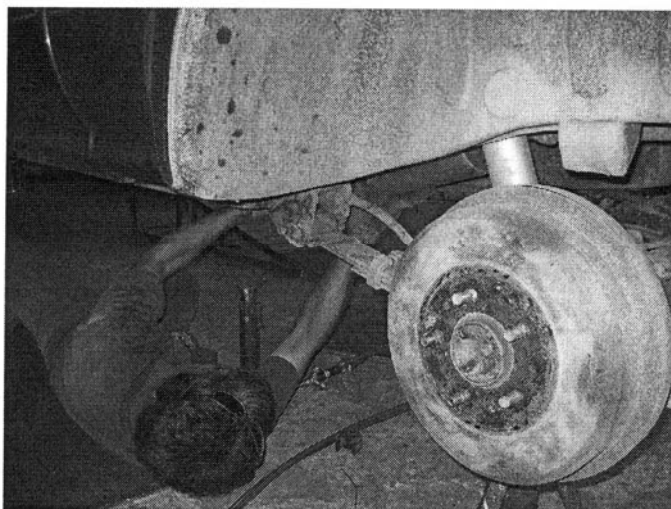


ภาพแสดงโครงสร้าง และส่วนประกอบ (ต่อ)

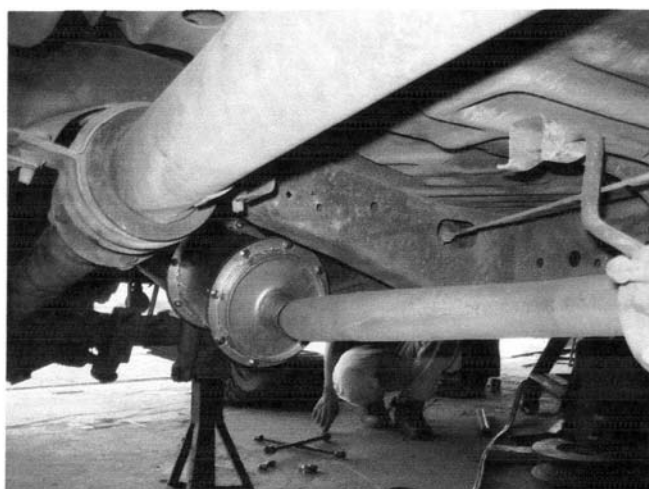
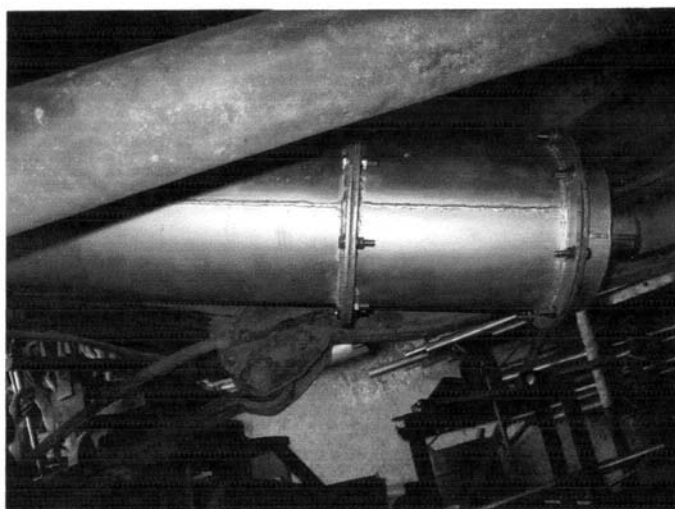


ภาคผนวก ข. ภาพแสดงการติดตั้งหม้อพักไอเสียแบบผสม ฯ

ภาพแสดงการติดตั้งหม้อพักไอเสียแบบผสม ๑ กับรถยนต์ทดสอบ

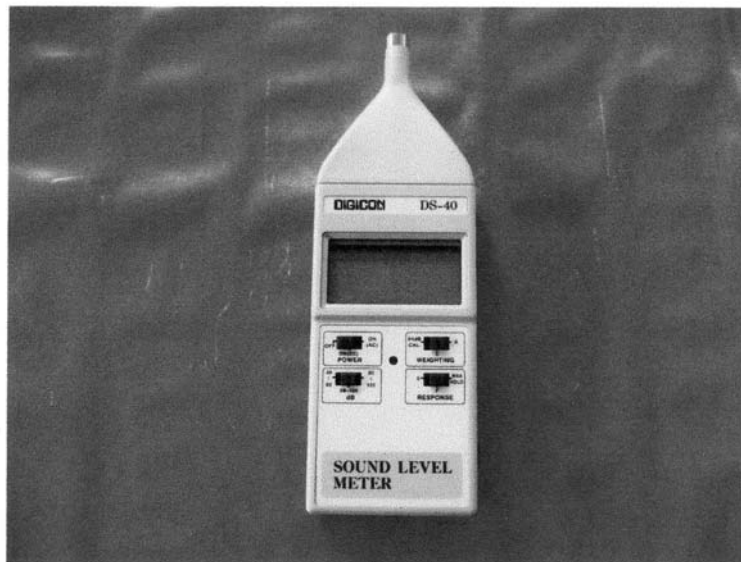


ภาพแสดงการติดตั้งหม้อพักไอเสียแบบผสม ๆ กับรถยนต์ทดสอบ (ต่อ)



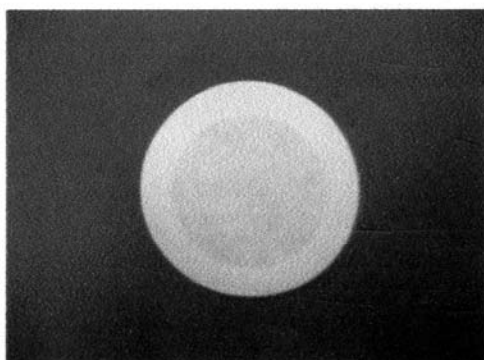
ภาคผนวก ข. ภาพแสดงเครื่องมือวัดวันดำ และเสียงดัง

