



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล)

ปริญญา

วิศวกรรมเครื่องกล

วิศวกรรมเครื่องกล

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การศึกษาสมรรถนะและการสึกหรอของเครื่องยนต์รถจักรยานยนต์ระบบคาร์บูเรเตอร์และหัวฉีดโดยใช้น้ำมันผสมเบนซิน-สบู่ดำเป็นเชื้อเพลิง

Comparison Experimental Study of Performance and Wear in Carburetor and Injection System Motorcycle with Jatropa-Gasoline Blended Fuel

نامผู้วิจัย นายณัฐวุฒิ ศศิธร

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ทวีเดช ศิริธนาพิพัฒน์, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิชัย ศิวะโกศิษฐ์, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์ชวลิต กิตติชัยการ, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญจนา วีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การศึกษาสมรรถนะและการสึกหรอของเครื่องยนต์จักรยานยนต์ระบบคาร์บูเรเตอร์และหัวฉีด
โดยใช้น้ำมันผสมเบนซิน-สบู่ดำเป็นเชื้อเพลิง

Comparison Experimental Study of Performance and Wear in Carburetor and Injection System
Motorcycle with Jatropha-Gasoline Blended Fuel

โดย

นายณัฐวุฒิ ศศิธร

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล)

พ.ศ. 2552

ณัฐวุฒิ ศศิธร 2552: การศึกษาสมรรถนะและการสึกหรอของเครื่องยนต์รถจักรยานยนต์ระบบคาร์บูเรเตอร์และหัวฉีดโดยใช้น้ำมันผสมเบนซิน-สบูดำเป็นเชื้อเพลิง ปรินญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเครื่องกล) สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ทวีเดช ศิริธนาพิพัฒน์, Ph.D. 131 หน้า

งานวิจัยดังกล่าวได้นำเสนอการศึกษาวิจัยพืชพลังงานสบูดำ โดยมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เชื้อเพลิงผสม เบนซิน-สบูดำ การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเชื้อเพลิง การเปรียบเทียบคุณสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิงผสม สมรรถนะ ค่ามลพิษ การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และความสึกหรอที่เกิดขึ้น จากการทดสอบกับรถจักรยานยนต์ระบบคาร์บูเรเตอร์ และหัวฉีด ที่ใช้เชื้อเพลิงผสมระหว่าง น้ำมันปิโตรเลียมมาตรฐานเบนซินออกเทน 91 กับ น้ำมันผสมน้ำมันสบูดำกับน้ำมันเบนซินออกเทน 91 ในอัตราส่วน 5 เปอร์เซ็นต์ และ 10 เปอร์เซ็นต์ ในเชิงวิศวกรรม เพื่อให้เป็นพื้นฐานในการพัฒนาเชื้อเพลิงทดแทนชนิดใหม่ จากการศึกษาพบว่า คุณสมบัติของน้ำมันสบูดำทั้งสองชนิดสามารถผสมกับน้ำมันเบนซินออกเทน 91 ได้โดยไม่มีการแยกชั้นหรือตกตะกอน มีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติอยู่เกณฑ์มาตรฐาน น้ำมันผสมที่จัดเก็บมีเสถียรภาพสูง คือ มีการเปลี่ยนแปลงของความเป็นกรดและความหนืดอยู่ในเกณฑ์ต่ำ เมื่อนำน้ำมันเชื้อเพลิงผสมไปทดสอบกับรถจักรยานยนต์ พบว่าเครื่องยนต์สามารถใช้งานได้กับเชื้อเพลิงผสมดังกล่าว โดยรถทดสอบระบบคาร์บูเรเตอร์ให้ค่าแรงบิดสูงสุดลดลง 0.68% และ 1.24 % ค่ากำลังม้าลดลง 5.35 % และ 11.4 % อัตราการสิ้นเปลืองเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 6.21 % และ 12.74 % และในระบบหัวฉีดให้ค่าแรงบิดสูงสุดลดลง 0.99 % และ 1.65 % ค่ากำลังม้าลดลง 5.79 % และ 2.47% อัตราการสิ้นเปลืองเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 2.26 เปอร์เซ็นต์ และ 12.12 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ปริมาณมลพิษจากเครื่องยนต์ THC และ CO มีปริมาณที่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานน้ำมันเบนซินออกเทน 91 และความสึกหรอในเบื้องต้นไม่พบความแตกต่างจากการใช้น้ำมันปิโตรเลียมมาตรฐาน

Nattawut Sasitorn 2009: Comparison Experimental Study of Performance and Wear in Carburetor and Injection System Motorcycle with Jatropa-Gasoline Blended Fuel. Master of Engineering (Mechanical Engineering), Major Field: Mechanical Engineering, Department of Mechanical Engineering. Thesis Advisor: Assistant Professor Taweedej Sirithanapipat, Ph.D. 131 pages.

The research aims to verify the possibility of using the mixed-fuel between jatropa oil and gasoline. Gasoline used in the research has a octane number of 91. The ratio of mixed-fuel between jatropa oil and gasoline is 95:5 and 90:10. The physical properties of the jatropa oil and mixed-fuel are presented. The comparisons of using this mixed-fuel are carried on under the aspects of performance, fuel consumption, emission and wearing. The tested vehicle is the 4-stroke carburetor and Injection engine motorcycle. The mixed-fuel acidity and viscosity exhibit insignificant change after the several weeks period. No separation of the jatropa oil and gasoline is detected. After the road test, using Bangkok driving pattern, the engine is able to operate with the mixed-fuel. In carburetor engine, the maximum torque is less than the pure gasoline about 0.68% and 1.24%, maximum power is less than the pure gasoline about 5.35% and 11.4%, fuel consumption is higher about 6.21% and 12.74%. In Injection engine, the maximum torque is less than the pure gasoline about 0.99% and 1.65%, maximum power is less than the pure gasoline about 5.9% and 2.47%, fuel consumption is higher about 2.26% and 12.12%. Emissions on THC and CO are less than the standard as well. Physical wearing on parts is not different from the engine using gasoline octane 91. The effects of mixed-fuel to engines show that they were no significant difference in dimension and surface of the two test engines.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

____ / ____ / ____

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความกรุณาจาก ผศ.ดร.ทวีเดช ศิริธนาพิพัฒน์ ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำปรึกษาในการเรียน การค้นคว้าวิจัย ตลอดจนการตรวจแก้ไข วิทยานิพนธ์จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์ ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.วิทยา ปั่นสุวรรณ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมและอาจารย์ผู้แทนบัณฑิต ผศ.ดร.วิชัย ศิวะโกศิษฐ์ กรรมการที่ปรึกษา ที่ให้ความรู้ คำแนะนำ คำปรึกษา และตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ อ.โอภาส โกมลวัฒนาพาณิชย์ ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่กรุณาตรวจทานแก้ไขเล่มวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ คุณสุขสันต์ สุทธิผลไพบุลย์ อดีตผู้ตรวจราชการกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ผู้ให้คำปรึกษา แนะนำ เป็นธุระจัดหาเมล็ดสบู่ดำ ติดต่อสถานที่ และบุคคลต่าง ๆ ทำให้งานวิจัยนี้ดำเนินมาได้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอขอบพระคุณ คุณกรรินทร์ ดาราสิขมภ์ กรรมการผู้จัดการ บริษัท เวลด์สปีด เซลล์ แอนด์ เซอร์วิส จำกัด ที่กรุณาเอื้อเฟื้อรถจักรยานยนต์สำหรับทำการทดสอบ ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.เพ็ญจิตร ศรีนพคุณ ผู้อำนวยการโครงการ เก-ยู ไบโอดีเซล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ได้สนับสนุนในการศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ รวมทั้งคำปรึกษา คำแนะนำที่ดีในการศึกษาค้นคว้า ขอขอบพระคุณ คุณฉวีดา โพธิสุข ผู้จัดการฝ่ายห้องปฏิบัติการทดสอบ ส่วนควบคุมคุณภาพ กลุ่มธุรกิจน้ำมัน บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) ที่ช่วยให้ความกระฉ่งในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำมันตัวอย่าง

ขอขอบคุณ นายอภิเทพ สุวงศ์เครือ ที่ได้ร่วมกันจัดทำวิทยานิพนธ์ที่มีส่วนสัมพันธ์กันและได้ให้ความช่วยเหลือต่างๆ มาโดยตลอด ขอขอบพระคุณ คณาจารย์ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ ผู้เขียนตั้งแต่เยาว์วัย จนถึงปัจจุบัน และเพื่อนนิสิตปริญญาโทวิศวกรรมเครื่องกลทุกท่าน ที่ให้คำปรึกษาที่เป็นประโยชน์เป็นอย่างดี รวมทั้งผู้ที่ผู้เขียนมิได้กล่าวถึงทั้งหมด

ท้ายสุดนี้ คุณความดีและคุณประโยชน์ที่พึงบังเกิดจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ขอมอบแด่คุณพ่อ ถวัลย์ ศศิธร และ คุณแม่บุษบา ศศิธร คุณป้าวิไล ศศิธร บุพการีผู้มอบทุกสิ่งทุกอย่างให้แก่ผู้วิจัย ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ณัฐวุฒิ ศศิธร

กุมภาพันธ์ 2552

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(10)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	53
อุปกรณ์	53
วิธีการ	64
ผลและวิจารณ์	70
สรุปและข้อเสนอแนะ	98
สรุป	98
ข้อเสนอแนะ	99
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	100
ภาคผนวก	103
ภาคผนวก ก การผลิตน้ำมันผสมเบนซิน-สบูดำ	104
ภาคผนวก ข ผลการทดสอบคุณสมบัติของน้ำมันเบนซิน-สบูดำ	109
ภาคผนวก ค ข้อมูลการทดสอบรถจักรยานยนต์	117
ภาคผนวก ง รูปแบบการทดสอบมลพิษไอเสียจากเครื่องยนต์	127
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	131

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	คุณสมบัติของน้ำมันสบู่ดำ	6
2	คุณสมบัติที่สำคัญของน้ำมันเบนซิน	7
3	European Standards สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีนและดีเซลซึ่งใช้น้ำมันเบนซินและดีเซลเป็นเชื้อเพลิงมาตรฐาน	46
4	มาตรฐานมลพิษสำหรับรถมอเตอร์ไซค์ใหม่ที่ผลิตจากโรงงานในภูมิภาคเอเชีย	47
5	แสดงผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิง	51
6	แสดงรายละเอียดทางเทคนิคของเครื่องยนต์จักรยานยนต์ทดสอบ	53
7	ข้อมูลทางเทคนิคของเครื่องมือวัดขรุขระของผิวหน้าสัมผัส ยี่ห้อ Mitutoyo รุ่น SJ-201	61
8	สัญลักษณ์ของเชื้อเพลิงผสมที่ใช้ในการทดสอบ	64
9	ตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติของน้ำมันสบู่ดำมาตรฐาน Rapeseed Oil และน้ำมันดีเซล	70
10	ผลการทดสอบคุณสมบัติของน้ำมันผสมเบนซิน-สบู่ดำ	71
11	ผลการวิเคราะห์ค่าความหนืด (Viscosity) ของน้ำมันผสมเบนซิน-สบู่ดำ	73
12	ค่ากรด (Acid Value) ที่อัตราส่วนผสมต่าง ๆ	74
13	ปริมาณธาตุโลหะหนักที่พบโดยน้ำหนักในคราบเขม่าที่เกิดจากการใช้งาน	86
14	การทดสอบประสิทธิภาพหัวเทียนจากการใช้น้ำมันผสมเบนซิน-สบู่ดำ	88
15	ผลการวิเคราะห์ค่าความขรุขระของพื้นผิว (Surface Roughness Tester)	91

ตารางผนวกที่

ข1	แสดงผลการทดสอบค่าความหนืดของน้ำมันสบู่ดำ และน้ำมันผสมที่อัตราผสมต่าง ๆ	110
ข2	ผลการเปลี่ยนแปลงความหนืดของน้ำมันเบนซิน-สบู่ดำ 5% ระยะเวลาต่างๆ	111

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
ข3 ผลการเปลี่ยนแปลงความหนืดของน้ำมันผสมเบนซิน-สบูดำ 10% ใน ระยะเวลาต่าง ๆ	112
ข4 ผลการวัดค่าความเป็นกรดของน้ำมันสบูดำ และน้ำมันผสมเบนซิน-สบูดำ	113
ข5 การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดของน้ำมันผสมเบนซิน-สบูดำ 5% ใน ระยะเวลาต่าง ๆ	113
ข6 การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดของน้ำมันผสมเบนซิน-สบูดำ 10% ใน ระยะเวลาต่าง ๆ	114
ข7 สรุปผลการทดสอบค่าคุณสมบัติน้ำมันจากการปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย	115
ข8 ความหนาแน่นของน้ำมันทดสอบเบนซิน-สบูดำ 5%	116
ข9 ความหนาแน่นของน้ำมันทดสอบเบนซิน-สบูดำ 10%	116
ค1 บันทึกการตรวจวัดค่าสมรรถนะรถจักรยานยนต์ทดสอบระบบคาร์บูเรเตอร์	118
ค2 บันทึกการตรวจวัดค่าสมรรถนะรถจักรยานยนต์ทดสอบระบบหัวฉีด	121
ค3 บันทึกการตรวจวัดค่ามลพิษไอเสียทางอากาศและเสียงรถจักรยานยนต์ระบบ คาร์บูเรเตอร์	124
ค4 บันทึกการตรวจวัดค่ามลพิษไอเสียทางอากาศและเสียงรถจักรยานยนต์ระบบ หัวฉีด	124
ค5 การทดสอบประสิทธิภาพหัวเทียนจากการใช้น้ำมันผสมเบนซิน-สบูดำ	125
ค6 แสดงค่า T-Test จากตาราง ANOVA ของรถจักรยานยนต์ระบบคาร์บูเรเตอร์	126
ค7 แสดงค่า T-Test จากตาราง ANOVA ของรถจักรยานยนต์ระบบหัวฉีด	126
ง1 วิธีที่ใช้ในการตรวจวัดวิเคราะห์ค่ามลพิษ	128

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	เครื่องสกดน้ำมันแบบไฮดรอลิก(ซ้าย) และแบบสกรูอัดเกลียว(ขวา)	5
2	เครื่องยนต์มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบความต้านทานการน็อก (CFR Engine)	8
3	แสดงการเกิด Detonation Knock	10
4	แสดงการเกิด Pre-ignition Knock	10
5	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังงานและความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง	16
6	วัฏจักรการทำงานของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ	17
7	ลำดับของเหตุการณ์ในวัฏจักรการทำงานของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟสี่จังหวะ	19
8	แสดงลักษณะและหลักการของคาร์บูเรเตอร์รถจักรยานยนต์	21
9	แสดงการกำหนดอัตราส่วนผสมของคาร์บูเรเตอร์	22
10	แสดงตำแหน่งของอุปกรณ์ระบบหัวฉีด PGM-FI ในรถจักรยานยนต์	24
11	แสดงแผนผังวงจรการทำงานของระบบ PGM-FI	25
12	แสดงการทำงานของระบบหัวฉีด PGM-FI	25
13	แสดงวงจรของระบบจุดระเบิดแบบหน้าทองขาว	27
14	แสดงวงจรของระบบจุดระเบิดแบบ CDI	27
15	แสดงภาพส่วนประกอบของหัวเทียน	28
16	แสดงภาพหัวเทียนชนิดต่าง ๆ	30
17	แสดงค่าความร้อนตามจุดต่าง ๆ ของหัวเทียนเมื่อเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์	31
18	แสดงสภาพต่าง ๆ ของหัวเทียน (ก) คราบคาร์บอน (ข) คราบน้ำมัน (ค) ร้อนเกินไป (ง) สภาพปกติ	32
19	แสดงความดันที่เกิดขึ้นภายในกระบอกสูบของเครื่องยนต์ขณะทำงาน	34
20	แสดงไดนาโมมิเตอร์ ขณะทำการทดสอบเครื่องยนต์	35
21	เส้นโค้งแสดงกำลังม้าเบรกของเครื่องยนต์	36
22	เส้นโค้งแสดงกำลังความเสียดทาน หรือกำลังม้าความเสียดทานของเครื่องยนต์	37

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
23	แสดงความแตกต่างระหว่างเส้นกราฟแสดงแรงบิด กำลังม้าเบรก และกำลังม้าที่สูญเสียไปกับความเสียดทานของเครื่องยนต์	38
24	แสดงเส้นโค้งแรงบิด กำลังม้า และความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะของเครื่องยนต์	39
25	แสดงความขรุขระในระดับจุลภาคพื้นผิวของวัสดุที่มองเห็นด้วยตาเปล่าว่าเรียบ	41
26	แสดงลักษณะพื้นผิวของชิ้นส่วนที่เกิดจากการสึกหรอ	42
27	แสดงแบบจำลองของแท่งวัสดุที่ใช้วิเคราะห์การสึกหรอ	44
28	รถจักรยานยนต์ทดสอบรุ่น Wave 125i ระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบหัวฉีด (ซ้าย) และ Wave 125R ระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์ (ขวา)	54
29	แสดงอุปกรณ์เคมีและเครื่องแก้วที่ใช้ในการทดลอง	55
30	แสดงเครื่องมือวัดความหนืดแบบ Kinematic และหลอดวัดความหนืด Size 100 (ซ้าย) และ Size 200 (ขวา)	55
31	เครื่อง Cooperative Fuel Research engine หรือ CFR Engine	56
32	เครื่องทดสอบค่าการกลั่น (Automatic Distillation) ยี่ห้อ ISL รุ่น AD86 5G2	57
33	ภาพแสดงไดนาโมมิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบ (Chassis Dynamometer) ยี่ห้อ Schenck	58
34	ระบบเก็บตัวอย่างมลพิษ (Exhaust gas sampling system)	58
35	แสดงระบบวิเคราะห์ข้อมูล (ซ้าย) และระบบการทดสอบสมรรถนะและมลพิษ (ขวา)	59
36	เวอร์เนียดิจิตอล (Vernier Digital) ขนาด 0-150 มม.	59
37	กล้องถ่ายภาพ Nikon รุ่น D40 เลนส์ 18-55 มม.	60
38	กล้องจุลทรรศน์แบบแสง (Optical Microscope) Nikon รุ่น ME600	60
39	เครื่องมือวัดความขรุขระของผิวหน้าสัมผัส ยี่ห้อ Mitutoyo รุ่น SJ-201	61
40	เครื่องวิเคราะห์ปริมาณธาตุ Energy Dispersive X-ray Spectrometer (EDS)	62
41	เครื่องวัดปริมาณก๊าซไอเสีย (Gas Analyzer) ยี่ห้อ Sun รุ่น MGA1200	62
42	เครื่องวัดอุณหภูมิแบบอินฟราเรด ยี่ห้อ Digicon รุ่น DP-88	63

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
43	แสดงตำแหน่งที่ทำการเก็บตัวอย่างคราบเขม่าบนลูกสูบ	67
44	แสดงตำแหน่งในการวัดขนาดที่เปลี่ยนแปลงของลูกสูบ	68
45	แสดงการวัดค่าความขรุขระของพื้นผิวด้วยเครื่อง Surface Roughness Tester	68
46	แสดงการค่าเฉลี่ยความขรุขระของพื้นผิว Roughness Average of R-curve (Ra)	69
47	การเปรียบเทียบอัตราการเปลี่ยนแปลงความหนืด (Viscosity) ของน้ำมันผสมเบนซิน-สบูดำ 5 เปอร์เซนต์ กับน้ำมันสบูดำเบนซิน 10 เปอร์เซนต์	73
48	การเปรียบเทียบอัตราการเปลี่ยนแปลงกรด (Acid Value) ของน้ำมันผสมเบนซิน-สบูดำ 5 เปอร์เซนต์ กับน้ำมันสบูดำเบนซิน 10 เปอร์เซนต์	74
49	แสดงการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของแรงบิดระหว่างน้ำมันทดสอบ G100, J5 และ J10 ในการทดสอบรถจักรยานยนต์ระบบคาร์บูเรเตอร์	77
50	แสดงการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของแรงบิดระหว่างน้ำมันทดสอบ G100, J5 และ J10 ในการทดสอบรถจักรยานยนต์ระบบหัวฉีด	78
51	แสดงการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของกำลังเบรกระหว่างน้ำมันทดสอบ G100, J5 และ J10 ในการทดสอบรถจักรยานยนต์ระบบคาร์บูเรเตอร์	79
52	แสดงการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของกำลังเบรกระหว่างน้ำมันทดสอบ G100, J5 และ J10 ในการทดสอบรถจักรยานยนต์ระบบหัวฉีด	80
53	แสดงการเปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจากการใช้เชื้อเพลิงทั้ง 3 ประเภทของรถจักรยานยนต์ระบบคาร์บูเรเตอร์	81
54	แสดงการเปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจากการใช้เชื้อเพลิงทั้ง 3 ประเภทของรถจักรยานยนต์ระบบหัวฉีด	82
55	แสดงการเปรียบเทียบมลพิษจากการใช้เชื้อเพลิงทั้ง 3 ประเภทของรถจักรยานยนต์ระบบคาร์บูเรเตอร์	82
56	แสดงการเปรียบเทียบมลพิษจากการใช้เชื้อเพลิงทั้ง 3 ประเภทของรถจักรยานยนต์ระบบหัวฉีด	83

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
57	ลักษณะพื้นผิวหน้าลูกสูบหลังการทดสอบกับเครื่องยนต์คาร์บูเรเตอร์ เมื่อใช้น้ำมันตัวอย่างชนิดต่าง ๆ	85
58	ลักษณะพื้นผิวหน้าลูกสูบหลังการทดสอบกับเครื่องยนต์หัวฉีด เมื่อใช้น้ำมันตัวอย่างชนิดต่าง ๆ	85
59	การเปรียบเทียบการจุดติดไฟของหัวเทียนรถจักรยานยนต์ทดสอบระบบคาร์บูเรเตอร์	87
60	การเปรียบเทียบการจุดติดไฟของหัวเทียนรถจักรยานยนต์ทดสอบระบบหัวฉีด	87
61	แสดงความแตกต่างระหว่างจุดวัดของลูกสูบในรถจักรยานยนต์ทดสอบระบบคาร์บูเรเตอร์	89
62	แสดงความแตกต่างระหว่างจุดวัดของลูกสูบในรถจักรยานยนต์ทดสอบระบบหัวฉีด	90
63	การเปรียบเทียบค่า Ra ระหว่างลูกสูบใหม่ (New) กับลูกสูบที่ทดสอบ J5 ของรถทดสอบระบบคาร์บูเรเตอร์	92
64	การเปรียบเทียบค่า Ra ระหว่างลูกสูบทดสอบ G100 กับลูกสูบที่ทดสอบกับน้ำมัน J10 ของรถทดสอบระบบคาร์บูเรเตอร์	92
65	การเปรียบเทียบค่า Roughness Average of R-curve (Ra) ของรถทดสอบระบบหัวฉีด	93
66	ลักษณะพื้นผิวหน้าลูกสูบของลูกสูบใหม่ กับลูกสูบที่ใช้ทดสอบน้ำมัน G100 จากการใช้งานรถจักรยานยนต์ทดสอบระบบคาร์บูเรเตอร์	94
67	ลักษณะพื้นผิวหน้าลูกสูบของลูกสูบใหม่ กับลูกสูบที่ใช้ทดสอบน้ำมัน J5 จากการใช้งานรถจักรยานยนต์ทดสอบระบบคาร์บูเรเตอร์	94
68	ลักษณะพื้นผิวหน้าลูกสูบของลูกสูบใหม่ กับลูกสูบที่ใช้ทดสอบน้ำมัน J10 จากการใช้งานรถจักรยานยนต์ทดสอบระบบคาร์บูเรเตอร์	95
69	แสดงการเปรียบเทียบลักษณะพื้นผิวหน้าลูกสูบของลูกสูบ G100, J5 และ J10 จากการทดสอบรถจักรยานยนต์ระบบคาร์บูเรเตอร์	95

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
70	ลักษณะพื้นผิวหน้าลูกสูบของลูกสูบใหม่ กับลูกสูบที่ใช้ทดสอบน้ำมัน G100 จากการใช้งานรถจักรยานยนต์ทดสอบระบบหัวฉีด	96
71	ลักษณะพื้นผิวหน้าลูกสูบของลูกสูบใหม่ กับลูกสูบที่ใช้ทดสอบน้ำมัน J5 จากการใช้งานรถจักรยานยนต์ทดสอบระบบหัวฉีด	96
72	ลักษณะพื้นผิวหน้าลูกสูบของลูกสูบใหม่ กับลูกสูบที่ใช้ทดสอบน้ำมัน J10 จากการใช้งานรถจักรยานยนต์ทดสอบระบบหัวฉีด	97
73	แสดงการเปรียบเทียบลักษณะพื้นผิวหน้าลูกสูบของลูกสูบ G100, J5 และ J10 จาก การทดสอบรถจักรยานยนต์ระบบหัวฉีด	97
ภาพผนวกที่		
ก1	การบดเมล็ดสบูดำด้วยเครื่องกะเทาะเปลือกเมล็ดสบูดำ	105
ก2	การสกัดน้ำมันสบูดำด้วยเครื่องสกัดแบบเกลียว (Screw press)	106
ก3	การกรองตะกอนหยาบของน้ำมันสบูดำด้วยผ้าขาวบาง	106
ก4	น้ำมันสบูดำที่ผ่านการกรองตะกอนหยาบด้วยผ้าขาวบาง	107
ก5	การกรองน้ำมันสบูดำด้วยเครื่องกรองตะกอนละเอียดขนาด 3 ไมครอน	107
ก6	น้ำมันสบูดำที่ผ่านการกรองด้วยเครื่องกรองตะกอนละเอียดขนาด 3 ไมครอน	108
ก7	การผสมน้ำมันเบนซินกับสบูดำตามอัตราส่วนผสม	108
ข1	แสดงเส้นแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงความหนืดของน้ำมันเบนซิน-สบูดำ 5%	111
ข2	แสดงเส้นแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงความหนืดของน้ำมันเบนซิน-สบูดำ 10%	112
ข3	แสดงเส้นแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดของน้ำมันเบนซิน-สบูดำ 5%	114
ข4	แสดงเส้นแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดของน้ำมันเบนซิน-สบูดำ 10%	115
ค1	แสดงสมรรถนะของรถจักรยานยนต์ทดสอบระบบคาร์บูเรเตอร์เมื่อใช้น้ำมัน เบนซิน 91	119

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่	หน้า
ค2 แสดงสมรรถนะของรถจักรยานยนต์ทดสอบระบบคาร์บูเรเตอร์เมื่อน้ำมันเบนซิน-สบู่น้ำ 5%	120
ค3 แสดงสมรรถนะของรถจักรยานยนต์ทดสอบระบบคาร์บูเรเตอร์เมื่อน้ำมันเบนซิน-สบู่น้ำ 10%	120
ค4 แสดงสมรรถนะของรถจักรยานยนต์ทดสอบระบบหัวฉีดเมื่อน้ำมันเบนซิน 91 (G100)	122
ค5 แสดงสมรรถนะของรถจักรยานยนต์ทดสอบระบบหัวฉีดเมื่อน้ำมันเบนซิน-สบู่น้ำ 5% (J5)	122
ค6 แสดงสมรรถนะของรถจักรยานยนต์ทดสอบระบบหัวฉีดเมื่อน้ำมันเบนซิน-สบู่น้ำ 10% (J10)	123
ง1 รูปแบบการจำลองการขับขี่แบบกรุงเทพมหานคร	129
ง2 แสดงระบบของ Chassis Dynamometer ที่ใช้ในการทดสอบ	130

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

G100	=	น้ำมันสบู่น้ำมันผสมกับน้ำมันเบนซินออกเทน 91 อัตรา 0 : 10 โดยปริมาตร
J5	=	น้ำมันสบู่น้ำมันผสมกับน้ำมันเบนซินออกเทน 91 อัตรา 5 : 95 โดยปริมาตร
J10	=	น้ำมันสบู่น้ำมันผสมกับน้ำมันเบนซินออกเทน 91 อัตรา 10 : 90 โดยปริมาตร
C_8H_{18}	=	ออกเทน (Octane)
C_7H_{16}	=	เฮปเทน (Heptane)
CFR Engine	=	เครื่องยนต์มาตรฐานสูบเดียว (Cooperative Fuel Research Engine)
TEL	=	สารตะกั่วเพื่อเพิ่มค่าออกเทน (Tetraethyl lead)
MTBE	=	สารเพิ่มค่าออกเทนทดแทนสารตะกั่ว (Methyl, Tertiary, Butyl, Ether)
CO	=	ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (Carbon Monoxide)
HC	=	สารประกอบไฮโดรคาร์บอน (Hydro Carbon)
NO_x	=	ออกไซด์ของไนโตรเจน (Oxides of Nitrogen)
h	=	เอนทัลปีของการเผาไหม้ของผลิตภัณฑ์ตั้งต้น (Enthalpy of reactant product)
$Q_{c.v.}$	=	ค่าความร้อนจากการเผาไหม้สำหรับปริมาตรควบคุม (J)
LHV	=	ค่าความร้อนต่ำ (Lower Heating Value)
HHV	=	ค่าความร้อนสูง (Higher Heating Value)
H	=	ปริมาณเปอร์เซ็นต์ของธาตุไฮโดรเจนในเชื้อเพลิง
M	=	ปริมาณเปอร์เซ็นต์ของความชื้นในเชื้อเพลิง
TC	=	ตำแหน่งศูนย์กลางบน (Top Center)
BC	=	ตำแหน่งศูนย์กลางล่าง (Bottom Center)
IVO	=	วาล์วไอดีเปิด (Intake Valve Opens)
IVC	=	วาล์วไอดีปิด (Intake Valve Closes)
EVO	=	วาล์วไอเสียเปิด (Exhaust Valve Opens)
EVC	=	วาล์วไอเสียปิด (Exhaust Valve Closes)
ϕ	=	อัตราส่วนผสมมวล ระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิง (Fuel/air equivalence ratio)
ECU	=	อุปกรณ์ควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Control Unit)
PGM-FI	=	ระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบหัวฉีดโดยใช้โปรแกรม (Programmed Fuel Injection)
ECM	=	อุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์ (Electronic Control Module)

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

CDI	=	ระบบจุดระเบิดที่ใช้อุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ เป็นตัวกำหนดการจุดระเบิด (Capacitor Discharge Ignition System)
P_i	=	กำลังอินดิเคต, กิโลวัตต์ (kw)
p	=	ความดันเฉลี่ยประสิทธิภาพอินดิเคต, กิโลนิวตันต่อตารางเมตร (kN/m ²)
L	=	ระยะชักของลูกสูบ, เมตร (m)
A	=	พื้นที่ด้านบนของหัวลูกสูบ, ตารางเมตร (m ²)
N	=	ความเร็วรอบของเครื่องยนต์, รอบต่อนาที (rpm)
n	=	จำนวนสูบของเครื่องยนต์
P_b	=	กำลังเบรก, วัตต์ (W) หรือ กิโลวัตต์ (kW)
T	=	แรงบิด, นิวตัน-เมตร (N.m)
c	=	ค่าคงที่ (เท่ากับ 60 เมื่อต้องการค่ากำลังเบรกเป็นวัตต์, เท่ากับ 60,000 เมื่อต้องการให้ค่ากำลังเบรกเป็นกิโลวัตต์)
K	=	ค่าคงที่ของการสึกหรอ
P	=	ภาระที่มากกระทำ (N)
s	=	ระยะทางที่เคลื่อนที่ (m)
H	=	ค่าความแข็งของวัสดุ
D	=	เส้นผ่านศูนย์กลาง (mm)
cd	=	ค่าแก้ไขของสมการซึ่งขึ้นอยู่กับความขรุขระของพื้นผิววัสดุ
E_g	=	ค่าของการยืดตัวออกของวัสดุซึ่งได้มาจากการดึงทดสอบ (mm)
W	=	ความกว้างของ Ridge (mm)
Z_0	=	ค่าความสูงเฉลี่ยของแท่งเล็ก ๆ ทั้งหมดก่อนเริ่มเสียดสี (mm)
Z_{ij}	=	ค่าแนวแกน Z ของแต่ละแท่งเล็ก ๆ
n_x, n_y	=	จำนวนจุดที่แบ่งตามแนวแกน x และแกน y ตามลำดับ
Δy_{mesh}	=	ความกว้างของแท่งเล็ก ๆ แต่ละหน่วยในทิศทางการเคลื่อนที่ (mm)
มอก.	=	มาตรฐานอุตสาหกรรมของประเทศไทย
IS	=	Indian Standard
ppm	=	parts per million

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ (ต่อ)

NA	=	not applicable
ECE	=	Economic Commission for Europe
IDC	=	Indian Drive Cycle
US 40 CFR	=	United States Code of Federal Regulations (US 40 CFR 86.410-80)
86.410-80		emissions standard
JIS	=	Japanese Industrial Standard
(A/F)s	=	อัตราส่วนระหว่างอากาศกับน้ำมันเชื้อเพลิงทางทฤษฎี
CR	=	อัตราส่วนการอัด (Compression ratio)
Φ	=	Equivalence ratio
UBF	=	เชื้อเพลิงที่ไม่เผาไหม้ (Unburned fuel)
DC	=	กระแสไฟฟ้ากระแสตรง (Direct Current)
CVS	=	Constant Volume Sampler
EDS	=	Energy Dispersive X-ray Spectrometer
Ra	=	Roughness Average of R-curve

**การศึกษาสมรรถนะและการสึกหรอของเครื่องยนต์จักรยานยนต์ระบบคาร์บูเรเตอร์
และหัวฉีดโดยใช้น้ำมันผสมเบนซิน-สบู่ดำเป็นเชื้อเพลิง**

**Comparison Experimental Study of Performance and Wear in Carburetor and
Injection System Motorcycle with Jatropa-Gasoline Blended Fuel**

คำนำ

เนื่องจากในปัจจุบันประเทศไทยได้ประสบปัญหาราคาน้ำมันเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้ก็เพราะราคาน้ำมันโลกเพิ่มสูงขึ้นและความต้องการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มมากขึ้น อีกทั้งประเทศไทยไม่สามารถผลิตน้ำมันได้เองจึงต้องเสียค่าใช้จ่ายเป็นจำนวนมาก ในการนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิงจะเห็นได้จากปริมาณรวมของการใช้น้ำมันรวมทั้งสิ้น 3,529 ล้านลิตร เฉลี่ยวันละ 117.6 ล้านลิตร หรือ 739,868 บาร์เรล/วัน โดยเป็นน้ำมันเบนซิน วันละ 19.7 ล้านลิตร หรือร้อยละ 16.8 :7 (สำนักการค้าและการสำรองน้ำมันเชื้อเพลิง, 2549) ขณะที่รถจักรยานยนต์เป็นยานพาหนะที่สำคัญของประชาชน โดยเฉพาะในเมืองใหญ่ที่มีการจราจรคับคั่งอย่างเช่นกรุงเทพมหานคร เนื่องจากมีความคล่องตัวในการใช้งาน เมื่อปี 2547 รถจักรยานยนต์ที่จดทะเบียนในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑลมี 1,593,685 คัน (คิดเป็นร้อยละ 37 ของจำนวนรถทั้งหมดที่จดทะเบียนในเขตกรุงเทพมหานคร) โดยเป็นรถจักรยานยนต์ใช้งานที่มีอายุมากกว่า 10 ปี มีปริมาณ 518,330 คัน คิดเป็นร้อยละ 33 ของจำนวนรถจักรยานยนต์ที่จดทะเบียนในเขตกรุงเทพมหานคร ปริมาณรถจักรยานยนต์ที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้การใช้น้ำมันเบนซินมีปริมาณเพิ่มตามไปด้วย ในปี 2547 การใช้น้ำมันเบนซินในภาคการขนส่ง มีจำนวน 7,635 ล้านลิตร แบ่งเป็นน้ำมันเบนซินออกเทน 91 จำนวน 5,296 ล้านลิตร และน้ำมันเบนซินออกเทน 95 จำนวน 2,667 ล้านลิตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2550)