ภาพแสดงเครื่องมือวัดระดับค่าควันดำ และเสียงดัง

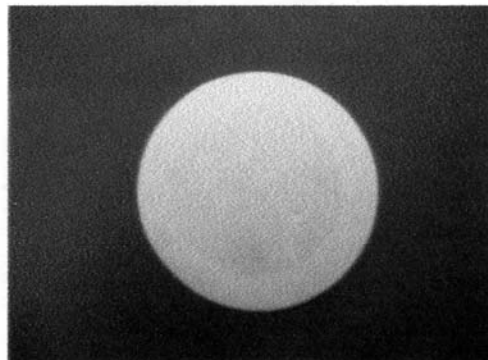


ภาคผนวก ณ. ภาพแสดงเขม่าควันดำบนกระดาดากรอง

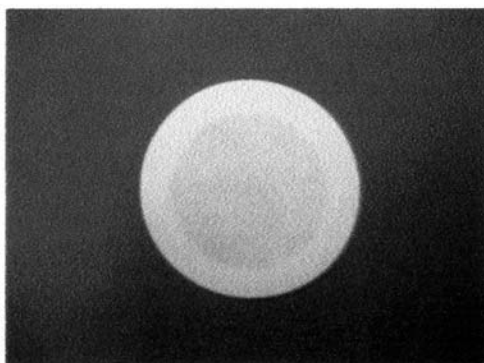
ภาพแสดงเขม่าควันดำบนกระดาษกรอง



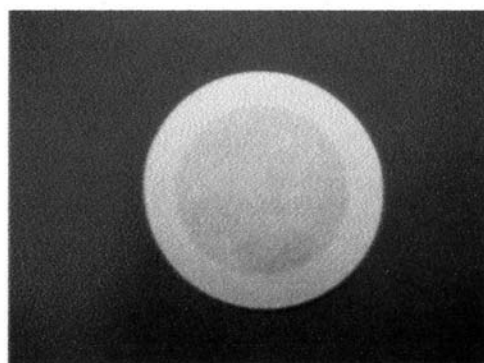
8.5%



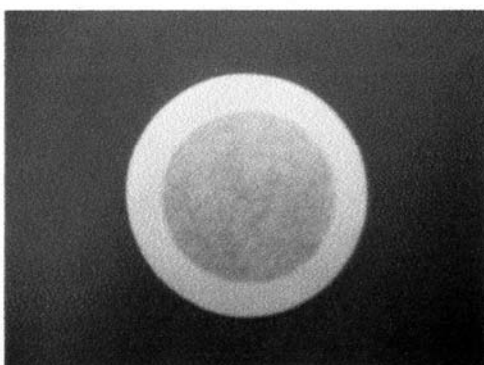
8.3%



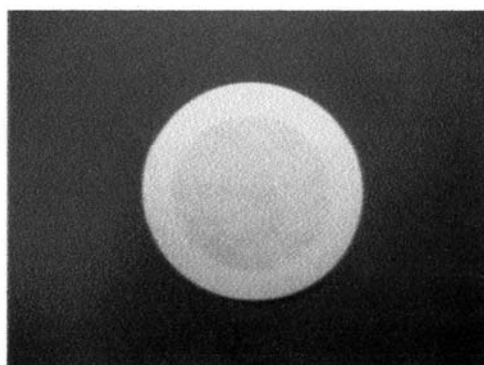
8.5%



8.9%



9.5%



8.6%

ภาคผนวก ญ. รายการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมท่อไอเสียรถยนต์

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ท่อไอเสียรถยนต์

มอก. ๓๔๐-๒๕๒๘

พิมพ์เพิ่มเติมครั้งที่ ๑ พ.ศ. ๒๕๒๘ จำนวน ๗๐๐ เล่ม

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

กระทรวงอุตสาหกรรม ถนนพระรามที่ ๖ กรุงเทพฯ ๑๐๔๐๐

โทรศัพท์ ๒๘๒๓๘๒๑, ๒๘๑๗๕๕๕, ๒๘๑๗๕๕๗-๕

ประกาศในราชกิจจานุเบกษาฉบับพิเศษ เล่ม ๑๐๒ ตอนที่ ๑๐๖

วันที่ ๑๕ สิงหาคม พุทธศักราช ๒๕๒๘

คณะกรรมการวิชาการคณะที่ ๒๕๓
มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมท่อไอเสียรถยนต์
จักรยานยนต์ และเรือยนต์

ประธานกรรมการ	
นายอนันต์ มีชูเวท	ผู้แทนสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
กรรมการ	
นายสรยุทธ ภูมิกล้า	ผู้แทนสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ
พ.ด.อ. สามารถ งามบุญ	ผู้แทนกองบังคับการตำรวจจราจร
นายวรวิทย์ อิงภากรณ์	ผู้แทนวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย
	ในพระบรมราชูปถัมภ์
นายชัยโรจน์ คุณพินิจกิจ	ผู้แทนคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.อ. สมจิตต์ กัญญา	ผู้แทนกรมการขนส่งทางบก
นายประภัสสร สุชะจาดี	ผู้แทนบริษัท โคโยต้ามอเตอร์ ประเทศไทย จำกัด
นายจักรกฤษณ์ เชื้อแพทย์	ผู้แทนบริษัท ไทยซูซูกิมอเตอร์ จำกัด
นายสัมพันธ์ พันธุ์พาณิชย์	ผู้แทนบริษัท ยานกั้นท์ จำกัด
นายวรวิทย์ เพื่องวิจิตราน	ผู้แทนบริษัท สยามพาร์ทส แอนด์ เอ็นจิเนียริง จำกัด
นายณรงค์ ชมแสงจันทร์	ผู้แทนบริษัท ออโต พาธ อินดัสตรีส์ จำกัด
นายประพจน์ เคชะมานะพงษ์	ผู้แทนร้านรวมมิตรท่อไอเสีย
นายวัชรพงศ์ ไทเขนทร์	ผู้แทนกรมการขนส่งทางบก
กรรมการและเลขานุการ	
นางสาวรัชดา พงษ์เจริญสุข	ผู้แทนสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ท่อไอเสียรถยนต์ นี้ ได้ประกาศใช้เป็นครั้งแรกตามมาตรฐานเลขที่ มอก. ๓๔๐-๒๕๒๓ ซึ่งประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม ๕๗ ตอนที่ ๑๑๗ ลงวันที่ ๔ สิงหาคม พุทธศักราช ๒๕๒๓ และได้แก้ไขเพิ่มเติมครั้งที่ ๑ ตามประกาศในราชกิจจานุเบกษาฉบับพิเศษ เล่ม ๑๐๑ ตอนที่ ๑๗๘ ลงวันที่ ๓๐ พฤศจิกายน พุทธศักราช ๒๕๒๗ ต่อมาปรากฏว่ามีปัญหาในทางปฏิบัติ คณะกรรมการวิชาการได้พิจารณาเห็นสมควรยกเลิกมาตรฐานฉบับเก่า และกำหนดขึ้นใหม่เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพอุตสาหกรรม และความจำเป็นในการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้เทียบเท่าที่เป็นอยู่ในต่างประเทศ