ดังนั้นเพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจึงมีการพัฒนาใช้ประโยชน์จากผลผลิตทางการเกษตรที่สามารถให้น้ำมันได้ คือน้ำมันสบู่ดำซึ่งได้รับความสนใจในปัจจุบัน มาพัฒนาเป็นพลังงานทดแทนน้ำมันปิโตรเลียม จึงได้จัดทำการวิจัยนี้ขึ้น โดยศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงผสมระหว่างน้ำมันสบู่ดำ และน้ำมันเบนซิน เพื่อทดแทนเชื้อเพลิงที่ใช้ในรถจักรยานยนต์ ทำการเปรียบเทียบสมรรถนะของเครื่องยนต์ระบบคาร์บูเรเตอร์และระบบหัวฉีดซึ่งเป็นระบบที่พื้่นนำมาใช้กับรถจักรยานยนต์ ให้เป็นแนวทางในการใช้พลังงานทดแทนอีกชนิดหนึ่งของประเทศไทย

วัตถุประสงค์

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้น้ำมันสบู่ดำผสมกับน้ำมันเบนซินปิโตรเลียม (ค่าออกเทนัมเบอร์ 91) ที่ผ่านกระบวนการผลิตไม่ซับซ้อน และทดสอบน้ำมันตัวอย่างกับรถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ ระบบจ่ายเชื้อเพลิง 2 ระบบ คือ ระบบหัวฉีด และระบบคาร์บูเรเตอร์ โดยศึกษาผลกระทบต่อเครื่องยนต์ด้านสมรรถนะ ความสึกหรอ ในการใช้งานจริงและห้องปฏิบัติการ โดยมีการศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติน้ำมัน และผลกระทบที่เกิดกับเครื่องยนต์ดังต่อไปนี้

1. ศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติของน้ำมันผสมเบนซิน-สบู่ดำ กับมาตรฐานน้ำมันเบนซินปิโตรเลียมออกเทนัมเบอร์ 91 (ประกาศกรมธุรกิจพลังงานปี 2550) และคุณสมบัติน้ำมันดิบสบู่ดำ กับมาตรฐานไบโอดีเซล (ASTM D6751) เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาเชื้อเพลิงทดแทนชนิดใหม่

2. ศึกษาเปรียบเทียบสัดส่วนการผสมน้ำมันเบนซินกับน้ำมันสบู่ดำที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด ค่าความหนืด เพื่อเป็นแนวทางในการหาสัดส่วนที่มีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้งาน

3. ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้านสมรรถนะของเครื่องยนต์รถจักรยานยนต์ระบบคาร์บูเรเตอร์และหัวฉีดที่ภาระงานเท่ากัน โดยใช้น้ำมันตัวอย่าง คือ น้ำมันผสมเบนซินสบู่ดำอัตราส่วน 95:5 และ 90:10 กับน้ำมันเบนซินปิโตรเลียม (ค่าออกเทนัมเบอร์ 91) เพื่อให้สามารถวิเคราะห์และเข้าใจถึงผลกระทบต่อการใช้เชื้อเพลิงผสมกับเครื่องยนต์ทดสอบ

4. ศึกษาเปรียบเทียบค่าความสึกหรอที่เกิดขึ้นกับผิวของลูกสูบ การจุดติดของหัวเทียน เขม่าที่เกิดจากเครื่องยนต์ ตลอดจนสภาพอุปกรณ์หลังการใช้งาน ที่ระยะทางการใช้งานเท่ากัน

การศึกษานี้ได้ใช้น้ำมันเบนซินปิโตรเลียมออกเทนัมเบอร์ 91 จากสถานีบริการน้ำมัน ปตท. จำกัด (มหาชน) ภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน และได้รับการอนุเคราะห์เมล็ดสบู่ดำจาก คุณสุขสันต์ สุทธิผลไพบุณย์ โดยมีวิธีการและกระบวนการผลิตน้ำมันสบู่ดำแสดงในภาคผนวก ก

การตรวจเอกสาร

1. น้ำมันสบู่ดำ

สบู่ดำ เป็นพืชน้ำมันชนิดหนึ่ง น้ำมันที่ได้จากเมล็ดสบู่ดำ สามารถใช้กับเครื่องยนต์เพื่อการเกษตรได้ โดยไม่ต้องใช้น้ำมันชนิดอื่นผสมอีก ใช้เป็นสมุนไพรรักษาโรค ใช้ปลูกเป็นแนวรั้วเพื่อป้องกันสัตว์เลื้อยเข้าทำลายผลผลิต เนื่องจากมีสารพิษ Hydrocyanic มีกลิ่นเหม็นเขียว สบู่ดำจึงเป็นพืชที่ได้รับความสนใจเป็นอย่างยิ่งในสภาวะที่ราคาน้ำมันมีราคาสูงอย่างในปัจจุบัน มีชื่อสามัญคือ Physic nut, Purging nut, Curcas bean และมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Jatropha curcas* Linn. อยู่ในวงศ์ EUPHORBIACEAE (รพีพันธุ์และคณะ, 2525) ซึ่งในประเทศไทยได้มีการวิจัยพัฒนาสบู่ดำเป็นลำดับ ดังนี้

ปี 2523 : ราคาน้ำมันปิโตรเลียมได้สูงขึ้นเป็นประวัติการณ์ ซึ่งสร้างความเดือดร้อนแก่ประชาชนทั่วโลก นายระพีพันธุ์ ภาสบุตร อดีตหัวหน้าฝ่ายฝึกอบรม กองเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตรได้พบเอกสารที่ Mr.Rudolf Diesel ชาวเยอรมันผู้ประดิษฐ์เครื่องยนต์ดีเซล ปี 2433 บันทึกว่า เครื่องยนต์ของเขาใช้น้ำมันดีเซลและน้ำมันพืชอะไรก็ได้ ดังนั้นจึงนำน้ำมันพืชที่ใช้บริโภคในครัวรวม 18 ชนิด มาลองเดินเครื่องยนต์ดีเซลรอบต่ำเพื่อการเกษตรปรากฏว่าใช้ได้ปกติ เมื่อทิ้งไว้ 2-3 วันพบอาการสตาร์ทติดยาก จึงได้คิดถึงอดีตเมื่อครั้งสมัยสงครามโลกครั้งที่ 2 เห็นชาวบ้านในชนบทจังหวัดนครราชสีมาแก้ปัญหาการขาดแคลนน้ำมันก๊าดที่ให้แสงสว่างยามค่ำคืน ด้วยการนำเมล็ดสบู่ดำมาตำใส่ในกระบอกไม้ไผ่ โดยมีเส้นด้ายดิบเป็นไส้จุดแทนเทียนไข ดังนั้นจึงได้ทดลองนำน้ำมันสบู่ดำมาเดินเครื่องยนต์ดีเซลเกษตรได้ดีไม่มีปัญหา

ปี 2524-2530 : ต่อมา นายสุขสันต์ สุทธิผลไพบุลย์ กับนักวิชาการสำนักงานปลัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ และนักวิชาการ เจ้าหน้าที่ กองเกษตรวิศวกรรม กองพืชไร่ กองกัญและสัตว์วิทยา กรมวิชาการเกษตร กับภาคราชการอื่นและภาคเอกชน ได้ร่วมกันวิจัยและทดสอบเกี่ยวกับการปลูก โรคแมลง น้ำมันสบู่ดำ การทดแทนน้ำมันดีเซลในรถปีคอป น้ำมันเบนซินในรถจักรยานยนต์ 2 จังหวะ และ 4 จังหวะ นับว่าครบวงจรในระดับหนึ่ง หลังจากนั้นราคาน้ำมันลดลงตามปกติประกอบกับมีผู้ประท้วงว่าสบู่ดำก่อให้เกิดโรคมะเร็ง ซึ่งส่งผลให้การวิจัยได้หยุดชะงักไปในเวลาหนึ่ง

ปี 2524-2531 และปี 2547 : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร ได้ทำการวิจัยสมุนไพร 14 เรื่องในปี 2524-2531 และศูนย์พัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีรัฐร่วมเอกชน วิจัยสมุนไพร 4 เรื่องในปี 2547 ตามลำดับ

ปี 2543 : ราคาน้ำมันปิโตรเลียมได้สูงขึ้นอีกครั้งหนึ่ง นายระพีพันธุ์ และนายสุทัศน์ ได้รื้อฟื้นสมุนไพร ด้วยการเขียนบทความเผยแพร่ทางวารสารและวิทยุ

ปี 2547-2548 : ธนาคารสมอง ในสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถได้จัดทำโครงการเฉลิมพระเกียรติเนื่องในวโรกาสพระชนมายุ 72 พรรษา แก่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ร่วมกับ ศ.เกียรติคุณ ดร.ชานาญ ฉัตรแก้ว วุฒิสภา ปลุกสวนป่าสมุนไพรพลังงานทดแทนในปี 2547 และแก่กรมส่งเสริมการเกษตรร่วมกับนายสุทัศน์ สุทธิผลไพบุลย์ วุฒิสภา ปฏิบัติงานนำร่องส่งเสริมการใช้น้ำมันสมุนไพรในไร่นาในปี 2547-2548

ปี 2548-ปัจจุบัน : ได้มีการทดลอง พัฒนา ปรับปรุงพันธุ์สมุนไพร และการวิจัยพัฒนาคุณสมบัติน้ำมันสมุนไพรและการใช้ประโยชน์ของสมุนไพรให้ครบวงจรยิ่งขึ้น ในมหาวิทยาลัยต่าง ๆ

สมุนไพร เป็นชื่อเรียกในท้องถิ่นทางภาคกลาง ทั้งนี้เนื่องจากมีฟองใช้ทำสบู่และเปลือกเมล็ดสีดำ ภาคเหนือ เรียกว่ามะหุ้งฮั่ว ภาคตะวันออกเฉียงเหนือเรียกมะเข่า ชาวโคราชเรียกสีหลอด ชาวบ้านทางภาคใต้เรียกว่ามะหงเทศ เนื่องจากต้น ใบ ผลและเมล็ดมีสารพิษกรด Hydrocyanic เหมือนกับมันสำปะหลังมีกลิ่นเหม็นเขียว สัตว์เลี้ยงอันได้แก่ โค กระบือ ม้า แพะ แกะ ลา ล่อ ไม่อยากเข้าใกล้และกัดกินต้นสมุนไพร ดังนั้นจึงนำมาใช้ประโยชน์ปลูกเป็นรั้วธรรมชาติตามบ้านเรือนและแปลงปลูกพืชเพื่อป้องกันไม่ให้สัตว์เลี้ยงดังกล่าวเข้าไปทำลายพืชผลที่ปลูกไว้ เมล็ดสมุนไพรยังมีสารพิษเรียกว่า Curcin หากบริโภคแล้วทำให้ท้องเดินเหมือนสลด รวมไปถึงกากสมุนไพร ยังมีธาตุอาหารใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์ได้อีกด้วย (รพีพันธุ์และคณะ, 2525)

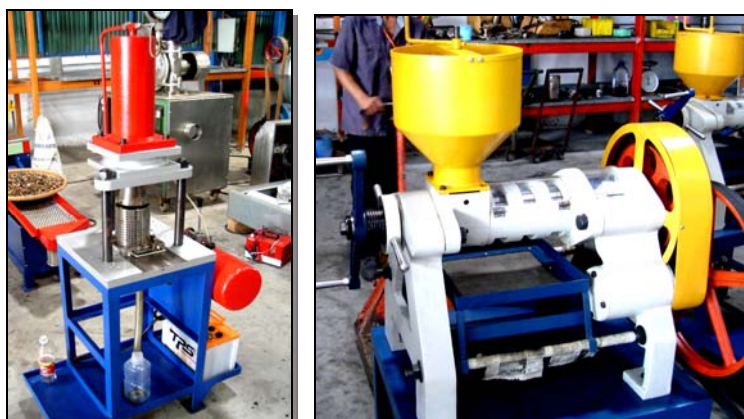
1.1 วิธีการสกัดน้ำมันสบู่ดำ

การสกัดน้ำมันสบู่ดำมีวิธีดำเนินการที่ได้รับความนิยม 3 วิธีดังนี้

1.1.1 การสกัดในห้องปฏิบัติการโดยใช้วิธีบดให้ละเอียด แล้วสกัดด้วยตัวทำละลายปิโตรเลียมอีเทอร์ จะได้น้ำมัน 34.96% จากเมล็ดรวมเปลือก และ 54.68% จากเนื้อเมล็ด (หากนำเมล็ดสบู่ดำมาอุ่นให้ความร้อน หรือตากแดด ต่อนึ่งให้แห้งที่สุด แล้วนำมาหีบน้ำมันจะได้มากขึ้น)

1.1.2 การสกัดระบบไฮดรอลิกได้น้ำมัน 20 – 25% มีน้ำมันตกค้างในกาก 10 – 15%

1.1.3 การสกัดด้วยระบบอัดเกลียวได้น้ำมัน 25 – 30% มีน้ำมันตกค้างในกาก 5 – 10%



ภาพที่ 1 เครื่องสกัดน้ำมันแบบไฮดรอลิก(ซ้าย) และแบบสกรูอัดเกลียว(ขวา)

1.2 คุณสมบัติการเป็นเชื้อเพลิงของน้ำมันสบู่ดำ

จากงานวิจัยน้ำมันสบู่ดำที่ผ่านมา พบว่ามีคุณสมบัติเบื้องต้น แสดงในตารางที่ 3 โดยองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดสบู่ดำพบว่ามีน้ำมันเป็นองค์ประกอบหลักอยู่ในปริมาณร้อยละ 46.3 น้ำมันสกัดจากเมล็ดสบู่ดำมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวเป็นองค์ประกอบหลักในปริมาณร้อยละ 78.4 โดยมีกรดโอเลอิกในปริมาณร้อยละ 42.4 และกรดลิโนเลอิกร้อยละ 35.2 และกรดไขมันอิ่มตัวร้อยละ 21.7 ซึ่งประกอบด้วยกรดปาล์มิติกร้อยละ 14.7 และกรดสเตียริกร้อยละ 6.9

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของน้ำมันสบูดำ

ข้อกำหนด	น้ำมันสบูดำ
1. ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) ที่ 25 °C	0.9186
2. ดัชนีหักเห (Refractive index) ที่ 25 °C	1.4670
3. ค่ากรด (Free Fatty acid, as oleic)	4.80 mg/100g
4. ค่าสaponนิฟิเคชัน (Saponification)	197.13
5. ค่าไอโอดีน (Iodine value)	97.08 g
6. ค่าความร้อนที่ให้ (Calorific value)	9.470 Kcl/kg
7. ปริมาณน้ำและสิ่งที่ระเหยได้ที่ (Water & Volatile matter)	0.107%
8. ความหนืด (Viscosity) ที่ 25 °C	50.73 cSt

ที่มา : ระพีพันธุ์และสุขสันต์ (2525)

2. น้ำมันเบนซิน

น้ำมันเบนซินหรือน้ำมันแก๊สโซลีน เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม แต่น้ำมันที่ได้จากการกลั่นเป็นน้ำมันพื้นฐานที่ยังมีคุณสมบัติไม่เหมาะต่อการนำไปใช้งาน จึงต้องมีการเติมสารเพิ่มคุณภาพต่าง ๆ ลงไป เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติให้ดีขึ้นและเหมาะต่อการนำไปใช้งาน สารเพิ่มคุณสมบัติดังกล่าว ได้แก่ สารเพิ่มค่าออกเทน (Octain Additive) สารป้องกันสนิมและการกัดกร่อน (Rust and Corrosion inhibitors) สารต้านการรวมตัวกับอากาศ (Anti-oxidant) และสารชะล้างทำความสะอาด (Detergent) เป็นต้น

น้ำมันแก๊สโซลีนเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงที่ประกอบด้วยไฮโดรเจน (H) และคาร์บอน (C) ซึ่งเรียกว่า สารประกอบไฮโดรคาร์บอน โดยไฮโดรคาร์บอนที่ได้จากน้ำมันปิโตรเลียมหรือน้ำมันดิบโดยน้ำมันเบนซินที่ดีจะต้องระเหยตัวได้ง่ายในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม น้ำมันเบนซินที่มีค่าการระเหยตัวสูงเกินไปคือระเหยตัวที่อุณหภูมิต่ำ จะทำให้มีโอกาสเกิดไออุด (Vapour lock) ได้ง่าย ทำให้ไม่มีน้ำมันเบนซินจ่ายไปยังคาร์บูเรเตอร์จึงทำให้เครื่องยนต์เกิดการอุดตันและดับ น้ำมันเบนซินที่มีค่าการระเหยตัวต่ำเกินไป ก็คือการระเหยตัวที่อุณหภูมิที่สูง จะทำให้น้ำมันเบนซินเผาไหม้ไม่หมด ในขณะที่เครื่องยนต์มีอุณหภูมิต่ำ น้ำมันที่ตกค้างจะซึมผ่านแหวนลูกสูบลงสู่อ่างน้ำมันเครื่อง ทำให้น้ำมันเครื่องเจือจาง สูญเสียคุณสมบัติในการหล่อลื่น เป็นผลทำให้เครื่องยนต์มีการสึกหรอสูงขึ้น น้ำมันเบนซินที่ระเหยตัวได้ง่ายขณะที่เครื่องยนต์ยังมีอุณหภูมิต่ำอยู่ จะเป็นที่ต้องการสำหรับ

เครื่องยนต์ที่ใช้ในประเทศที่มีอากาศหนาวเย็น เพื่อให้เครื่องยนต์สามารถสตาร์ทได้โดยง่าย การหาค่าการระเหยตัวของน้ำมันจะหาได้จากการทดสอบการกลั่น (Distillation) และการทดสอบหาค่าความดันไอของน้ำมัน ซึ่งในการทดสอบการกลั่นที่อุณหภูมิ 158 องศาฟาเรนไฮต์ (70 องศาเซลเซียส) ใช้น้ำมันจากการระเหยจะต้องมีปริมาณเพียงพอต่อการสตาร์ทติดเครื่องยนต์แม้ในขณะที่อากาศเย็น อย่างไรก็ตาม ปริมาณไอน้ำมันดังกล่าวจะต้องไม่มากเกินไป จนทำให้เกิดฟองไอ (Vapour bubble) และเกิดไออุดเมื่อเครื่องยนต์มีอุณหภูมิสูงขึ้น และเมื่ออุณหภูมิขึ้นสูงถึง 356 องศาฟาเรนไฮต์ (180 องศาเซลเซียส) ประมาณร้อยละ 90 ของน้ำมันจะต้องระเหยกลายเป็นไอ จึงแน่ใจได้ว่าจะไม่มีน้ำมันที่เหลือจากการเผาไหม้ที่จะทำให้ให้น้ำมันเครื่องเกิดการเจือจาง

คุณสมบัติที่สำคัญอีกประการหนึ่งของน้ำมันเบนซินคือ ความต้านทานการน็อก เนื่องจากการน็อกที่เกิดขึ้นกับเครื่องยนต์จะมีผลทำให้เครื่องยนต์กำลังตก และถ้าเกิดขึ้นอย่างขี้นเป็นระยะเวลานาน ๆ แล้วก็จะทำให้เครื่องยนต์เกิดความเสียหายได้ การน็อกก็คือการจุดระเบิดก่อนกับการจุดระเบิดจากหัวเทียน ดังนั้น น้ำมันเบนซินที่มีคุณสมบัติต้านทานการน็อกได้สูงเท่านั้นจึงจะสามารถป้องกันการน็อกที่จะเกิดกับเครื่องยนต์ได้ และน้ำมันเบนซินที่มีคุณสมบัติดังกล่าวคือน้ำมันเบนซินที่มีค่าออกเทนสูง (ประณต, 2551: 162-165)

ตารางที่ 2 คุณสมบัติที่สำคัญของน้ำมันเบนซิน

Test Item	Sample	
	Method (ASTM)	Unleaded Gasoline 91
Acid Value	-	0.31%
Viscosity	D445	0.61 cSt
Density	D4052	0.7429
Distillation	D86	
IBP		35.9 °C
10% Evaporated		54.5 °C
50% Evaporated		95.9 °C
90% Evaporated		162.9 °C
End Point		195.6 °C
Residue		0.8 %Vol
Research Method (RON)	D2699	91.6
Motor Method (MON)	D2700	83

2.1 ค่าออกเทนของน้ำมันเบนซิน

ค่าออกเทนของน้ำมันเบนซิน คือ ตัวเลขที่แสดงค่าความสามารถในการต้านทานการน็อกของเครื่องยนต์ขณะมีการเผาไหม้เกิดขึ้น โดยเปรียบเทียบจากเชื้อเพลิงมาตรฐานที่มีส่วนประกอบของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนบริสุทธิ์ 2 ชนิด ได้แก่ ไอโซออกเทน (C_8H_{18}) ซึ่งมีคุณสมบัติต้านทานต่อการน็อกดีที่สุด ให้มีค่าออกเทนเท่ากับ 100 และ นอร์มัลเฮปเทน (C_7H_{16}) ซึ่งมีคุณสมบัติต้านทานต่อการน็อคน้อยที่สุด ให้มีค่าออกเทนเท่ากับ 0 ดังนั้น น้ำมันเบนซินที่มีค่าออกเทนเท่ากับ 95 จึงหมายถึง น้ำมันเบนซินที่เมื่อมีการเผาไหม้เกิดขึ้นแล้วจะมีผลเท่ากับการเผาไหม้ของน้ำมันเบนซินที่มีส่วนผสมของไอโซออกเทนเท่ากับ 95 เปอร์เซ็นต์ กับนอร์มัลเฮปเทนเท่ากับ 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร



ภาพที่ 2 เครื่องยนต์มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบความต้านทานการน็อก (CFR Engine)

ที่มา: Dresser Industries Inc. (2008)

สำหรับการทดสอบความต้านทานต่อการน็อก โดยทั่วไปจะทดสอบในห้องปฏิบัติการ โดยใช้เครื่องยนต์มาตรฐานสูบเดียว (CFR Engine) ดังภาพที่ 20 ที่สามารถปรับอัตราส่วนการอัดตัวได้ ซึ่งวิธีการทดสอบจำแนกออกเป็น 2 วิธี ได้แก่ Research Method หรือ RON (Research Octane

Number) หรือใช้อักษรย่อ F-1 และ Motor Method หรือ MON (Motor Octane Number) หรือใช้อักษรย่อ F-2 ซึ่งการทดสอบด้วยวิธี RON นั้นเป็นการวัดค่าความต้านทานต่อการน็อกที่ภาวะและอุณหภูมิไอดีต่ำ ความเร็วรอบของเครื่องยนต์อยู่ในระดับปานกลาง ส่วนวิธีการทดสอบด้วยวิธี MON นั้นจะเป็นการวัดความต้านทานต่อการน็อกที่ภาวะและอุณหภูมิไอดีสูง โดยทั่วไปจะอยู่ที่อุณหภูมิประมาณ 302 องศาฟาเรนไฮต์ (150 องศาเซลเซียส) ความเร็วรอบของเครื่องยนต์อยู่ในระดับสูง โดยทั่วไปจะมีค่าแตกต่างกันประมาณ 8 ค่า สำหรับน้ำมันเบนซินชนิดเดียวกัน

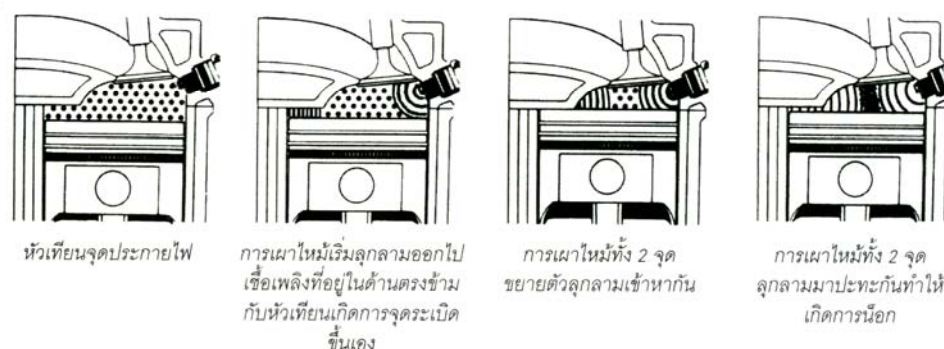
2.2 การน็อกในเครื่องยนต์

กระบวนการเผาไหม้ที่เกิดขึ้นตามปกติในเครื่องยนต์ที่จุดระเบิดด้วยประกายไฟจากหัวเทียนหรือเครื่องยนต์เบนซิน เป็นการเผาไหม้แบบก้าวหน้า (Progressive combustion) กล่าวคือ การเผาไหม้จะเริ่มจากจุดที่อยู่ใกล้กับหัวเทียนมากที่สุด แล้วจึงลามออกไปยังส่วนที่อยู่ไกลออกไป

การน็อกเป็นปรากฏการณ์อย่างหนึ่งที่เกิดขึ้น จากการจุดระเบิดช้อนภายในห้องเผาไหม้ ทำให้เคลื่อนความดัน (Pressure wave) เกิดการปะทะกันอย่างรุนแรง เป็นผลทำให้ความดันภายในห้องเผาไหม้สูงขึ้นอย่างมากในทันทีทันใด เกิดการกระทบกับส่วนประกอบที่อยู่ภายใน ทำให้เกิดเสียงดังที่เรียกว่า น็อก (Knock) ซึ่งการน็อกที่เกิดขึ้นนี้ ถ้ามักก็จะทำความเสียหายให้กับส่วนประกอบของเครื่องยนต์ได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งหัวลูกสูบของเครื่องยนต์ สาเหตุส่วนใหญ่เนื่องจากการใช้เชื้อเพลิงที่มีค่าออกเทนต่ำกับเครื่องยนต์ที่มีอัตราส่วนการอัดสูง โดยทั่วไปการน็อกในเครื่องยนต์ที่จุดระเบิดด้วยประกายไฟหรือเครื่องยนต์เบนซิน จำแนกได้เป็น 2 ลักษณะ ได้แก่ การน็อกจากดีโตเนชัน (Detonation Knock) และการน็อกจากพรีอิกนิชัน (Pre-ignition Knock)

2.2.1 การน็อกที่เกิดขึ้นหลังจากหัวเทียนจุดประกายไฟ (Detonation Knock)

การน็อกแบบ Detonation Knock เป็นการน็อกที่เกิดขึ้นหลังจากหัวเทียนจุดประกายไฟแล้ว โดยที่เชื้อเพลิงส่วนที่อยู่ไกลออกไปจากจุดที่เกิดประกายไฟหรือจากหัวเทียนเกิดการจุดระเบิดขึ้นเอง (Self ignition) ก่อนที่เปลวไฟที่เกิดจากการลุกไหม้ของเชื้อเพลิงที่ถูกจุดด้วยประกายไฟจากหัวเทียนจะลุกลามไปถึงดังแสดงในภาพที่ 3

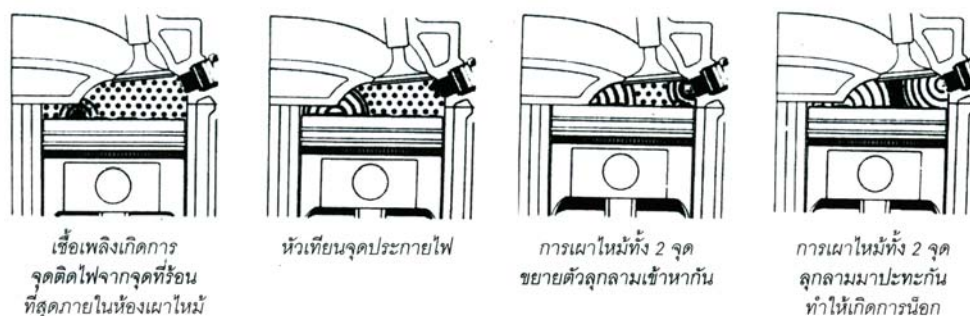


ภาพที่ 3 แสดงการเกิด Detonation Knock

ที่มา: ประณต (2551)

2.2.2 การน็อกที่เกิดขึ้นก่อนที่หัวเทียนจะจุดประกายไฟ (Pre-ignition Knock)

การน็อกในลักษณะนี้เป็นการน็อกที่เกิดขึ้นก่อนที่หัวเทียนจะจุดประกายไฟ โดยมีเชื้อเพลิงส่วนหนึ่งเกิดการจุดติดไฟจากจุดที่ร้อนที่สุดภายในห้องเผาไหม้ ที่อาจเกิดจากการสะสมของคาร์บอนภายในห้องเผาไหม้ หรือเกิดจากการใช้หัวเทียนที่ร้อนเกินขนาดก็ได้ การจุดติดไฟดังกล่าวจะเกิดขึ้นก่อนที่เชื้อเพลิงอีกส่วนหนึ่งจะถูกจุดด้วยประกายไฟจากหัวเทียน



ภาพที่ 4 แสดงการเกิด Pre-ignition Knock

ที่มา: ประณต (2551)

สำหรับสาเหตุอื่นที่ทำให้เครื่องยนต์เกิดการน็อกก็คือ การตั้งจังหวะการจุดระเบิดล่วงหน้ามากเกินไป รูปแบบการกระจายตัวของส่วนผสมไม่เหมาะสม และการระบายความร้อนที่ไม่มีประสิทธิภาพ

2.3 มาตรฐานน้ำมันเบนซินในประเทศไทย

น้ำมันเบนซินที่ใช้กันโดยทั่วไปในประเทศไทยย้อนหลังไปตั้งแต่ปี พ.ศ.2537 จะใช้น้ำมันชนิดที่มีสารตะกั่วเป็นส่วนผสมเพื่อเพิ่มค่าออกเทน สารตะกั่วที่นิยมนำมาผสม ได้แก่ Tetraethyl lead ที่เรียกสั้น ๆ ว่า TEL สารชนิดนี้จะทำให้น้ำมันเบนซินมีค่าออกเทนสูงขึ้น แต่จากปัญหาด้านมลภาวะในสิ่งแวดล้อมที่นับวันมีความรุนแรงเพิ่มมากขึ้น ทำให้ประเทศต่าง ๆ ทั่วโลกได้หันมารณรงค์ให้เลิกใช้สารตะกั่วในน้ำมันเบนซิน ประเทศไทยเป็นหนึ่งในประเทศที่สนองตอบต่อความต้องการดังกล่าวของประชาคมโลกด้วยการประกาศเลิกใช้น้ำมันเบนซินชนิดมีสารตะกั่ว และหันมาใช้สารชนิดอื่นแทน เช่น Methyl, Tertiary, Butyl, Ether) ที่เรียกสั้น ๆ ว่า MTBE เป็นต้น นอกจากนั้นยังบังคับให้ใช้สารเติมแต่งเพื่อปรับปรุงคุณภาพของน้ำมันเบนซินให้ดีขึ้น เหมาะสมกับเครื่องยนต์สมัยใหม่ที่นับวันจะมีสมรรถนะที่เพิ่มสูงขึ้น

ในปัจจุบันประเทศไทยได้กำหนดมาตรฐานสำหรับน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งกำหนดขึ้นโดยกรมธุรกิจพลังงาน กระทรวงพลังงาน และได้แบ่งมาตรฐานน้ำมันเบนซินออกเป็น 2 ประเภท (กรมธุรกิจพลังงาน, 2551) คือ

2.3.1 น้ำมันเบนซินไร้สารตะกั่วออกเทน 91

2.3.2 น้ำมันเบนซินไร้สารตะกั่วออกเทน 95

สำหรับความหมายของ 91 และ 95 คือ ค่าออกเทนนัมเบอร์ ค่าออกเทนคือจุดวาบไฟ ในการเผาไหม้ 95 จะมีจุดวาบไฟสูงกว่า 91 คือ สามารถติดไฟได้เร็วกว่าและดีกว่า โดยทั่วไปน้ำมันเชื้อเพลิงเมื่อเกิดการเผาไหม้จะเกิดสารต่าง ๆ ออกมากับไอเสียรถยนต์ด้วย เช่น ไอสารตะกั่ว คาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) สารประกอบไฮโดรคาร์บอน (HC) และออกไซด์ของไนโตรเจน (NOx) สารเหล่านี้พบว่าเมื่อเข้าสู่ร่างกายจะเป็นอันตรายต่อสุขภาพอย่างมาก โดยเฉพาะไอสารตะกั่ว ซึ่งได้รับความสนใจอย่างกว้างขวาง มีการนำเสนอพิษภัยของสารตะกั่วและรณรงค์ให้ใช้น้ำมันเบนซินไร้สารตะกั่ว และรัฐบาลได้เห็นความจำเป็นที่จะรักษาสีสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของประชาชนจึงได้ออกประกาศกำหนดคุณภาพ และปริมาณสารตะกั่วในน้ำมัน เบนซินดังนี้

ปี พ.ศ. 2527 กำหนดให้น้ำมันเบนซินมีปริมาณสารตะกั่วลดลงจาก 0.84 กรัมต่อลิตร เป็น 0.45 กรัมต่อลิตร และให้เหลือ 0.40 กรัมต่อลิตร

ในปี พ.ศ. 2532 ปี พ.ศ. 2534 เริ่มจำหน่ายน้ำมันเบนซินชนิดพิเศษไร้สารตะกั่วเป็นครั้งแรก และรัฐบาลยังเพิ่มแรงจูงใจแก่ผู้ใช้รถยนต์ด้วยการกำหนดราคาน้ำมันเบนซินชนิดพิเศษไร้สารตะกั่วให้ต่ำกว่าน้ำมันเบนซินชนิดพิเศษมีสารตะกั่ว 80 สตางค์ต่อลิตร

ปี พ.ศ. 2535 ให้น้ำมันเบนซินมีปริมาณสารตะกั่วลดลงจาก 0.40 กรัมต่อลิตร เหลือ 0.15 กรัมต่อลิตร และกำหนดให้เลิกจำหน่ายน้ำมันเบนซินชนิดมีสารตะกั่วภายในปี พ.ศ. 2539

ปี พ.ศ. 2536 กำหนดให้มีปริมาณสารออกซิเจนเทค (Oxygenated Compounds) ต่ำสุดร้อยละ 1 และสูงสุด ร้อยละ 2 โดยน้ำหนัก ในน้ำมันเบนซินชนิดพิเศษเพื่อลดก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) และให้ลดปริมาณสารเบนซิน (Benzene) สูงสุดจากร้อยละ 5 เหลือร้อยละ 3.5 โดยปริมาตร เพื่อลดสารเบนซินในอากาศ นอกจากนี้ยังกำหนดให้รถยนต์รุ่นใหม่ที่ใช้้ำมันเบนซินต้องใช้เครื่องฟอกไอเสียเชิงเร่งปฏิกิริยาที่เรียกว่า แคลทาลิติกคอนเวอร์เตอร์ (catalytic converter) เพื่อขจัดสารต่าง ๆ (CO, HC, NO_x) จากไอเสียรถยนต์ ซึ่งเป็นผลให้รถยนต์รุ่นใหม่ต้องใช้น้ำมันเบนซินไร้สารตะกั่ว เพราะเมื่อใช้น้ำมันเบนซินที่มีสารตะกั่ว สารประกอบของตะกั่วคลอไรด์ และตะกั่วโบรไมด์ที่เกิดจากการเผาไหม้ของน้ำมัน จะทำให้อายุการใช้งานของเครื่องกรองอากาศดังกล่าวสั้นลง

จากประกาศกรมธุรกิจพลังงาน เป็นผลให้ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2539 เป็นต้นมาได้ยกเลิกการจำหน่ายน้ำมันเบนซินชนิดที่มีสารตะกั่วทั้งหมด โดยปัจจุบันน้ำมันเบนซินไร้สารตะกั่วออกเทน 91 (สีแดง) จะถูกกำหนดให้มีค่าออกเทนไม่ต่ำกว่า 91 ขณะที่น้ำมันเบนซินไร้สารตะกั่วออกเทน 95 (สีเหลืองอ่อน) มีค่าออกเทนไม่ต่ำกว่า 95 น้ำมันเบนซินทั้ง 2 ชนิด จะมีปริมาณสารตะกั่วไม่เกิน 0.013 กรัมต่อลิตร เหมาะสำหรับเครื่องยนต์ที่มีอัตราส่วนการอัดตัวตั้งแต่ 8 : 1 ขึ้นไป

3. คุณสมบัติของเชื้อเพลิง

เนื่องจากการวิจัยนี้ได้ศึกษาถึงคุณสมบัติของน้ำมันผสม ซึ่งสามารถนำไปใช้งาน เพื่อทดแทนเชื้อเพลิงที่มีใช้ในปัจจุบัน จึงต้องศึกษาถึงส่วนประกอบของเชื้อเพลิง รวมทั้งตัวแปรที่สำคัญต่อการเปลี่ยนแปลง โดยเชื้อเพลิงที่นำมาใช้ในปัจจุบันโดยส่วนใหญ่เป็นเชื้อเพลิงจำพวกฟอสซิล (Fossil Fuel) ซึ่งการนำมาใช้งานต้องผ่านกระบวนการทางเคมีที่ทำให้คุณสมบัติของน้ำมัน