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนดโดยใช้เอกสารต่อไปนี้เป็นแนวทาง

ISO 5130-1982	Measurement of noise emitted by stationary road vehicles –Survey method
MIL-M-52590 A(ME) – 1983	Military specification : mufflers, exhaust, internal combustion engine, general purpose
SAE J 261 – 1983	Muffler parts nomenclature
SAE J 262 – 1983	Resonator parts nomenclature

คณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้พิจารณามาตรฐานนี้แล้วเห็นสมควรเสนอรัฐมนตรีประกาศตามมาตรา ๑๕ แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. ๒๕๑๑



ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม

ฉบับที่ ๕๓๘ (พ.ศ. ๒๕๒๘)

ออกตามความในพระราชบัญญัติมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

พ.ศ. ๒๕๑๑

เรื่อง ยกเลิกมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ระบบท่อไอเสียรถยนต์

และ กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ท่อไอเสียรถยนต์

โดยที่เป็นการสมควรปรับปรุงมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
ระบบท่อไอเสียรถยนต์ มาตรฐานเลขที่ มอก. ๓๔๐-๒๕๒๗

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๑๕ แห่งพระราชบัญญัติมาตรฐาน
ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. ๒๕๑๑ รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม
ออกประกาศยกเลิกประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ ๔๖๕ (พ.ศ.
๒๕๒๓) เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ระบบท่อไอเสีย
รถยนต์ ลงวันที่ ๑๖ กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๒๓ ซึ่งแก้ไขเพิ่มเติมโดยประกาศ
กระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ ๘๕๐ (พ.ศ. ๒๕๒๗) เรื่องแก้ไขมาตรฐาน
ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ระบบท่อไอเสียรถยนต์ (แก้ไขครั้งที่ ๑) ลงวันที่

(๕)

๑๖ พฤศจิกายน พ.ศ. ๒๕๒๗ และออกประกาศกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์
อุตสาหกรรม ท่อไอเสียรถยนต์ มาตรฐานเลขที่ มอก. ๓๔๐-๒๕๒๘
ขึ้นใหม่ ดังมีรายการละเอียดต่อท้ายประกาศนี้

ทั้งนี้ ตั้งแต่วันที่ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ ๒๕ กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๒๘

จิรายุ อิศรางกูร ณ อยุธยา

รัฐมนตรีช่วยว่าการฯ ปฏิบัติราชการแทน

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

มอก. ๓๔๐-๒๕๒๘

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ท่อไอเสียรถยนต์

1. ขอบข่าย

- 1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนด วัสดุ ส่วนประกอบและความเรียบร้อย คุณลักษณะที่ต้องการ เครื่องหมายและฉลาก การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน และการทดสอบท่อไอเสียรถยนต์ของรถยนต์นั่ง รถยนต์โดยสาร และรถยนต์บรรทุก

2. บทนิยาม

ความหมายของคำที่ใช้ในมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้ มีดังต่อไปนี้

- 2.1 ท่อไอเสียรถยนต์ ซึ่งต่อไปในมาตรฐานนี้จะเรียกว่า “ท่อไอเสีย” (exhaust system) หมายถึง อุปกรณ์ที่ใช้ระบายและลดเสียงไอเสียซึ่งเกิดจากการสันดาปภายในเครื่องยนต์สู่บรรยากาศ ประกอบด้วยท่อส่งไอเสีย (exhaust pipe) และหม้อพัก (muffler or silencer) ส่วนใดส่วนหนึ่งหรือรวมกัน
- 2.2 ท่อส่งไอเสีย หมายถึง ท่อที่ลำเลียงไอเสียออกสู่บรรยากาศ
- 2.3 หม้อพัก หมายถึง อุปกรณ์ที่สามารถลดระดับเสียงของไอเสียให้น้อยลง

มอก. ๓๔๐-๒๕๒๘

3. วัสดุ ส่วนประกอบและความเรียบร้อย

3.1 วัสดุ

3.1.1 ความหนา

วัสดุที่ใช้ทำส่วนต่าง ๆ ของท่อไอเสีย ให้เป็นไปตามตารางที่ 1
การทดสอบให้วัดด้วยเครื่องวัดที่มีความละเอียด 0.01 มิลลิเมตร

3.1.2 ความทนทานต่อการกัดกร่อน

สำหรับเหล็กกล้าชุบอะลูมิเนียมและเหล็กกล้าไร้สนิม เมื่อทดสอบ
ตามภาคผนวก ก. แล้ว น้ำหนักของวัสดุจะสูญหายไปได้ไม่เกิน
88 กรัมต่อตารางเมตรของพื้นที่ผิว

3.1.3 การเกาะแน่นของผิวชุบ

สำหรับเหล็กกล้าชุบสังกะสี และเหล็กกล้าชุบอะลูมิเนียม เมื่อ
ทดสอบตามภาคผนวก ข. แล้ว ผิวชุบต้องไม่ลอก ไม่เป็น
สะเก็ดและเนื้อเหล็กต้องไม่แตกร้าว

3.2 ส่วนประกอบ

3.2.1 ส่วนประกอบโดยทั่วไปของท่อไอเสียแนะนำให้เป็นไปตามรูปที่ 1

3.2.2 ข้อต่อหรือหน้าแปลนของท่อไอเสีย แนะนำให้เป็นไปตามรูปที่ 2

3.2.3 ส่วนประกอบภายในโดยทั่วไปของหม้อพักกลางและหม้อพัก
ปลาย แนะนำให้เป็นไปตามรูปที่ 3 และรูปที่ 4 ตามลำดับ

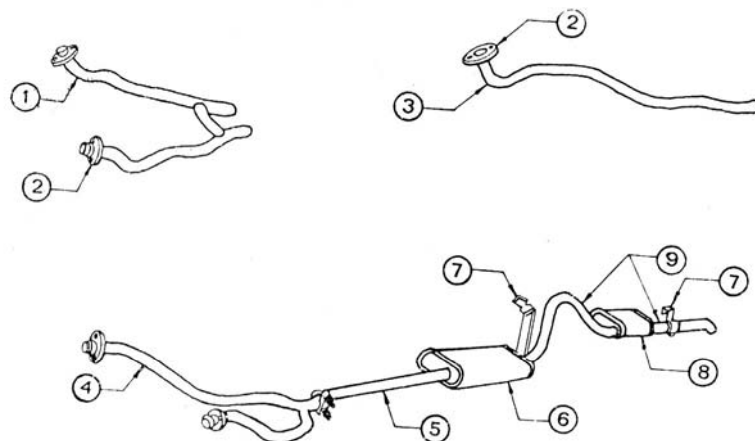
ตารางที่ 1 ความหนาของวัสดุที่ใช้ทำส่วนต่างๆ ของท่อไอเสีย
(ข้อ 3.1.1)

ส่วนของท่อไอเสีย	ความหนา มิลลิเมตร ไม่น้อยกว่า			
	เหล็กกล้าธรรมดา	เหล็กกล้าชุบสังกะสี	เหล็กกล้าชุบอะลูมิเนียม	เหล็กกล้าไร้สนิม
ท่อส่งไอเสีย	1.46	1.23 (1.04)	1.06	1.08
ท่อต่าง ๆ ภายในหม้อพัก	1.10	0.84	0.86	0.88
ผนังหม้อพัก				
			1.06 (0.86)	1.08 (0.88)
แผ่นกั้นภายในหม้อพัก				
			1.06 (ไม่กำหนด)	1.08 (ไม่กำหนด)
ฝาส่วนหน้า-หลัง				
			1.06	1.08

- หมายเหตุ 1. ความหนาของเหล็กกล้าชุบสังกะสี และเหล็กกล้าชุบอะลูมิเนียม เป็นความหนาเมื่อชุบผิวแล้วทั้งสองด้าน
2. ในกรณีที่ใช้แผ่นเหล็กกล้า 2 ชั้น ความหนาต่ำสุดที่กำหนด หมายถึง ผลบวกของความหนาแต่ละชั้น
3. ในกรณีที่ใช้เหล็กกล้า 2 ชนิด ทำหม้อพัก 2 ชั้น เหล็กกล้าแต่ละชั้นต้องมีน้ำหนักมากกว่าครึ่งหนึ่งของเกณฑ์ที่กำหนดไว้สำหรับเหล็กกล้าแต่ละชนิด
4. อาจใช้เหล็กกล้าอื่น ๆ ทำผนังหม้อพัก แผ่นกั้นภายในหม้อพักและฝาส่วนหน้า-หลังได้ แต่ต้องมีความหนา ความหนาตามต้องการก่อน และการเกาะแน่นของผิวชุบ เช่นเดียวกับเหล็กกล้าชุบอะลูมิเนียม
5. อาจใช้ค่าหรือความในวงเล็บได้ ไม่เกินวันที่ 30 มิถุนายน 2529

มอก. ๓๔๐-๒๕๒๘

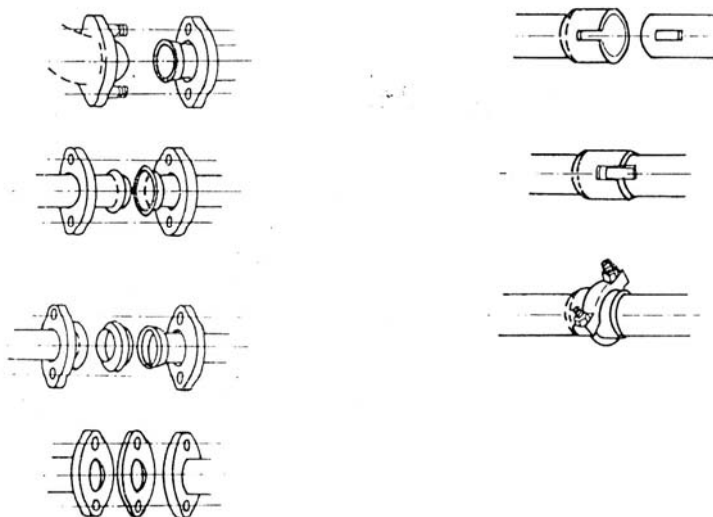
มอก. ๓๔๐-๒๕๒๘



- ① คือ ท่อส่งไอเสียรูปตัว H สำหรับเครื่องยนต์ที่มีระบบขับไอเสีย 2 ทาง
- ② คือ ข้อต่อหรือหน้าแปลนท่อส่งไอเสีย ซึ่งเชื่อมต่อกับท่อร่วมไอเสียของเครื่องยนต์
- ③ คือ ท่อส่งไอเสีย ซึ่งต่อจากท่อร่วมไอเสียของเครื่องยนต์
- ④ คือ ท่อส่งไอเสียรูปตัว Y สำหรับเครื่องยนต์รูป V (V-type engine)
- ⑤ คือ ท่อรวม หรือท่อตอนกลาง (intermediate pipe) ซึ่งต่อรวมเพื่อเข้ากับหม้อพักกลาง
- ⑥ คือ หม้อพักกลาง
- ⑦ คือ ทุเกี้ยว (hanger) ซึ่งจับยึดท่อไอเสียเข้ากับค้ำยันพาหนะ
- ⑧ คือ หม้อพักปลาย
- ⑨ คือ ท่อตอนปลาย (tail pipe) ซึ่งออกจากหม้อพักปลายเพื่อลำเลียงไอเสียออกสู่บรรยากาศ

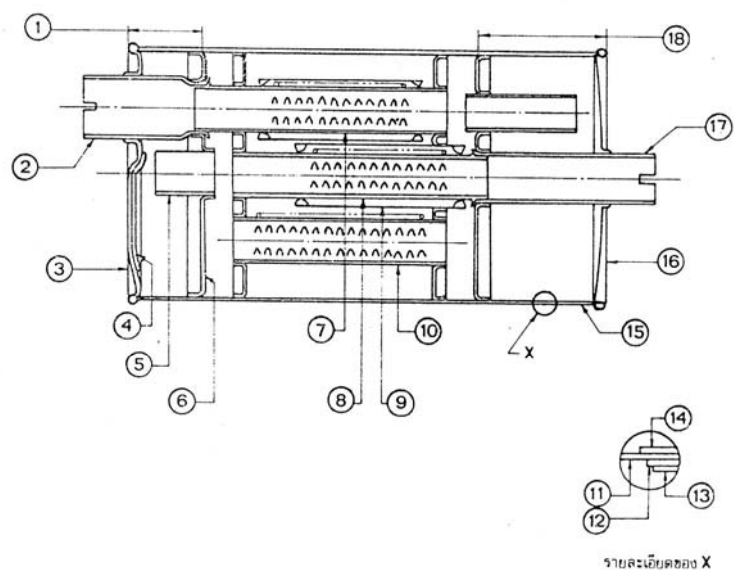
รูปที่ 1 ส่วนประกอบโดยทั่วไปของท่อไอเสีย
(ข้อ 3.2.1)

มอก. ๓๔๐-๒๕๒๘



รูปที่ 2 ขั้วต่อหรือหน้าแปลนท่อไอเสีย
ข้อ (3.2.2)