สามารถใช้ได้กับเครื่องชนิดหลายประเภทที่มีลักษณะการใช้งานที่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตามน้ำมันแต่ละประเภทจะต้องมีคุณสมบัติหลักที่จำเป็นต่อการนำไปใช้งาน ดังนี้

3.1 ค่าความร้อน (Heating Value)

ค่าความร้อน คือ ปริมาณความร้อนที่เชื้อเพลิงให้ออกมาจากการเผาไหม้ ต่อหนึ่งหน่วยน้ำหนักซึ่งสามารถหาได้จากเอนทัลปี (h) ของสารตั้งต้น (Reactant) และผลิตภัณฑ์ (Product) จากกฎข้อที่ 1 ของเทอร์โมไดนามิกส์สำหรับปริมาตรควบคุมและไม่มีการเกิดขึ้นในระบบ ค่าความร้อน ($Q_{c.v.}$) จะหาได้จากสมการที่ 1

$$Q_{c.v.} = \sum n_e h_e - \sum n_i h_i \quad (1)$$

โดยที่ $Q_{c.v.}$ คือ ค่าความร้อนจากการเผาไหม้สำหรับปริมาตรควบคุม (J)

h (Enthalpy of reactant product) คือ เอนทัลปีของการเผาไหม้ของผลิตภัณฑ์ตั้งต้น

โดยค่าความร้อนจากการเผาไหม้มีวิธีการวัดแบ่งออกเป็น 3 แบบด้วยกันคือ

3.1.1 ค่าความร้อนต่ำ หรือ Lower Heating Value (LHV) หมายถึง การนำเชื้อเพลิงหนัก 1 กิโลกรัม มาหาค่าความร้อน ค่าที่วัดได้คือ ค่าความร้อนต่ำ (LHV) ต่อ กิโลกรัม

3.1.2 ค่าความร้อนสูง หรือ Higher Heating Value (HHV) หมายถึง การนำเชื้อเพลิงหนัก 1 กิโลกรัม มาลดความชื้นหรือกำจัดน้ำออกให้หมด จากนั้นนำมาหาค่าความร้อน ค่าที่วัดได้คือ ค่าความร้อนสูง (HHV) ต่อ กิโลกรัม และมีความสัมพันธ์กับค่าความร้อนต่ำดังนี้

$$HHV(kcal/kg) = LHV + 5.72(9H + M) \quad (2)$$

หรือ
$$HHV(kJ/kg) = LHV + 23.95(9H + M) \quad (3)$$

เมื่อ H คือ ปริมาณเปอร์เซ็นต์ของธาตุไฮโดรเจนในเชื้อเพลิง

M คือ ปริมาณเปอร์เซ็นต์ของความชื้นในเชื้อเพลิง

3.1.3 ค่าความร้อนแห้ง หรือ Dry Heating Value หมายถึง การนำเชื้อเพลิงจำนวนหนึ่งมาลดความชื้นหรือกำจัดน้ำออกให้หมด จากนั้นแบ่งมา 1 กิโลกรัม เพื่อนำมาหาค่าความร้อนค่าที่วัดได้คือ ค่าความร้อนแห้งต่อกิโลกรัม และมีความสัมพันธ์กับค่าความร้อนสูงดังนี้

$$\text{Dry Heating Value} = \text{HHV} / \left(\frac{1-M}{100} \right) \quad (4)$$

เมื่อ M คือ ปริมาณเปอร์เซ็นต์ของความชื้นในเชื้อเพลิง

3.2 ค่าออกเทน (Octane Number, ON) คือ ตัวเลขที่บอกความต้านทานต่ออุณหภูมิและความดันในการติดไฟ เชื้อเพลิงที่มีค่าออกเทนสูงจะมีความสามารถในการต้านทานการหน่วงการติดไฟได้ดีกว่าเชื้อเพลิงที่มีค่าออกเทนต่ำ

3.3 ค่าความหนืด (Viscosity) เป็นคุณสมบัติทางกายภาพ (Physical Property) ที่บ่งบอกชนิดของของไหลอย่างหนึ่ง และเป็นค่าที่วัดได้ง่าย จึงเป็นค่าที่นิยมใช้ในการตรวจสอบคุณภาพและคุณสมบัติของสารในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น น้ำมัน ตัวทำละลาย (Solvent) เครื่องสำอาง ยา และอื่น ๆ นอกจากจะใช้เพื่อตรวจสอบสารโดยตรงแล้ว ความหนืดยังสามารถประยุกต์ใช้รูปแบบอื่น เช่น การหาน้ำหนักโมเลกุลของโพลิเมอร์ และตรวจสอบหมู่ฟังก์ชันของแป้ง เป็นต้น โดยความหนืดเป็นแรงต้านภายในของของเหลว เกิดจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของของเหลวต้านต่อการไหล ดังนั้นในการวัดความหนืดจะต้องมีความเข้าใจเกี่ยวกับพฤติกรรมของการไหล (Rheology) ของของเหลวปัจจัยที่มีผลต่อความหนืด รวมทั้งเครื่องมือวัดความหนืดด้วย

ดังที่กล่าวมาแล้วว่า ความหนืดเป็นแรงต้านภายในของของเหลว การบอกค่าความหนืดจึงขึ้นอยู่กับวิธีวัดความหนืดซึ่งโดยทั่วไปจะพูดถึงความหนืดใน 2 ลักษณะ คือ ความหนืดคิเนมาติก (Kinematic Viscosity) และความหนืดไดนามิก (Dynamic Viscosity)

3.3.1 ความหนืดคิเนมาติก (Kinematic Viscosity)

เป็นค่าความหนืดที่ได้มาจากการวัดการไหลของของเหลวภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก ซึ่งเครื่องมือที่ใช้วัดความหนืดแบบนี้คือหลอดวัดความหนืด (Viscometer Tube) ซึ่งการวัดความหนืดทำได้โดยจับเวลาการไหลของของเหลว สารที่ไหลได้เร็วจะมีความหนืดน้อย ความหนืดคิเนมาติก มีหน่วยวัดเป็น m^2/s หรือ mm^2/s ในระบบ SI และหน่วยที่ใช้กันมากใน

อุตสาหกรรมเป็นระบบ CGS มีหน่วยเป็น St (Stokes) หรือ cSt. โดยหน่วยทั้ง 2 ระบบ มีความสัมพันธ์กันคือ

$$1 \text{ mm}^2/\text{s} = 1 \text{ cSt.} \quad (5)$$

3.3.2 ความหนืดไดนามิก (Dynamic Viscosity)

เป็นค่าความหนืดที่ได้จากการวัดโดยอาศัยแรงไปกระทำกับของเหลว แรงกระทำนี้เรียกว่า แรงเฉือน (Shear Stress) ซึ่งของเหลวจะมีแรงต้านต่อแรงที่กระทำ ตัวอย่างของเครื่องมือวัดแบบนี้ เช่น Rotation Viscometer โดยของเหลวที่มีความหนืดมากจะมีแรงต้านต่อแรงที่ไปกระทำสูง ความหนืดไดนามิกมีหน่วยวัดเป็น Pa.s (Pascal-second) หรือ mPa.s ในระบบ SI และ P (Poise) หรือ cP ในระบบ CGS ระบบหน่วยทั้งสองมีความสัมพันธ์กัน คือ

$$1 \text{ mPa.s} = 1 \text{ cP} \quad (6)$$

โดยความหนืดทั้งความหนืดไคเนมาติก และความหนืดไดนามิก มีความสัมพันธ์กันโดยใช้ค่าความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) คือ

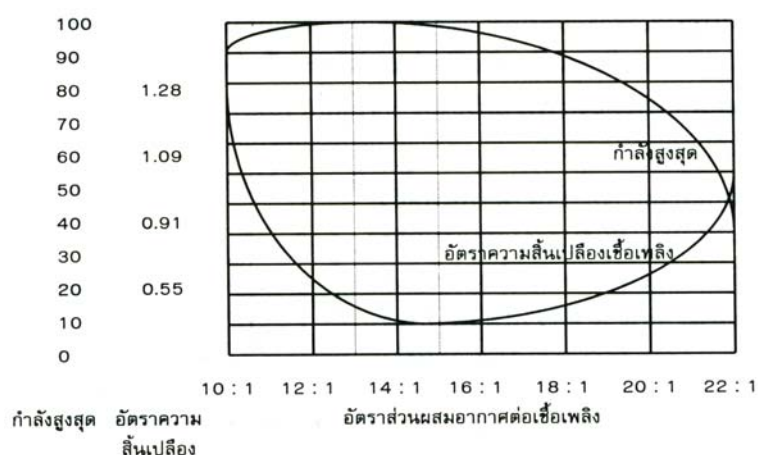
$$\text{Dynamic Viscosity} = (\text{Specific Gravity}) \cdot (\text{Kinematic Viscosity}) \quad (7)$$

4. ทฤษฎีและหลักการทำงานของรถจักรยานยนต์เครื่องยนต์ 4 จังหวะ

เครื่องยนต์จักรยานยนต์ในปัจจุบันจะใช้หลักการของ เครื่องยนต์แก๊สโซลีน หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า เครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ (Spark-ignition engine, SI engine) เป็นเครื่องยนต์สันดาปภายใน มีการจุดระเบิดโดยใช้ประกายไฟและใช้เชื้อเพลิงที่เป็นน้ำมันเบาที่มีการระเหยง่าย มีลักษณะการเผาไหม้โดยที่อากาศกับเชื้อเพลิงจะทำการผสมกันในระบบไอดี ก่อนที่จะเข้าไปในกระบอกสูบโดยใช้ระบบการฉีดจ่ายเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์ หรือระบบหัวฉีด

เครื่องยนต์ SI ต้องการอัตราส่วนผสมของอากาศกับเชื้อเพลิงที่ถูกต้องแน่นอนในแต่ละสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ ปริมาณของอากาศที่ต้องการทางทฤษฎีคือปริมาณของอากาศ ซึ่งต้องเพียงพอสำหรับการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ของเชื้อเพลิง เครื่องยนต์ SI จะทำงานมีประสิทธิภาพ

สูงสุดและเผาไหม้ได้อย่างสมบูรณ์หมดจดจะต้องให้ปริมาณอากาศน้ำหนัก 14.7 กิโลกรัม หรือประมาณ 15 กิโลกรัม ถ้าคิดเป็นอัตราส่วนของอากาศต่อน้ำมันเชื้อเพลิงจะเท่ากับ 15:1 โดยส่วนผสมของเชื้อเพลิงที่อัตราส่วนต่าง ๆ ที่ป้อนเข้ากับเครื่องยนต์จะมีผลต่อกำลังงานของเครื่องยนต์และความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (บุญธรรม, 2542 : 12-13) ดังแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังงานและความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

ที่มา : เสมอขวัญ (2545)

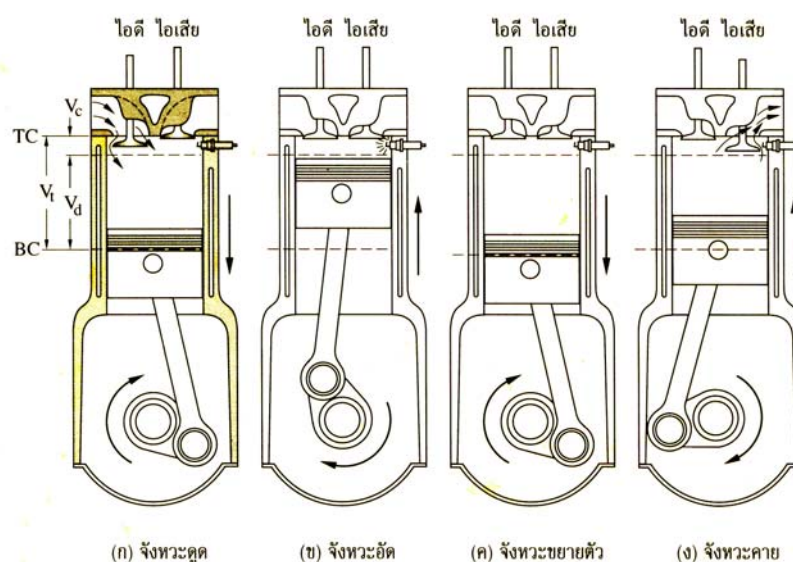
สำหรับเครื่องยนต์ที่ใช้คาร์บูเรเตอร์ อากาศจะไหลผ่านท่อเวนจูรี (Venturi) ทำให้เกิดความดันแตกต่างระหว่างความดันที่ทางเข้าของท่อเวนจูรีและความดันที่คอคอดของท่อ ซึ่งถูกใช้ในการจัดปริมาณของเชื้อเพลิงที่เหมาะสมจากห้องลูกลอยเข้าไปผสมกับอากาศที่คอคอดหลังจากท่อเวนจูรีก็จะเป็นลิ้นเร่งซึ่งมีหน้าที่ควบคุมการไหลของสารผสมอากาศกับเชื้อเพลิงและควบคุมกำลังที่ออกจากเครื่องยนต์ในที่สุด และในเครื่องยนต์ที่ใช้ระบบหัวฉีดเชื้อเพลิงแบบฉีดเข้าที่ช่องไอดี เชื้อเพลิงจะถูกฉีดผ่านหัวฉีดเข้าที่ช่องไอดีของแต่ละสูบ ซึ่งในระบบที่ควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ ปริมาณเชื้อเพลิงที่ถูกฉีดโดยหัวฉีดจะถูกควบคุมโดยชุดควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งรับสัญญาณจากตัวรับรู้ (Sensor) และสวิทช์ต่าง ๆ แล้วนำมาประมวลผลและส่งสัญญาณไปให้หัวฉีดเพื่อทำการฉีดเชื้อเพลิงออกไปในปริมาณที่ถูกต้อง (วีระศักดิ์, 2546: 32-34)

โดยทั่วไปเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟจะสามารถจำแนกตามกระบวนการทำงานออกเป็น 2 ลักษณะ คือ วัฏจักร 2 จังหวะ (Two-stroke Engine) โดยที่วัฏจักรการทำงาน 1 วัฏจักร

จะประกอบไปด้วยการเคลื่อนที่ของลูกสูบ 2 จังหวะ หรือหนึ่งรอบหมุนของเพลาค้อเหวี่ยง และวัฏจักร 4 จังหวะ (Four-stroke Engine) โดยที่วัฏจักรการทำงาน 1 วัฏจักร จะประกอบไปด้วยการเคลื่อนที่ของลูกสูบ 4 จังหวะหรือหนึ่งรอบหมุนของเพลาค้อเหวี่ยง

การวิจัยนี้จะใช้เครื่องยนต์แบบ 4 จังหวะ ในการค้นคว้าวิจัย จึงได้ทำการเรียบเรียงหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องโดยสรุปไว้ ดังนี้

เครื่องยนต์ 4 จังหวะ หมายถึงเครื่องยนต์แบบลูกสูบชักที่มีกระบวนการในการแลกเปลี่ยนพลังงานความร้อนจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงเป็นแรงขับเคลื่อนทางกล จำนวน 4 กระบวนการ หรือ 2 รอบการหมุนของเพลาค้อเหวี่ยงเพื่อให้ลำดับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้จังหวะกำลัง 1 จังหวะนั้นสมบูรณ์หรือให้ครบ 1 วัฏจักรการทำงาน การจุดระเบิดของกระบอกสูบ เกิดจาก 0 น้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel) ผสมกับก๊าซไอดี (Intake) ในอัตราส่วนที่เหมาะสม รวมทั้งแรงอัดอากาศ ในจังหวะที่ลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้นไปตำแหน่งศูนย์ตายบน (Top Dead Center) จากนั้น ก็จะเกิดประกายไฟจากหัวเทียน ทำให้เกิดการระเบิดขึ้น หลังจากเกิดการระเบิดแล้ว ก็จะเกิดไอเสีย (Exhaust) ขับออกไปทางท่อไอเสีย และจะเกิดเหตุการณ์ แบบนี้ซ้ำ ๆ กันไป (ศักดา, 2547: 23-26)



ภาพที่ 6 วัฏจักรการทำงานของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ

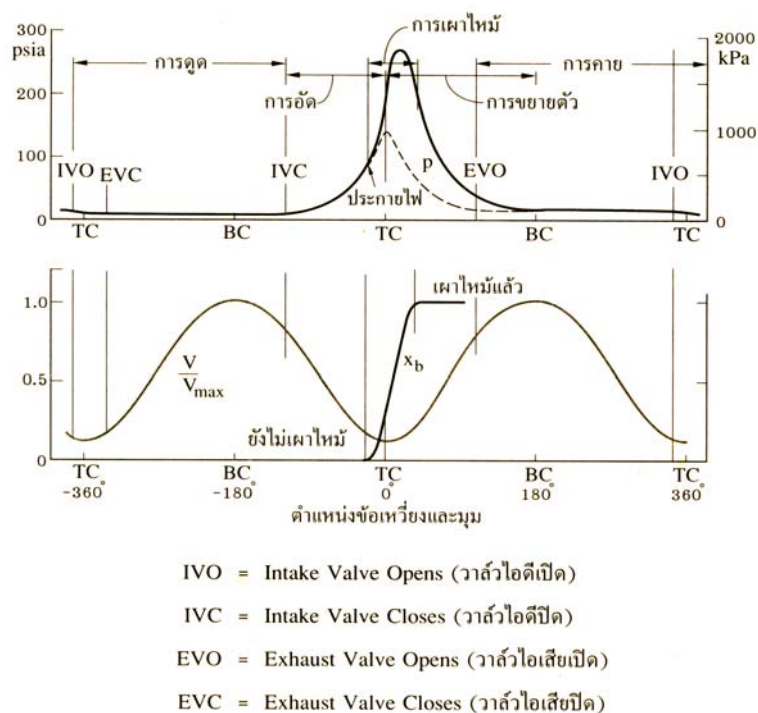
ที่มา: ศักดา (2547)

จากภาพที่ 6 จังหวะดูด (Intake Stroke) หรือจังหวะไอดีเข้า เริ่มต้นเมื่อลูกสูบอยู่ที่ศูนย์ตายบน (TC) และสิ้นสุดเมื่อลูกสูบเคลื่อนที่มาอยู่ที่ศูนย์ตายล่าง (BC) โดยไอดีจะถูกนำเข้าไปในกระบอกสูบในระหว่างจังหวะดูด วาล์วไอดีจะเปิดและวาล์วไอเสียจะปิด จังหวะอัด (Compression Stroke) สารผสมในกระบอกสูบจะถูกอัดให้ปริมาตรลดลง โดยลูกสูบเคลื่อนที่จากศูนย์ตายล่าง (BC) ขึ้นไปยังศูนย์ตายบนในขณะที่วาล์วทั้งสองยังปิดอยู่ และเมื่อลูกสูบอยู่ที่ศูนย์ตายบน (TC) จะมีการจุดระเบิดและเผาไหม้ของสารผสมอากาศกับเชื้อเพลิง ทำให้ความดันในกระบอกสูบเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จังหวะกำลังหรือจังหวะขยายตัว (Power Stroke หรือ Expansion Stroke) ซึ่งเริ่มต้นเมื่อลูกสูบอยู่ที่ศูนย์ตายบน (TC) และลูกสูบอยู่ที่ศูนย์ตายล่าง (BC) โดยที่แก๊สที่เกิดจากการเผาไหม้ของอากาศกับเชื้อเพลิงซึ่งมีอุณหภูมิและความดันสูงจะดันลูกสูบลง และทำให้เพลาค้อเหวี่ยงหมุนในระหว่างจังหวะกำลังนั้นวาล์วไอดีและวาล์วไอเสียจะปิด จังหวะคาย (Exhaust Stroke) จะเริ่มต้นเมื่อลูกสูบอยู่ที่ศูนย์ตายล่าง (BC) และวาล์วไอเสียเปิด ส่วนวาล์วไอดียังคงปิดอยู่ แก๊สที่ขยายตัวแล้วถูกดันออกจากกระบอกสูบโดยลูกสูบเคลื่อนที่จากศูนย์ตายล่าง (BC) ไปยังศูนย์ตายบน (TC) ของกระบอกสูบ

สำหรับวัฏจักรการทำงานแต่ละวัฏจักรจะเริ่มจากการนำไอดีเข้าหรือการดูดซึ่งจะเริ่มขึ้นเมื่อวาล์วไอดีเปิดและไปสิ้นสุดเมื่อวาล์วไอดีปิด ในทางปฏิบัติ เพื่อจะรักษาการไหลของสารผสมให้สูงไว้ที่อัตราเร็วเครื่องยนต์สูงวาล์วไอดีจะเปิดก่อน TC และเปิดหลัง BC ในระหว่างการนำไอดีเข้านี้ ไอดี (สารผสมอากาศกับเชื้อเพลิง) ที่เข้าไปในกระบอกสูบจะผสมกับแก๊สที่เกิดจากการเผาไหม้ที่ค้างอยู่ในกระบอกสูบจากวัฏจักรการทำงานที่ผ่านมา เมื่อวาล์วไอดีปิด แก๊สที่อยู่ในกระบอกสูบจะถูกอัด ทำให้เกิดความดันและอุณหภูมิเพิ่มขึ้นในขณะที่ปริมาตรลดลง ซึ่งเรียกว่า การอัด การอัดเริ่มต้นเมื่อวาล์วไอดีปิดและไปสิ้นสุดเมื่อลูกสูบถึง TC ดังแสดงในภาพที่ 7

ก่อนที่ลูกสูบจะถึง TC ระหว่าง 10-40 องศาข้อเหวี่ยง หัวเทียนจะให้ประกายไฟออกมาเพื่อเริ่มต้นการเผาไหม้ ซึ่งจะเกิดเป็นเปลวไฟขึ้นแล้วแพร่ออกไปในสารผสมของอากาศ เชื้อเพลิงและแก๊สที่ค้างอยู่ในกระบอกสูบ แล้วไปดับที่ผนังของห้องเผาไหม้ ช่วงการเผาไหม้ที่เกิดขึ้นนั้นจะขึ้นอยู่กับ การออกแบบและการทำงานของเครื่องยนต์ แต่โดยทั่วไปจะอยู่ระหว่าง 40 ถึง 60 องศาข้อเหวี่ยง เมื่อสารผสมเชื้อเพลิงกับอากาศเผาไหม้ ความดันกระบอกสูบสูงขึ้น สูงกว่าระดับความดันที่เกิดขึ้นจากการอัดเพียงอย่างเดียว (เส้นประในภาพที่ 3) ซึ่งกราฟเส้นประนี้เป็นกราฟความดันกระบอกสูบที่เกิดจากการหมุนของเครื่องยนต์โดยไม่มีการเผาไหม้ (Motored Cycle) ส่วนกราฟเส้นเต็มที่เป็นกราฟความดันกระบอกสูบที่มีการเผาไหม้ (Firing Cycle) ในช่วงการเผาไหม้ ในแต่ละ

กระบอกสูบและในแต่ละวัฏจักรการทำงานจะไม่เหมือนกัน ทั้งนี้เนื่องจากรูปแบบการไหลและส่วนประกอบของสารผสมระหว่างกระบอกสูบแต่ละกระบอก ทำให้กระบวนการเผาไหม้ที่เกิดขึ้นแต่ละครั้งไม่เหมือนกัน



ภาพที่ 7 ลำดับของเหตุการณ์ในวัฏจักรการทำงานของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟสี่จังหวะ

ที่มา: วีระศักดิ์ (2546)

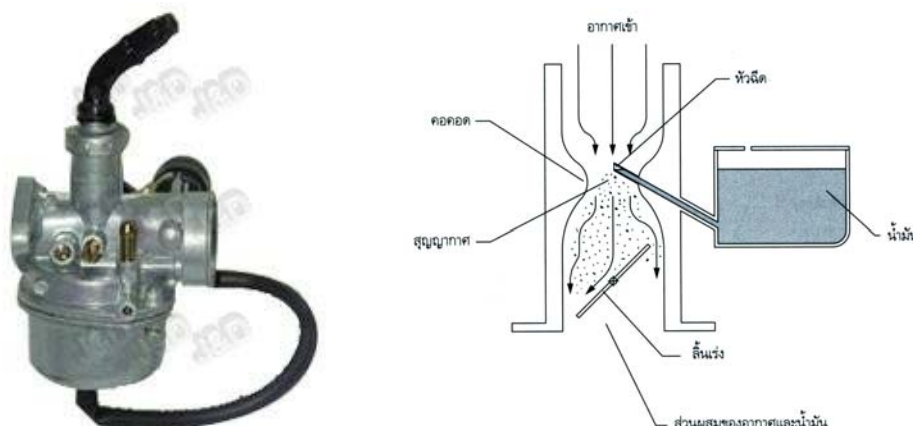
นอกจากนี้ มวลของเชื้อเพลิงกับอากาศภายในกระบอกสูบหนึ่ง ๆ จะมีจังหวะการจุดระเบิดหรือจังหวะที่หัวเทียนให้ประกายไฟออกมา (Sparking timing) ที่เหมาะสมที่สุดจังหวะหนึ่งซึ่งจะให้ทอร์กเบรกสูงสุดที่เรียกว่าจังหวะ Maximum Brake Torque หรือ MBT ถ้าจังหวะที่หัวเทียนให้ประกายไฟออกมาก่อน (Advanced timing) หรือหลัง (Retarded timing) จังหวะทอร์กเบรกสูงสุดกำลังของเครื่องยนต์ก็จะลดลง (วีระศักดิ์, 2546: 34-35)

4.1 การจ่ายเชื้อเพลิง

4.1.1 ระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์

หน้าที่ของระบบไอดีและระบบเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ คือ การเตรียมสารผสมจากอากาศโดยรอบและเชื้อเพลิงให้เป็นไปตามความต้องการของเครื่องยนต์ตลอดช่วงการทำงาน อัตราส่วนระหว่างอากาศต่อเชื้อเพลิงที่มีความเหมาะสมที่สุดในการจุดระเบิดด้วยประกายไฟ คือ อัตราส่วนที่ทำให้กำลังเหมาะสมและมีการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงน้อยที่สุดด้วยการทำงานที่ราบเรียบสม่ำเสมอ แต่ในทางปฏิบัติหากมีข้อจำกัดในการควบคุมมลพิษก็อาจทำให้อัตราส่วนระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิงแตกต่างไปจากอัตราส่วนที่เหมาะสมได้ (วีระศักดิ์, 2546: 266-267) โดยสัดส่วนของเชื้อเพลิงและอากาศที่ทำให้การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงต่ำสุด การทำงานที่ราบเรียบ รวมทั้งเป็นไปตามกฎเกณฑ์ในการควบคุมมลพิษที่ระดับกำลังที่ต้องการนั้นจะขึ้นอยู่กับอัตราเร็วและภาระของเครื่องยนต์ โดยนิยามกำหนดสัดส่วนของเชื้อเพลิงและอากาศในรูปของอัตราส่วนสมมูล ระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิง (Fuel/air equivalence ratio, ϕ) โดยเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟที่ใช้น้ำมันเบนซินเป็นเชื้อเพลิงตามทฤษฎีจะมีอัตราส่วนระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิงพอดี (A/F)_s เป็น 14.7 ในปัจจุบันการเตรียมสารผสมในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบันมี 2 ระบบ โดยจำแนกตามลักษณะของอุปกรณ์ที่ใช้ในการผสมเชื้อเพลิงกับอากาศ คือ ระบบคาร์บูเรเตอร์ และระบบฉีดเชื้อเพลิงแบบหัวฉีด แม้ว่าระบบฉีดเชื้อเพลิงจะถูกนำมาใช้มากขึ้นกับเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟก็ตาม แต่ระบบที่ใช้คาร์บูเรเตอร์ยังคงนิยมใช้โดยเฉพาะเครื่องยนต์ขนาดเล็ก คาร์บูเรเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการผสมน้ำมันกับอากาศ ที่เรียกว่า “ไอดี” ในอัตราส่วนที่เหมาะสม เพื่อฉีดจ่ายให้กับเครื่องยนต์ ในจังหวะที่เครื่องยนต์ต้องการอย่างพอเหมาะ โดยมีหน้าที่หลัก คือ

- ก. กำหนดจำนวนส่วนผสมระหว่างน้ำมันกับอากาศตามที่เครื่องยนต์ต้องการ
- ข. ปรับส่วนผสมระหว่างน้ำมันกับอากาศตามสภาพเครื่องยนต์



ภาพที่ 8 แสดงลักษณะและหลักการของคาร์บูเรเตอร์รถจักรยานยนต์

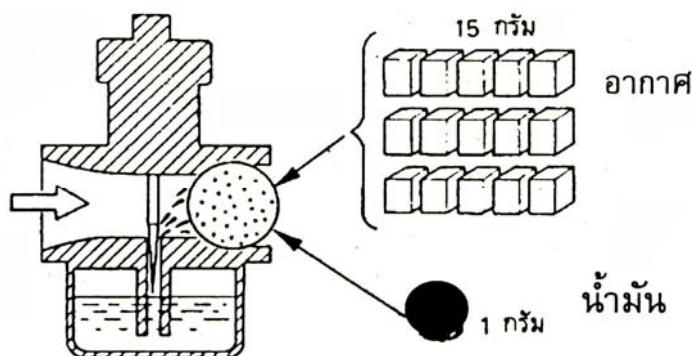
ที่มา: นพดล (2550)

การเผาไหม้จะไม่เกิดขึ้น เมื่อน้ำมันผสมกับอากาศเท่านั้นเนื่องจากน้ำมันเบนซินมีคุณสมบัติเป็นไอระเหย จึงต้องผ่านกระบวนการทำให้กลายเป็นไอก่อนการเผาไหม้ ลักษณะการทำงานของคาร์บูเรเตอร์จะทำให้น้ำมัน อยู่ในสภาพเป็นละออง (Foggy) หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Atomization ในคาร์บูเรเตอร์ อากาศจะไหลผ่านท่อที่มีหน้าตัดสอบเข้าแล้วบานออก (Venturi Throat) ความแตกต่างของความดันที่เกิดขึ้นระหว่างทางเข้าและคอคออดของท่อถูกใช้ในการควบคุมการไหลของเชื้อเพลิง สำหรับการไหลของอากาศนั้น ๆ เชื้อเพลิงจะไหลเข้าไปในสายธารของอากาศโดยผ่านทางท่อทางออกหรือช่องในตัวคาร์บูเรเตอร์ผ่านไปยังท่อไอดี

ในการเพิ่มกำลังของเครื่องยนต์เพื่อให้รถวิ่งเร็วขึ้น จำเป็นต้องเพิ่มจำนวนส่วนผสมหรือไอดี ให้แก่เครื่องยนต์มากขึ้น ซึ่งจำนวนส่วนผสมจะถูกควบคุมด้วยลูกเร่งหรือลิ้นปีกผีเสื้อ (Throttle valve) ซึ่งทำหน้าที่ปรับพื้นที่หน้าตัดของคอคออด (Venturi) โดยใช้ความสูงของลิ้น (Cut-away) เพื่อควบคุมการไหลเข้าออกของอากาศ

จากการศึกษาพบว่า การเผาไหม้ที่สมบูรณ์ ส่วนผสมของน้ำมันกับอากาศจะต้องมีอัตราส่วนที่เหมาะสมกับสภาพการทำงานของเครื่องยนต์คาร์บูเรเตอร์ โดยจะต้องกำหนดอัตราส่วนผสมตามสภาวะ เช่น ขณะสตาร์ทเครื่องยนต์ (Starting) ความเร็วรอบเดินเบา (Low Speed)

หรือ ความเร็วสูง (Full Speed) โดยที่อัตราส่วนผสมประมาณ 15:1 ซึ่งได้จากการคำนวณทางทฤษฎี เป็นอัตราส่วนที่ทำให้เกิดการเผาไหม้สมบูรณ์ที่สุด



ภาพที่ 9 แสดงการกำหนดอัตราส่วนผสมของคาร์บูเรเตอร์

ที่มา: ศักดา (2547)

4.1.2 ระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบหัวฉีด

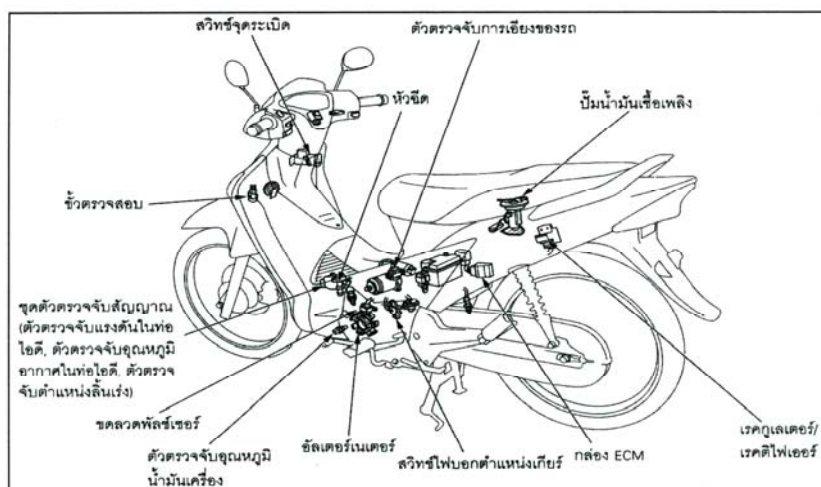
เนื่องจากปัญหามลพิษของไอเสียรถยนต์ การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง และความต้องการในด้านสมรรถนะในการขับขี่ที่เพิ่มสูงขึ้น ทำให้คาร์บูเรเตอร์มีข้อจำกัดในการพัฒนา จึงได้มีการพัฒนาระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบหัวฉีดขึ้นเพื่อสนองความต้องการดังกล่าว โดยในปัจจุบันได้นำเอาระบบอิเล็กทรอนิกส์เข้ามาช่วยในการควบคุมการฉีดจ่ายเชื้อเพลิง ทำให้การทำงานของหัวฉีดเป็นไปอย่างเที่ยงตรง และมีความแม่นยำสูง โดยได้มีการจำแนกชนิดของระบบฉีดเชื้อเพลิง แบบอิเล็กทรอนิกส์ที่นิยมใช้ในปัจจุบันออกเป็นแบบต่าง ๆ ดังนี้

ก. Air flow control type – L หรือ L-Jetronic โดยที่ระบบ L-Jetronic ระบบดังกล่าวจะมีมาตรวัดปริมาณของอากาศ (Air Flow Meter) ซึ่งไหลอยู่ในท่อไอดีโดยตรง โดยที่สัญญาณจากมาตรวัดอากาศและความเร็วรอบของเครื่องยนต์จะถูกส่งไปยัง ECU เพื่อคำนวณเวลาที่จะให้หัวฉีดทำการฉีดน้ำมันเข้าไปผสมกับอากาศในท่อไอดี ในอัตราส่วนที่เผาไหม้สมบูรณ์พอดี

ข. K-Jetronic โดยที่ระบบหัวฉีดแก๊สโซลีนแบบ K คือระบบหัวฉีดเชื้อเพลิงแบบกลไกที่ถูกออกแบบโดยบริษัทบอช (K เป็นภาษาเยอรมัน หมายถึงต่อเนื่องกัน) โดยเชื้อเพลิงจะถูกปั๊มเชื้อเพลิงไฟฟ้าแบบโรตเตอร์-เชลล์ ระหว่างการทำงาน ปริมาณของอากาศจะถูกตรวจวัดโดยเซนเซอร์วัดการไหลของอากาศ ซึ่งติดตั้งอยู่หน้าแผ่นปีกผีเสื้อ ปริมาณของอากาศที่ถูกตรวจวัดได้จะส่งเชื้อเพลิงไปยังกระบอกสูบผ่านลิ้นหัวฉีดเชื้อเพลิงให้มีอัตราส่วนผสมของอากาศกับเชื้อเพลิงที่ดีที่สุดเพื่อเพิ่มกำลังของเครื่องยนต์ ประหยัดเชื้อเพลิงและสารประกอบที่เป็นพิษในก๊าซไอเสียลดน้อยลง