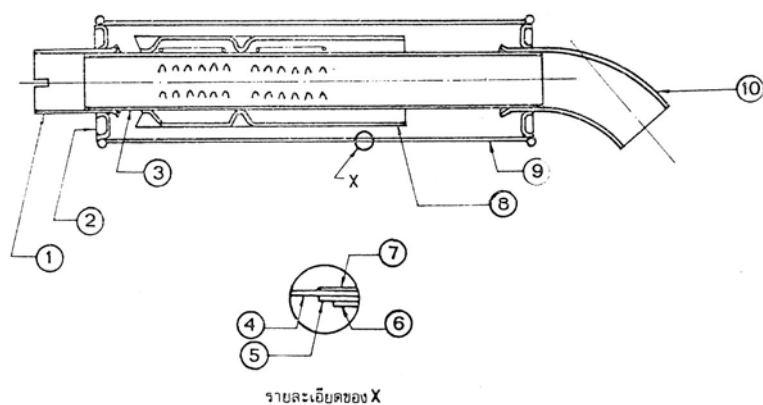
มอก. ๓๔๐-๒๕๒๘



- | | |
|------------------------|------------------------|
| ① ห้องปรับเสยงส่วนหน้า | ⑩ ท่อทางกลับ |
| ② ทางเข้า | ⑪ เปลือกด้านใน |
| ③ ฝาส่วนหน้า | ⑫ ไยแก้วหรือใยหิน |
| ④ ฝาเสริมส่วนหน้า | ⑬ เปลือกด้านนอก |
| ⑤ ห้องปรับเสยง | ⑭ เปลือกด้านในสุด |
| ⑥ แผ่นกัน | ⑮ เปลือก |
| ⑦ ท่อทางเข้า | ⑯ ฝาส่วนหลัง |
| ⑧ ท่อทางออก | ⑰ ทางออก |
| ⑨ ห้องความถี่สูง | ⑱ ห้องปรับเสยงส่วนท้าย |

รูปที่ 3 หม้อพกกกลาง
(ข้อ 3.2.3)

มอก. ๓๔๐-๒๕๒๘



รายละเอียดของ X

- | | |
|-------------------|-------------------|
| ① ทางเข้า | ⑥ เปลือกด้านนอก |
| ② ฝาส่วนหน้า | ⑦ เปลือกด้านในสุด |
| ③ ท่อทางออก | ⑧ ท่อปรับเสียง |
| ④ เปลือกด้านใน | ⑨ เปลือก |
| ⑤ โยถ้าวหรือโยหิน | ⑩ ทางออก |

รูปที่ 4 หม้อพักปลาย
(ข้อ 3.2.3)

มอก. ๓๔๐-๒๕๒๘

3.3 ความเรียบร้อย

3.3.1 ท่อไอเสียต้องเรียบร้อย ไม่มีสนิม และไม่มีข้อบกพร่องที่อาจทำให้เกิดความเสียหายต่อการใช้งาน

3.3.2 ภายหลังการประกอบให้ทำความสะอาดบริเวณรอยเชื่อมต่อ แล้วทาหรือพ่นสีทับ โดยให้ครอบคลุมบริเวณรอยเชื่อมต่ออย่างทั่วถึง ยกเว้นที่ทำด้วยเหล็กกล้าไร้สนิม

4. คุณสมบัติที่ต้องการ

4.1 ระดับเสียง

ระดับเสียงดังสูงสุด ที่ออกจากท่อไอเสียในขณะที่ยานพาหนะอยู่กับที่ ต้องไม่เกิน 100 เดซิเบล เอ
การทดสอบให้ปฏิบัติตามภาคผนวก ก.

4.2 การรั่วของหม้อพัก

ไอเสียที่รั่วจากหม้อพัก ต้องไม่เกิน 1 500 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อวินาที เมื่อหม้อพักถูกอัดด้วยอากาศที่ความดันประมาณ 30 กิโลปาสกาล
การทดสอบให้ปฏิบัติตามภาคผนวก ง.

5. เครื่องหมายและฉลาก

5.1 ที่หม้อพักทุกใบอย่างน้อยต้องมีเลข อักษร หรือเครื่องหมาย แจ้งรายละเอียดต่อไปนี้ให้เห็นได้ง่าย ชัดเจน

(1) รอยนูนที่จะใช้ประกอบ (อาจใช้รหัสแทนได้ ถ้าเป็นไปตามข้อตกลงระหว่างผู้ซื้อกับผู้ขาย)

มอก. ๓๔๐-๒๕๒๘

- (2) ชื่อผู้ทำหรือโรงงานที่ทำ หรือเครื่องหมายการค้า
 ในกรณีที่ใช้ภาษาต่างประเทศ ต้องมีความหมายตรงกับภาษาไทยที่
 กำหนดไว้ข้างต้น
- 5.2 ผู้ทำผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่เป็นไปตามมาตรฐานนี้ จะแสดงเครื่องหมายมาตรฐานกับผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนั้นได้ ต่อเมื่อได้รับใบอนุญาตจากคณะกรรมการมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแล้ว

6. การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน

- 6.1 ความหมายของคำที่ใช้ มีดังต่อไปนี้
- 6.1.1 รุ่น หมายถึง ท่อไอเสียจำนวนหนึ่ง (มีหม้อพักอย่างน้อย 1 ใบ) ซึ่งสามารถประกอบกับรถยนต์ตามที่ระบุไว้ ทำด้วยวัสดุและกรรมวิธีอย่างเดียวกัน ต่อเนื่องกันในระยะเวลาหนึ่ง หรือที่มีการซื้อขายหรือส่งมอบในคราวเดียวกัน
- 6.2 การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน ให้เป็นไปตามแผนการชักตัวอย่างที่กำหนดต่อไปนี้ หรืออาจใช้แผนการชักตัวอย่างอื่นที่เทียบเท่ากันทางวิชาการกับแผนที่กำหนดไว้
- 6.2.1 การชักตัวอย่างสำหรับการทดสอบวัสดุ
- 6.2.1.1 ให้ชักตัวอย่างท่อไอเสียจำนวน 2 หน่วย หรือชักตัวอย่างแผ่นเหล็กกล้าที่ใช้ทำส่วนต่าง ๆ ของท่อไอเสีย ให้มีขนาดประมาณ 500 มิลลิเมตร×500 มิลลิเมตร เพื่อทดสอบรายการต่าง ๆ ตามตารางที่ 2
- สำหรับแผ่นเหล็กกล้าชุบสังกะสี และแผ่นเหล็กกล้าชุบอะลูมิเนียม