ค. Manifold pressure control type – D หรือ D-Jetronic ระบบจะทำการฉีดเชื้อเพลิงจะควบคุมปริมาณการฉีดเชื้อเพลิงด้วยความดันภายในท่อไอดี ในขณะที่เครื่องยนต์ทำงานความดันในท่อไอดีจะต่ำกว่าความดันบรรยากาศ หรือเป็นสุญญากาศ สัญญาณจากความดันในท่อไอดีจะถูกส่งไปยังอุปกรณ์ควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเรียกว่า ECU (Electronic Control Unit) นอกจากนี้ยังมีสัญญาณความเร็วรอบของเครื่องยนต์ถูกส่งไปยัง ECU เพื่อคำนวณปริมาณของอากาศที่บรรจุเข้าเครื่องยนต์ถูกส่งไปยัง โดยที่ ECU จะทำหน้าที่คำนวณเวลาที่หัวฉีด (Injector) ควรจะฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าไปในท่อไอดีในปริมาณที่จะทำให้การเผาไหม้สมบูรณ์พอดี

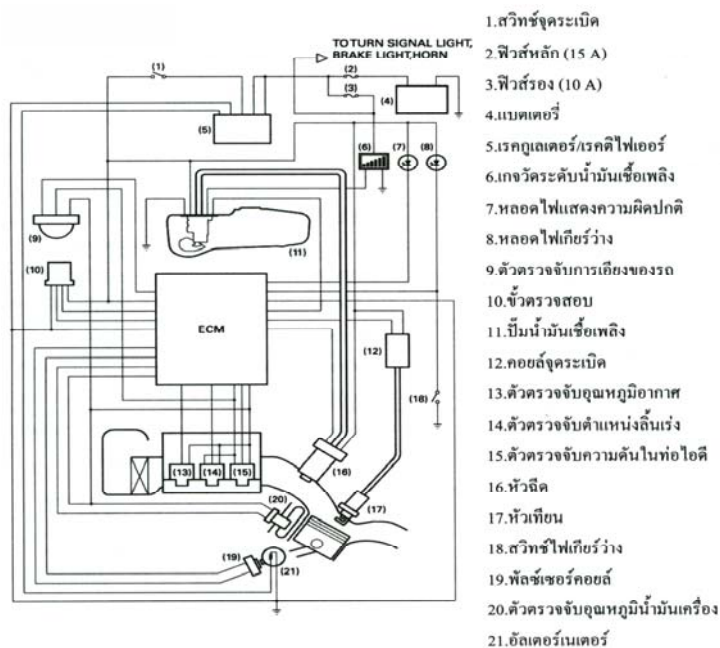
ในรถจักรยานยนต์ระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบหัวฉีด PGM-FI (Programed Fuel Injection) เป็นระบบจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงแบบใหม่ที่ถูกพัฒนาขึ้น จะแตกต่างจากระบบคาร์บูเรเตอร์ตรงที่มีการใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์, ระบบไฟฟ้า และกลไกร่วมกันควบคุมการทำงานของระบบ จึงทำให้สามารถกำหนดช่วงเวลาและปริมาณการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงให้กับเครื่องยนต์ได้เหมาะสมกับความต้องการของเครื่องยนต์ในทุกสภาวะการทำงาน ซึ่งหัวฉีด (Injector) จะถูกควบคุมการทำงานโดย ECM จากตัวตรวจจับสัญญาณ (Sensor) ต่าง ๆ แล้วนำข้อมูลเหล่านั้นไปประมวลผลหาปริมาณความต้องการเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ในสภาวะนั้น ๆ จากนั้น ECM จะสั่งให้หัวฉีด ฉีดน้ำมันให้กับเครื่องยนต์ตามปริมาณที่คำนวณได้ จึงทำให้การเผาไหม้สมบูรณ์ได้กำลังงานสูงสุด โดยระบบฉีดจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงในรถจักรยานยนต์ที่มีใช้ในปัจจุบันนั้นจะเป็นแบบ D-Jetronic โดยใช้วิธีการวัดแรงดันของอากาศในท่อไอดีเป็นหลัก (บริษัท เอ.พี.ฮอนด้า จำกัด, 2550: 70-71)



ภาพที่ 10 แสดงตำแหน่งของอุปกรณ์ระบบหัวฉีด PGM-FI ในรถจักรยานยนต์

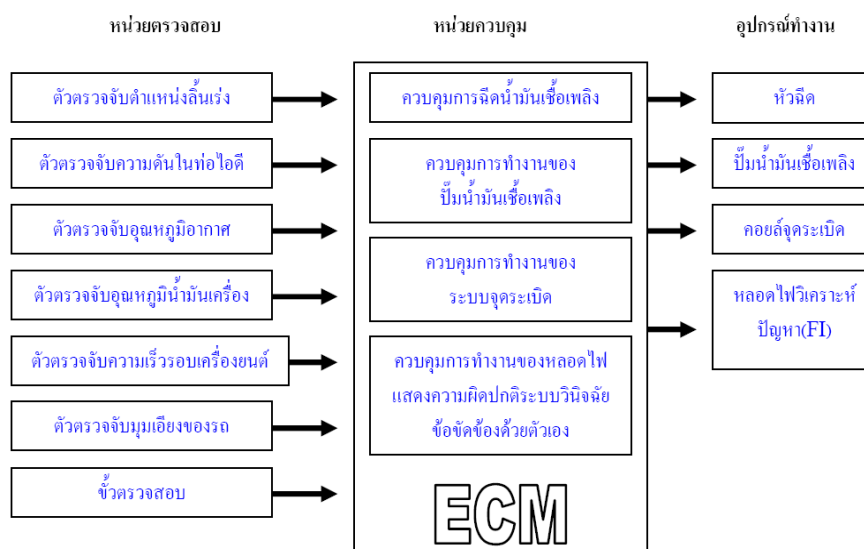
ที่มา: บริษัท เอ.พี.ฮอนด้า จำกัด (2550)

ในระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบ PGM-FI นั้นประกอบด้วยระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ ECM, ตัวตรวจจับสัญญาณ, และอุปกรณ์ทำงาน โดยที่ ECM จะรับสัญญาณไฟฟ้าจากตัวตรวจจับสัญญาณ และควบคุมการทำงานต่าง ๆ ของเครื่องยนต์ เช่น หัวฉีดและปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง โดยมีแผนผังวงจรแสดงการทำงานดังแสดงในภาพที่ 11 และ 12 ตามลำดับ



ภาพที่ 11 แสดงแผนผังวงจรการทำงานของระบบ PGM-FI

ที่มา: บริษัท เอ.พี.ฮอนด้า จำกัด (2550)



ภาพที่ 12 แสดงการทำงานของระบบหัวฉีด PGM-FI

ที่มา : บริษัท เอ.พี.ฮอนด้า จำกัด (2550)

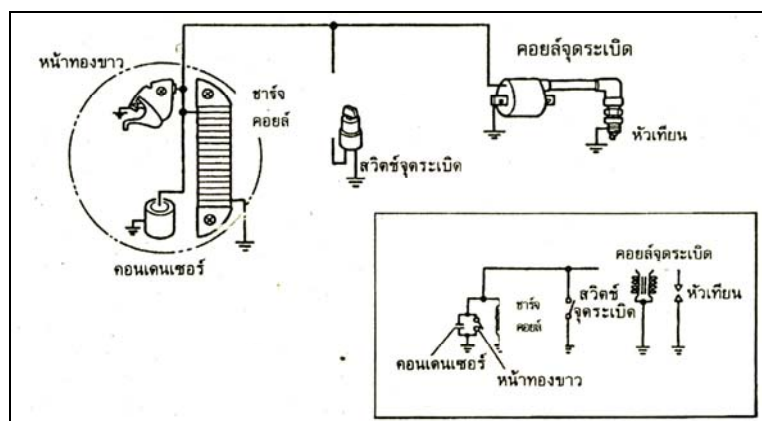
4.2 ระบบการจุดระเบิด

ในเครื่องยนต์แก๊สโซลีน อัตราส่วนผสมของน้ำมันเชื้อเพลิงกับอากาศที่ถูกอัดให้มีปริมาตรเล็กลงในกระบอกสูบแล้วเกิดการระเบิดลุกไหม้ภายในกระบอกสูบและผลิตพลังงานกลออกมาได้โดยอาศัยระบบจุดระเบิด ซึ่งเป็นแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้เกิดประกายไฟภายในกระบอกสูบ ซึ่งมีค่า 18,000 ถึง 25,000 โวลต์ ทำให้ไอติดเกิดการลุกไหม้อย่างรวดเร็วได้ หน้าที่ของระบบจุดระเบิดคือการจ่ายประกายไฟเพื่อจุดไอติดภายในกระบอกสูบตามจังหวะการจุดระเบิดที่เหมาะสมของเครื่องยนต์ (บุญธรรม, 2542 : 39)

หลักการเบื้องต้นของระบบจุดระเบิดในเครื่องยนต์แก๊สโซลีน จะใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า คอยล์จุดระเบิด (Ignition coil) เป็นตัวสร้างกระแสไฟฟ้าแรงสูง ส่งต่อไปกระโดดเป็นประกายไฟที่หัวเทียนซึ่งติดตั้งไว้ที่ฝาสูบของเครื่องยนต์ เหนือห้องเผาไหม้ โดยแบ่งประเภทของระบบจุดระเบิดออกเป็น 2 แบบ ดังนี้

4.2.1 ระบบจุดระเบิดแบบหน้าทองขาว (Contact Point Ignition System)

ระบบจุดระเบิดแบบหน้าทองขาว เป็นระบบจุดระเบิดที่มีชุดกลไกเป็นตัวกำหนดตำแหน่งจุดประกายไฟของหัวเทียน และมีอุปกรณ์ไฟฟ้าสำหรับทำหน้าที่ผลิตกระแสไฟฟ้าแรงสูงให้ไปกระโดดข้ามที่เขียวหัวเทียน ซึ่งใช้หลักการ คือ เมื่อล่อแม่เหล็กหมุนตัดขดลวดปฐมภูมิบนจานไฟจะทำให้เกิดกระแสไฟสลับ (AC) ขึ้นในขณะที่ไม่ใช่จังหวะจุดระเบิดทองขาวจะแตะติดกันทำให้กระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นไหลลงดินโดยผ่านทางหน้าทองขาว เมื่อถึงจังหวะที่จะจุดระเบิดลูกเบี้ยวที่ล่อแม่เหล็กจะเตะให้หน้าทองขาวเปิดออก ดังนั้นกระแสไฟฟ้าจะไม่สามารถไหลลงดินได้ แต่จะเปลี่ยนทิศทางเข้าไปชาร์จในคอนเดนเซอร์ และอีกส่วนหนึ่งจะไหลกลับเข้าไปเลี้ยงที่ขดลวดปฐมภูมิของคอยล์จุดระเบิดในช่วงระยะเวลาอันสั้น เมื่อคอนเดนเซอร์รับประจุไฟฟ้าเต็มแล้วจะคายประจุไฟฟ้าออกทันที ทำให้กระแสไฟฟ้าส่วนที่คายออกมาเข้าไปเสริมในขดลวด ปฐมภูมิ ของคอยล์จุดระเบิด สนามแม่เหล็กจึงบานขึ้นอย่างรวดเร็วไปตัดกับขดลวดทุติยภูมิ ผลิตกระแสไฟฟ้าแรงสูงไปยังหัวเทียนทำให้ประกายไฟกระโดดข้ามเขียวหัวเทียนได้ (ศักดิ์, 2547: 72)

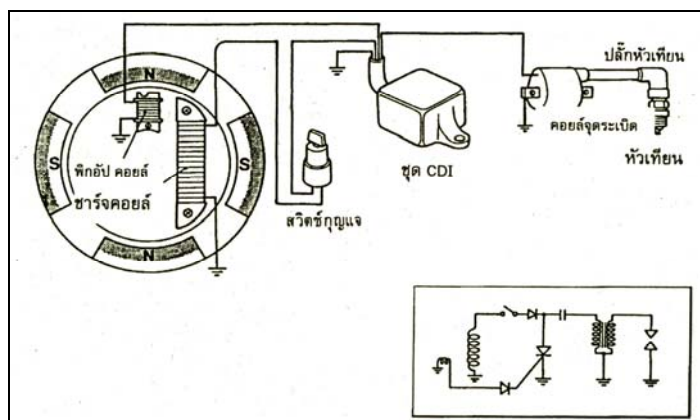


ภาพที่ 13 แสดงวงจรของระบบจุดระเบิดแบบหน้าทองขาว

ที่มา: ศักดา (2547)

4.2.2 ระบบจุดระเบิดแบบ CDI (Capacitor Discharge Ignition System)

ระบบจุดระเบิดแบบ CDI เป็นระบบจุดระเบิดที่ใช้อุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์เป็นตัวกำหนดการจุดระเบิดและผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งทำงานโดยอาศัย Condenser ในการคายประจุ



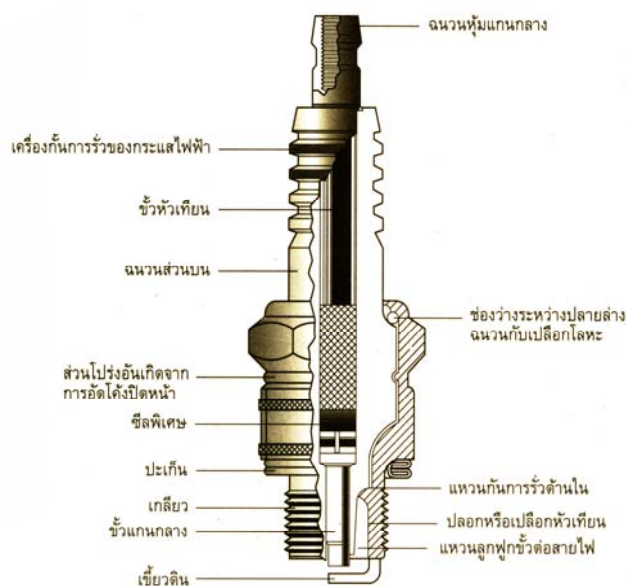
ภาพที่ 14 แสดงวงจรของระบบจุดระเบิดแบบ CDI

ที่มา: ศักดา (2547)

เพื่อให้เกิดการจุดระเบิด เนื่องจากอุปกรณ์ดังกล่าวไม่มีส่วนเคลื่อนไหว จึงทำให้ไม่มีปัญหาเรื่องการบำรุงรักษาและการปรับแต่ง ประหยัดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา ให้ค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าได้สูงกว่าแบบหน้าทองขาว ประมาณ 2,000-40,000 Volt การเผาไหม้หมดจดมีควันไอเสียน้อย ให้การจุดระเบิดที่มีความสม่ำเสมอทั้งความเร็วรอบต่ำและรอบสูงอีกด้วย (ศักดา, 2547: 73-79)

4.3 หัวเทียน (Spark Plug)

หัวเทียนเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญชิ้นหนึ่งของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ซึ่งทำหน้าที่ในการจุดประกายไฟ ทำให้ไอเกิดการเผาไหม้ หัวเทียนที่อยู่ในสภาพดีและการเลือกใช้หัวเทียนให้ถูกต้องกับสภาพของการใช้งานก็จะเป็นผลให้เครื่องยนต์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ (บุญธรรม, 2542: 66-75)



ภาพที่ 15 แสดงภาพส่วนประกอบของหัวเทียน

ที่มา: บุญธรรม (2542)

4.3.1 คุณสมบัติของหัวเทียน

- ต้องรับแรงดันได้สูง 50 kg/cm³ (700 psi)
- ต้องทนอุณหภูมิได้สูง 2,500 องศาเซลเซียส (4,500 องศาฟาเรนไฮต์)
- ต้องสามารถทนทานต่อแรงเคลื่อนไฟฟ้าสูง ๆ ได้
- ต้องสามารถทนต่อการสั่นสะเทือนจากชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ได้ดี
- ต้องสามารถปรับสภาพกับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและแรงดันได้ดี
- ต้องทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมี
- ต้องมีการจุดประกายไฟที่แน่นอนในทุกสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์
- ต้องป้องกันการรั่วไหลภายใต้แรงกดดันสูงได้
- ต้องให้ค่าความร้อนที่ถูกต้อง
- ต้องมีอายุการใช้งานยาวนาน

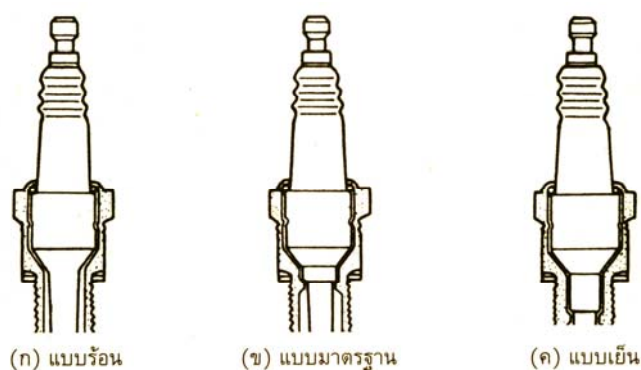
4.3.2 อุณหภูมิของหัวเทียน

หัวเทียนจะแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ตามค่าระดับความร้อนของหัวเทียน

ก. หัวเทียนร้อน คือ หัวเทียนที่มีระยะทางระบายความร้อนของหัวเทียนถึงปลายด้านล่างฉนวนยาว ทำให้ระยะเวลาในการระบายความร้อนนาน ความร้อนจึงสะสมอยู่ในตัวได้มาก ใช้สำหรับเครื่องยนต์ที่ทำงานที่ความเร็วต่ำหรือระยะเวลาในการทำงานช่วงสั้น ๆ เครื่องยนต์จึงมีความร้อนถึงอุณหภูมิทำงานเร็ว ดังแสดงในภาพที่ 16(ก)

ข. หัวเทียนมาตรฐาน คือ หัวเทียนที่มีค่าระดับความร้อนปานกลาง เหมาะสำหรับเครื่องยนต์ที่ทำงานด้วยความเร็วปานกลาง ดังแสดงในภาพที่ 16(ข)

ค. หัวเทียนเย็น คือ หัวเทียนที่มีระยะทางระบายความร้อนจากเชื้อหัวเทียนถึงปลายด้านล่างสั้น ทำให้ระยะทางในการระบายความร้อนน้อย ความร้อนจึงระบายเร็ว ทำให้เครื่องยนต์ไม่ร้อนจนเกินไป ใช้สำหรับเครื่องยนต์ที่ทำงานด้วยความเร็วสูงหรือใช้วิ่งทางไกล ดังแสดงในภาพที่ 16(ค)