มอก. ๓๔๐-๒๕๒๘

มีเนียม ให้ตัดขนานกับทิศทางการรีด
สำหรับวัสดุที่เป็นท่อ ให้ชักตัวอย่างเหล็กกล้าที่ใช้ทำท่อมี
ปริมาณเพียงพอที่จะทำขึ้นทดสอบรายการต่างๆตามที่กำหนด

ตารางที่ 2 รายการทดสอบวัสดุที่ใช้ทำท่อไอเสีย

(ข้อ 6.2.1.1)

วัสดุ	ความหนา	ความทนทาน ต่อการกัดกร่อน	การเกาะแผ่น ของผิวชุบ
เหล็กกล้าธรรมดา	✓	—	—
เหล็กกล้าชุบสังกะสี	✓	—	✓
เหล็กกล้าชุบอะลูมิเนียม	✓	✓	✓
เหล็กกล้าไร้สนิม	✓	✓	—

6.2.1.2 ผลการทดสอบวัสดุต้องเป็นไปตามข้อ 3.1.1 และข้อ 3.1.2
ทุกชิ้น และเป็นไปตามข้อ 3.1.3 ชิ้นใดชิ้นหนึ่ง ก็จะถือว่าท่อ
ไอเสียรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

6.2.2 การชักตัวอย่างสำหรับการตรวจสอบความเรียบร้อย ระดับ
เสียง และการรั่ว

6.2.2.1 ให้ชักตัวอย่างท่อไอเสียโดยวิธีสุ่มจากรุ่นเดียวกันตามจำนวน
ที่กำหนดในตารางที่ 3

มอก. ๓๔๐-๒๕๒๘

ตารางที่ 3 แผนการชักตัวอย่างสำหรับการตรวจสอบความเรียบร้อย
ระดับเสียง และการรื้อ

(ข้อ 6.2.2)

ขนาดรุ่น ชุด	ขนาดตัวอย่าง ชุด	เลขจำนวนที่ยอมรับ
ไม่เกิน 25	2	0
26 ถึง 150	3	0
เกิน 150	5	1

6.2.2.2 ตัวอย่างท่อไอเสียที่ไม่เป็นไปตามข้อ 3.3 ข้อ 4.1 และข้อ 4.2 ในแต่ละรายการต้องไม่เกินเลขจำนวนที่ยอมรับที่กำหนดไว้ในตารางที่ 3 จึงจะถือว่าท่อไอเสียรุ่นนั้นเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด

6.2.3 เกณฑ์ตัดสิน

ตัวอย่างท่อไอเสียและวัสดุต้องเป็นไปตามข้อ 6.2.1.2 และข้อ 6.2.2.2 ทุกข้อ จึงจะถือว่าท่อไอเสียรุ่นนั้นเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้

มอก. ๓๔๐-๒๕๒๘

ภาคผนวก ก.

การทดสอบความทนทานต่อการกัดกร่อน (ข้อ 3.1.2)

ก.1 เครื่องมือ

ก.1.1 ขอต้าวยแทงแก้ว

ก.1.2 แก้วกั้นกลาง (glass spacer)

ก.1.3 บีเกอร์แก้วไพเรกซ์ (pyrex) หรือแก้วทนกรด ขนาด 3 ลูกบาศก์
เดซิเมตร

ก.1.4 เตา (muffle furnace)

ก.2 สารละลายและวิธีเตรียม

ก.2.1 อะซีโตน

ก.2.2 สารละลายผสมของกรดไฮโดรโบรมิก 0.05 โมลต่อลูกบาศก์
เดซิเมตร กับสารละลายกรดซัลฟูริก 0.05 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร

ก.3 การเตรียมชิ้นทดสอบ

ก.3.1 ตัดเหล็กกล้าชุบอะลูมิเนียม หรือเหล็กกล้าไร้สนิม แล้วแต่กรณี
ซึ่งชักตัวอย่างมาตามข้อ 6.2.1.1 เพื่อทำเป็นชิ้นทดสอบมีขนาด
50 มิลลิเมตร×75 มิลลิเมตร จำนวน 2 ชิ้น ชิ้นทดสอบนี้ต้อง
ปราศจากสนิมและรอยกัดกร่อนใด ๆ

ก.3.2 เจาะรูขนาดประมาณ 5 มิลลิเมตรใกล้กับด้านกว้างสำหรับแขวน
ชิ้นทดสอบกับขอต้าวยแทงแก้ว โดยใช้แก้วกั้นกลางเพื่อไม่ให้
ชิ้นทดสอบแตะกัน

ก.4 วิธีทดสอบ

- ก.4.1 ทำความสะอาดชิ้นทดสอบด้วยอะซิโตน เพื่อล้างไขมันหรือน้ำมันที่เคลือบผิวอยู่ ต่อจากนี้ไปการจะจับชิ้นทดสอบ ให้ใช้เครื่องมือจับเท่านั้น
- ก.4.2 ส่งชิ้นทดสอบให้แห้งที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 15 นาที
- ก.4.3 ชั่งชิ้นทดสอบให้ทราบค่าที่แน่นอนเป็นมิลลิกรัม
- ก.4.4 จุ่มชิ้นทดสอบทั้ง 2 ชิ้นให้จมมิดในสารละลายผสมของกรด (ข้อ ก.2.2) ที่มีอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ปริมาตร 1.5 ลูกบาศก์ เดซิเมตรที่บรรจุในบีเกอร์ นาน 1 นาที
- ก.4.5 ยกชิ้นทดสอบขึ้นแขวนให้ส่วนล่างสุดของชิ้นทดสอบอยู่เหนือสารละลายนั้นประมาณ 25 มิลลิเมตร ทิ้งไว้ 15 นาทีโดยปิดบีเกอร์เพื่อป้องกันการระเหย
- ก.4.6 ให้ดำเนินการตามข้อ ก.4.4 และข้อ ก.4.5 ซ้ำอีกครั้ง แล้วนำชิ้นทดสอบเข้าเตาที่มีอุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียสประมาณ 1 ชั่วโมง เอาออกมาทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วใช้แปรงทองเหลืองค่อย ๆ แปรงซึ่งเกิดจากการกัดกร่อนออกจากชิ้นทดสอบ
- ก.4.7 ให้ดำเนินการตามข้อ ก.4.4 ถึงข้อ ก.4.6 ซ้ำอีก 3 ครั้ง
- ก.4.8 ให้ดำเนินการตามข้อ ก.4.1 ข้อ ก.4.2 และข้อ ก.4.3 ซ้ำอีกครั้ง
- ก.4.9 ถ้าชิ้นทดสอบทั้ง 2 ชิ้น สูญเสียน้ำหนักต่างกันเกินกว่า 32 กรัม ต่อตารางเมตรของพื้นที่ผิว ให้ทดสอบซ้ำอีกครั้งโดยใช้ชิ้นทดสอบชุดใหม่

มอก. ๓๔๐-๒๕๒๘

- หมายเหตุ 1. ให้เปลี่ยนสารละลายผสมของกรด (ข้อ ก.2.2) ใหม่
ทุกครั้งที่เปลี่ยนชั้นทดสอบใหม่
2. อัตราส่วนระหว่างปริมาตรสารละลายที่ใช้ในการกัด
กร่อนต่อพื้นที่ผิวของชิ้นทดสอบที่นำมาทดสอบควรมี
ค่าอย่างน้อย 3.86 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อตารางเซนติ
เมตร

มอก. ๓๔๐-๒๕๒๘

ภาคผนวก ข.

การทดสอบการเกาะแน่นของผิวหุบ

(ข้อ 3.1.3)

ข.1 การเตรียมชิ้นทดสอบ

ข.1.1 เตรียมจากตัวอย่างแผ่นเหล็กกล้า

ข.1.1.1 ตัดแผ่นเหล็กกล้าที่ชักตัวอย่างมาตามข้อ 6.2.1.1 เพื่อทำเป็นชิ้นทดสอบให้มีขนาดกว้าง 75 ถึง 125 มิลลิเมตร ยาวประมาณ 2 เท่าของความกว้าง ให้ด้านยาวขนานกับด้านกว้างของตัวอย่าง 1 ชิ้น และขนานกับด้านยาวของตัวอย่างอีก 1 ชิ้น ในกรณีที่แผ่นเหล็กกล้าที่ใช้ทำท่อแต่ยังไม่ได้หุบผิวให้นำไปหุบผิวเช่นเดียวกับการหุบท่อเสียก่อนที่จะตัดเป็นชิ้นทดสอบ

ข.1.2 เตรียมจากตัวอย่างท่อไอเสีย

ตัดชิ้นทดสอบจากหม้อพักให้มีขนาดกว้าง 75 ถึง 125 มิลลิเมตร ยาวประมาณ 2 เท่าของความกว้าง 2 ชิ้น และจากท่อส่งไอเสียยาว 75 มิลลิเมตร 2 ชิ้น

ข.2 วิธีทดสอบ

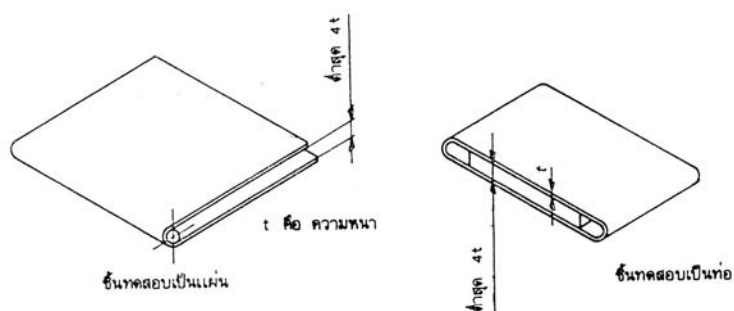
ข.2.1 ชิ้นทดสอบเป็นแผ่น

ตัดโค้งชิ้นทดสอบโดยใช้แกนทรงกระบอกที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 4 เท่าของความหนาของชิ้นทดสอบ จนกระทั่งผิวของชิ้นทดสอบขนานกัน ดังแสดงในรูปที่ ข.1 แล้วพิจารณาผิวหุบและเนื้อเหล็กของชิ้นทดสอบ

มอก. ๓๔๐-๒๕๒๘

ข.2.2 ชั้นทดสอบเป็นท่อ

ให้สอดแผ่นวัสดุแข็งหนาประมาณ 4 เท่าของความหนาผนังท่อไว้ภายในชั้นทดสอบ แล้วกดจนกระทั่งผนังท่อนานกัน และแนบกับแผ่นวัสดุนั้น ดังแสดงในรูปที่ ข.1 แล้วพิจารณาผิวซุบ และเนื้อเหล็กของชั้นทดสอบ



รูปที่ ข.1 การทดสอบการเกาะแน่นของผิวซุบ
(ข้อ ข.2.1 และข้อ ข.2.2)

มอก. ๓๔๐-๒๕๒๘

ภาคผนวก ก.

การทดสอบระดับเสียงในขณะที่ยานพาหนะอยู่กับที่
(ข้อ 4.1)

ก.1 ภาวะทดสอบ

ก.1.1 สนามทดสอบและตำแหน่งยานพาหนะ

ยานพาหนะต้องอยู่ในสถานที่เปิดโล่ง พื้นราบเรียบ ทำด้วยคอนกรีตหรือแอสฟัลต์ ในระยะห่างไม่น้อยกว่า 3 เมตร โดยรอบยานพาหนะ ต้องไม่มีสิ่งกีดขวางที่จะเป็นอุปสรรคหรือมีผลต่อการวัดเสียง โดยเฉพาะอย่างยิ่งทางเท้า ซึ่งถ้ามี ต้องอยู่ห่างจากยานพาหนะไม่น้อยกว่า 1 เมตรขณะวัด ระดับเสียงที่เกิดจากสภาพแวดล้อม และลมจะต้องต่ำกว่าระดับเสียงที่วัดได้จากแต่ละตำแหน่งของยานพาหนะไม่น้อยกว่า 10 เดซิเบล ในตำแหน่งที่ทำการวัดเดียวกัน ในสนามทดสอบต้องมีแต่ผู้ขับยานพาหนะ และผู้อ่านมาตรวัดระดับเสียงเท่านั้น

ก.1.2 การทำงานของเครื่องยนต์

เดินเครื่องยนต์ให้ความเร็วรอบขณะทดสอบต้องคงที่ ณ ค่าใดค่าหนึ่ง ดังนี้

- (1) เครื่องยนต์เบนซินความเร็วรอบเท่ากับ 3 ใน 4 ของความเร็วรอบของเครื่องยนต์ในขณะเครื่องยนต์สามารถผลิตกำลังได้สูงสุดตามที่ผู้ทำระบุเอาไว้
- (2) เครื่องยนต์ดีเซล ความเร็วรอบเท่ากับความเร็วรอบสูงสุดของเครื่องยนต์เมื่อไม่มีน้ำหนักบรรทุก (load)

มอก. ๓๔๐-๒๕๒๘

ก.2 เครื่องมือ

ก.2.1 มาตรวัดระดับเสียง (sound level meter)

ก.2.1.1 ควรเป็นแบบ 1 หรือ 0 ตามที่กำหนดไว้ใน IEC 651 การวัดระดับเสียงให้ใช้ความถี่ถ่วงน้ำหนัก “เอ” (frequency weighting “A”) และลักษณะความไวตอบรับเสียง “F” (time weighting characteristic “F”)

ก.2.1.2 ตรวจสอบและปรับแต่งมาตรวัดระดับเสียงกับเครื่องกำเนิดเสียงมาตรฐาน (เช่น pistonphone) หรือตามคู่มือการใช้งาน ทั้งก่อนและภายหลังการวัดที่ติดต่อกันในแต่ละครั้ง ถ้าระดับเสียงที่อ่านได้จากการวัดที่ติดต่อกันต่างกัน 1 เดซิเบล ให้ถือว่ามาตรวัดนั้นไม่ถูกต้อง

ก.2.2 มาตรวัดความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ต้องมีความละเอียดสูงหรือคลาดเคลื่อนได้ไม่เกินร้อยละ 3

ก.2.3 ตำแหน่งของไมโครโฟน เป็นไปตามรูปที่ ก.1

ก.2.3.1 ตั้งไมโครโฟนให้อยู่ระดับเดียวกับปลายท่อทางออกของไอเสีย แต่ต้องไม่ต่ำกว่า 0.2 เมตร และห่างจากทางออกของไอเสีย 0.5 เมตร หันไมโครโฟนเข้าหาปลายท่อทางออกของไอเสีย และแกนไมโครโฟนขนานกับพื้น และทำมุม 45 ± 10 องศา กับทิศทางออกของไอเสีย

ก.2.3.2 ในกรณีที่ท่อส่งไอเสียเป็นแบบท่อทางออกสองทางหรือมากกว่าต่อมาจากหม้อพักใบเดียวกัน และระยะห่างระหว่างท่อทางออกทั้งสองน้อยกว่า 0.3 เมตร การวางไมโครโฟนให้ปฏิบัติเช่นเดียวกับข้างต้น และให้ถือระยะและทิศทางของท่อ

มอก., ๓๔๐-๒๕๒๘

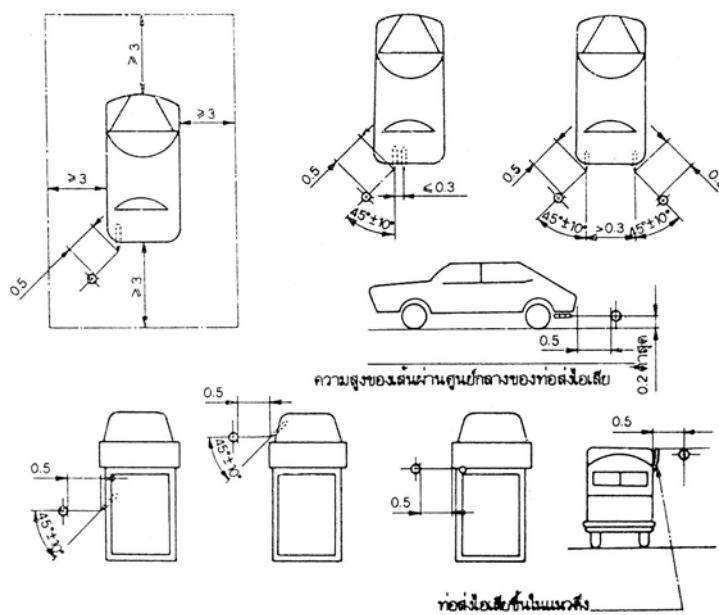
ทางออกของไอเสียด้านนอกของยานพาหนะเป็นเกณฑ์ แต่ถ้าระยะห่างระหว่างท่อทางออกทั้งสองเกิน 0.3 เมตร ให้วางไมโครโฟน 2 ตำแหน่ง โดยใช้ท่อแต่ละข้าง แล้วให้ใช้ค่าสูงสุดที่วัดได้

ก.2.3.3 สำหรับยานพาหนะที่มีท่อส่งไอเสียขึ้นในแนวตั้ง เช่น รถยนต์บรรทุกขนาดใหญ่ ให้วางไมโครโฟนระดับเดียวกันกับปลายท่อทางออกของไอเสีย แกนไมโครโฟนอยู่ในแนวตั้งชี้ขึ้นด้านบน และห่าง 0.5 เมตร จากริมนอกสุดของยานพาหนะด้านเดียวกับท่อส่งไอเสีย

ค.3 วิธีทดสอบ

เมื่ออุณหภูมิของเครื่องยนต์อยู่ในระดับปกติของการทำงานแล้ว ให้วัดระดับเสียงอย่างน้อย 3 ครั้งต่อการวัดแต่ละตำแหน่ง การวัดระดับเสียงทั้ง 3 ครั้งนี้ให้กระทำติดต่อกัน ค่าที่อ่านได้แต่ละค่าจะแตกต่างกันได้ไม่เกิน 2 เดซิเบล จึงจะเป็นค่าที่ถูกต้อง และให้ใช้ค่าที่มากที่สุดของการวัดทั้ง 3 ครั้งนี้

મુદિ. ૧૮૦-૨૫૨૨



หน่วยเป็นเมตร

รูปที่ ก.1 ตำแหน่งของไมโครโฟน
(ข้อ ก.2.3)

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ - สกุล	นายถาวร ไพจิตร
วัน เดือน ปีเกิด	20 ตุลาคม 2508
สถานที่เกิด	125 ม.11 ตำบลบางตาเถร อ.สองพี่น้อง จ.สุพรรณบุรี
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	251 ซ.รัชภัณฑ์ ถนนราชปรารภ แขวงพญาไทย กรุงเทพฯ
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	บริษัท สรรสร้าง พร็อพเพอร์ตี้ เพอร์เฟค ดีไซน์ จำกัด
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2528	ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) สาขาช่างเชื่อมและโลหะแผ่น จากวิทยาลัยเทคนิคสุพรรณ จังหวัดสุพรรณบุรี
พ.ศ. 2530	ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวส.) สาขาช่างโลหะ จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ จังหวัดกรุงเทพฯ
พ.ศ. 2545	อุดมศึกษา (ปริญญาตรี) สาขาเทคโนโลยีการผลิต จากมหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม จังหวัดกรุงเทพฯ
พ.ศ. 2551	อุดมศึกษา (ปริญญาโท) วิชาเอก อดุลยธรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร จังหวัดกรุงเทพฯ