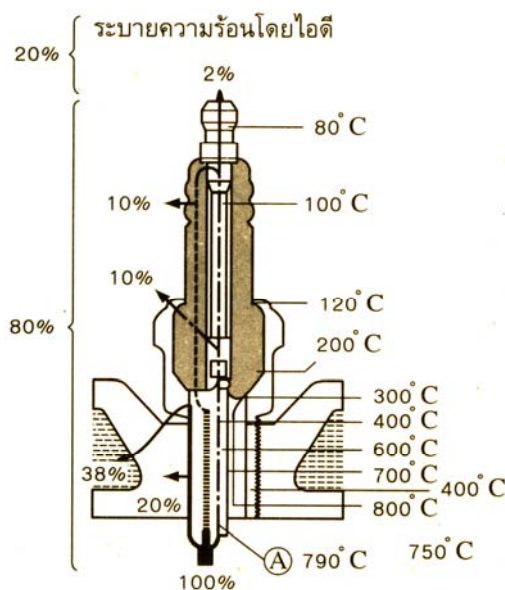
ภาพที่ 16 แสดงภาพหัวเทียนชนิดต่าง ๆ

ที่มา: บุญธรรม (2542)

หมายเหตุ หัวเทียนร้อนหรือหัวเทียนเย็นไม่ได้ขึ้นอยู่กับขนาดความยาวของเกลียว แต่ขึ้นอยู่กับระยะทางในการระบายความร้อน

ถ้าอุณหภูมิที่แกนกลางของหัวเทียนมีค่าน้อยกว่า 450 องศาเซลเซียส (842 องศาฟาเรนไฮต์) คราบเขม่าที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงที่ไม่สมบูรณ์จะเกาะติดแน่นที่ผิวของกระเบื้องที่หุ้มแกนกลางของหัวเทียน เป็นการลดความต้านทานระหว่างฉนวนกระเบื้องกับโครงหัวเทียนเป็นผลให้แรงเคลื่อนไฟแรงสูงที่ปลายแกนกลางของหัวเทียนเกิดการลัดวงจรกับโครง (หัวเทียนบอด) ซึ่งจะไม่มีการคายไฟแรงสูงที่ปลายหัวเทียน และที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส (842 องศาฟาเรนไฮต์) หรือสูงกว่านี้จะทำให้เกิดการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ ทำให้เขม่าไม่สามารถที่จะเกาะอยู่กับฉนวนกระเบื้อง อุณหภูมินี้จะเป็นอุณหภูมิที่ทำให้หัวเทียนสะอาด

ถ้าแกนกลางที่มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นถึง 950 องศาเซลเซียส (1,742 องศาฟาเรนไฮต์) แกนกลางของหัวเทียนจะกลายเป็นแหล่งกำเนิดความร้อน ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดการจุดระเบิดเชื้อเพลิงโดยไม่ต้องมีประกายไฟ ซึ่งเรียกว่า “การชิงจุด” ถ้าการชิงจุดเกิดขึ้น กำลังงานที่ได้จากเครื่องยนต์จะตกลงจากจังหวะการจุดระเบิดที่ผิดพลาด และที่แกนกลางของหัวเทียนหรือลูกสูบอาจจะเกิดการติดแน่นหรือชิ้นส่วนต่าง ๆ จะหลอมละลายเนื่องจากความร้อนที่สูงเกินไป ดังนั้นอุณหภูมิที่แกนกลางของหัวเทียนต้องต่ำกว่า 950 องศาเซลเซียส (1,742 องศาฟาเรนไฮต์)



ภาพที่ 17 แสดงค่าความร้อนตามจุดต่าง ๆ ของหัวเทียนเมื่อเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์

ที่มา: บุญธรรม (2542)

ค่าระดับความร้อนตามจุดต่าง ๆ ของหัวเทียนและการเปรียบเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ที่หัวเทียนได้มีการระบายความร้อนออกไป ดังแสดงในภาพที่ 16 อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส (842 องศาฟาเรนไฮต์) และ 950 องศาเซลเซียส (1,742 องศาฟาเรนไฮต์) จะเกิดขึ้นใกล้ ๆ ตรงปลายแกนกลางของหัวเทียนที่ตำแหน่ง A ในภาพที่ 16 อุณหภูมิที่ตำแหน่ง A มีความสำคัญที่จะทำให้หัวเทียนทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งก็ขึ้นอยู่กับไอติในห้องเผาไหม้และการออกแบบหัวเทียนด้วย

4.3.3 การสังเกตสีและลักษณะของหัวเทียน

การสังเกตสีและลักษณะของหัวเทียนทำได้ ดังนี้

ก. ถ้าหัวเทียนมีสภาพดำและแห้งสามารถเช็ดออกได้ง่าย แสดงว่าอัตราส่วนผสมทำให้ทำการปรับซ่อมคาร์บูเรเตอร์ใหม่

ข. ถ้าหัวเทียนมีสภาพน้ำมันเครื่องเปียกแสดงว่าลูกสูบ กระบอกสูบ หรือแหวนลูกสูบสึกหรอ ให้ทำการตรวจสอบเครื่องยนต์หรือซ่อมใหญ่

ค. ถ้าหัวเทียนมีสภาพแห้ง มีสีน้ำตาลอ่อน ๆ แสดงว่าการเผาไหม้ของเครื่องยนต์สมบูรณ์เป็นปกติ

ง. ถ้าหัวเทียนมีสภาพไหม้และกร่อน แสดงว่าเครื่องยนต์ทำงานที่อุณหภูมิสูงเกินไป อาจใช้หัวเทียนชนิดเบอร์ คือใช้หัวเทียนร้อนเกินไป หรืออาจจะเกิดจากการชิงจุดระเบิด (Pre-ignition) อันเนื่องมาจากเครื่องยนต์ร้อนจัด

จ. ถ้าหัวเทียนมีสภาพสีขาวหรือสีเหลืองจับ แสดงว่าไฟอ่อน แก้ไขโดยการตั้งไฟจุดระเบิดให้มากขึ้น และเปลี่ยนหัวเทียนให้เป็นหัวเทียนที่ร้อนขึ้น



(ก)

(ข)

(ค)

(ง)

ภาพที่ 18 แสดงสภาพต่าง ๆ ของหัวเทียน (ก) คราบคาร์บอน (ข) คราบน้ำมัน (ค) ร้อนเกินไป (ง) สภาพปกติ

ที่มา: บุญธรรม (2542)

5. การวัดสมรรถนะของเครื่องยนต์

สมรรถนะของเครื่องยนต์ หมายถึง ความสามารถในการทำงานของเครื่องยนต์ ดังนั้นสมรรถนะของเครื่องยนต์จึงเป็นเครื่องบอกให้ทราบถึงคุณลักษณะเฉพาะตัวของเครื่องยนต์นั้น ๆ อันสามารถที่จะนำมาใช้เป็นข้อพิจารณาในการเลือกและใช้เครื่องยนต์ได้อย่างถูกต้องตามวัตถุประสงค์ สมรรถนะของเครื่องยนต์ขึ้นอยู่กับการวัดต่าง ๆ ที่ใช้กับเครื่องยนต์เผาไหม้ภายใน ซึ่งต้องใช้ทั้งขนาดและรูปร่างความโตของกระบอกสูบ (Bore) ระยะชัก (Stroke) ความจุกระบอกสูบ หรือปริมาตรที่ลูกสูบแทนที่ (Piston displacement) อัตราส่วนการอัดในกระบอกสูบ (Compression ratio) ฯลฯ และคุณสมบัติประจำตัวในการทำงาน ประสิทธิภาพเชิงปริมาตร (Volumetric Efficiency) แรงม้าเพล่า (Brake horsepower) แรงบิด (Torque) แรงม้าบ่งชี้ (Indicated horsepower) ประสิทธิภาพ (Efficiency) นอกจากนั้นการศึกษาค้นคว้าประกอบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องโดยละเอียดก็ยังสามารถนำมาใช้ในการปรับปรุงการทำงานของเครื่องยนต์ให้ดีขึ้นอีกด้วย

องค์ประกอบขั้นพื้นฐานที่เป็นหลัก ซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมรรถนะของเครื่องยนต์ มีดังต่อไปนี้ คือ

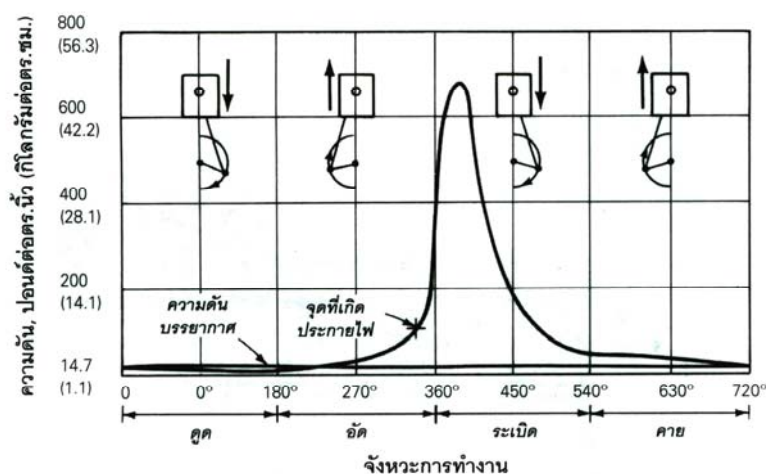
5.1 กำลังหรือกำลังม้าของเครื่องยนต์

กำลังของเครื่องยนต์ เป็นกำลังที่เครื่องยนต์ผลิตได้จากการเปลี่ยนรูปของพลังงานทางเคมี (Chemical energy) ในรูปของเชื้อเพลิงให้อยู่ในรูปของพลังงานความร้อน (Heat energy) ที่ได้จากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง หรืออากาศกับเชื้อเพลิงที่เกิดขึ้นภายในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ เป็นพลังงานกล (mechanical energy) ที่ใช้ในการขับเคลื่อนต่าง ๆ

กำลังม้า (Horsepower) เป็นหน่วยที่ใช้วัดกำลัง ซึ่งเป็นอัตราที่ม้า 1 ตัวสามารถที่จะทำงานได้ในเวลาอันจำกัด โดย 1 กำลังม้าจะมีค่าเท่ากับ 746 วัตต์ โดยที่กำลังหรือกำลังม้าที่สำคัญของเครื่องยนต์ จำแนกออกได้ 3 ประเภท ดังต่อไปนี้

5.1.1 กำลังอินดิเคตหรือกำลังม้าอินดิเคต (Indicated power)

กำลังอินดิเคต หรือ กำลังม้าอินดิเคต คือ กำลังที่ได้จากการคำนวณซึ่งใช้ใน ห้องทดลองเท่านั้น กำลังประเภทนี้ได้จากความดัน ซึ่งกระบวนการเผาไหม้ของอากาศกับเชื้อเพลิงที่เกิดขึ้นภายในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ เครื่องมือพิเศษซึ่งใช้ในการวัดกำลังหรือกำลังม้าประเภทนี้ ได้แก่ ออสซิลโลสโคป (Oscilloscope) เครื่องมือประเภทนี้จะแสดงถึงความดันที่ต่อเนื่องกันตามจังหวะการทำงานของเครื่องยนต์ (ประณต, 2551: 119-120)



ภาพที่ 19 แสดงความดันที่เกิดขึ้นภายในกระบอกสูบของเครื่องยนต์ขณะทำงาน

ที่มา: William and Anglin (1980)

กำลังอินดิเคตหรือกำลังทางทฤษฎีในระบบเอสไอ (SI) สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$P_i = pLANn \quad (8)$$

เมื่อ

P_i = กำลังอินดิเคต, กิโลวัตต์ (kw)

p = ความดันเฉลี่ยประสิทธิภาพอินดิเคต, กิโลนิวตันต่อตารางเมตร (kN/m²)

L = ระยะชักของลูกสูบ, เมตร (m)

A = พื้นที่ด้านบนของหัวลูกสูบ, ตารางเมตร (m²)

N = จำนวนครั้งของจังหวะทำงานต่อจำนวนรอบต่อวินาทีของเครื่องยนต์

n = จำนวนสูบของเครื่องยนต์

5.1.2 กำลังเบรกหรือกำลังม้าเบรก (Brake power or Brake Horsepower)

กำลังเบรก หรือ กำลังม้าเบรก คือ กำลังหรือกำลังม้าที่ได้จากเครื่องยนต์จริง ๆ เป็นกำลังหรือกำลังม้าที่ได้จากเครื่องวัดที่เรียกว่า ไดนาโมมิเตอร์ (Dynamometer) ซึ่งจะทำารวัดที่ความเร็วรอบอันหนึ่ง ดังนั้นในการระบุกำลังหรือกำลังม้าประเภนี้จึงต้องมีความรู้รอบของเครื่องยนต์เข้ามาเกี่ยวข้อง จะเห็นได้ว่าเครื่องยนต์เครื่องเดียวกันจะมีกำลังหรือกำลังม้าแตกต่างกัน

ออกไปตามความเร็วรอบที่ทำการวัด โดยวิธีการทดสอบนั้นจะต้องให้เครื่องยนต์ที่ทำการทดสอบทำงานที่ตำแหน่งลิ้นเร่งเปิดสุด จากนั้นทำการวัดแล้วนำค่าที่ได้จากการวัดมาคำนวณหาค่าลิ้นเบรกหรือกำลังม้าเบรกต่อไป โดยกำลังเบรกหรือกำลังม้าเบรกในระบบ SI เขียนเป็นสมการ ได้ดังนี้

$$P_b = \frac{2\pi TN}{c} \quad (9)$$

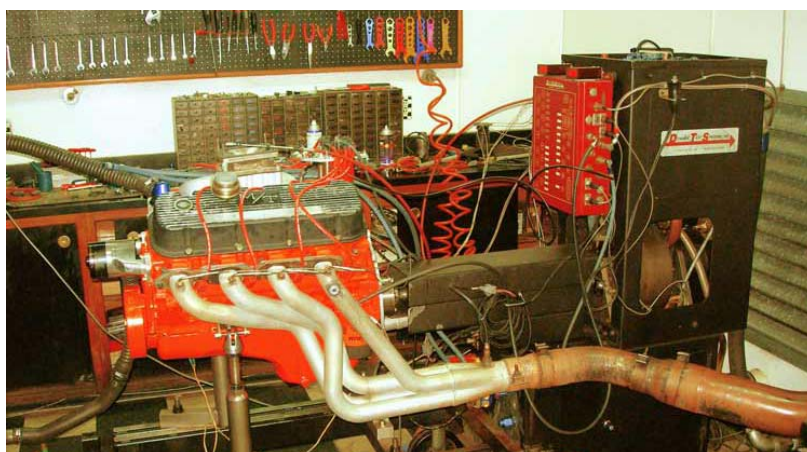
เมื่อ

P_b = กำลังเบรก, วัตต์ (W) หรือ กิโลวัตต์ (kW)

T = แรงบิด, นิวตัน-เมตร (N.m)

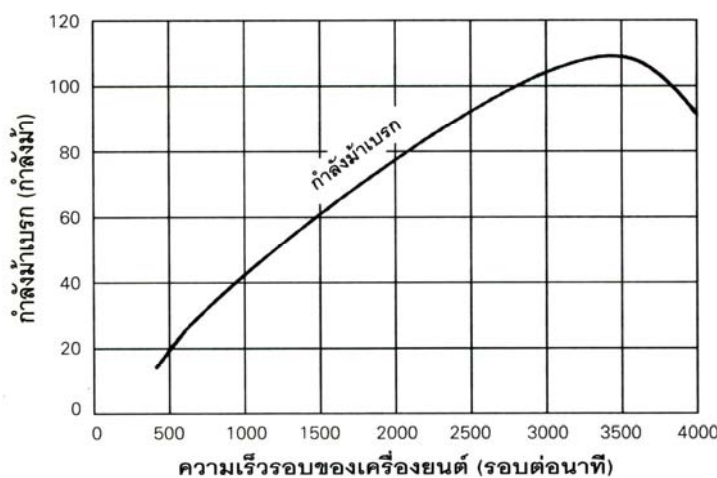
N = ความเร็วรอบของเครื่องยนต์, รอบต่อนาที (rpm)

c = ค่าคงที่ (เท่ากับ 60 เมื่อต้องการค่ากำลังเบรกเป็นวัตต์, เท่ากับ 60,000 เมื่อต้องการให้ค่ากำลังเบรกเป็นกิโลวัตต์)



ภาพที่ 20 แสดงไดนาโมมิเตอร์ ขณะทำการทดสอบเครื่องยนต์

ที่มา: Ganesan (2004)



ภาพที่ 21 เส้น โต้้งแสดงกำลังม้าเบรกของเครื่องยนต์

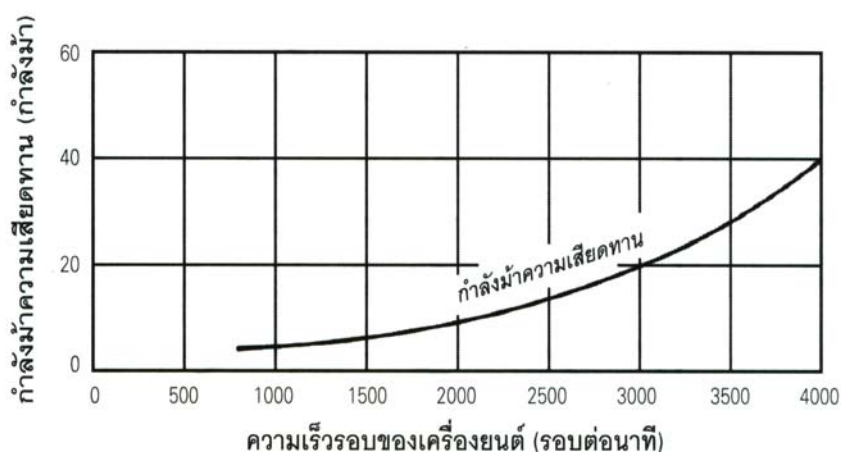
ที่มา: Ganesan (2004)

5.1.3 กำลังความเสียดทานหรือกำลังม้าความเสียดทาน (Friction Power)

กำลังความเสียดทาน (Friction Power) หรือกำลังม้าความเสียดทาน (Friction Horsepower) คือ กำลังหรือกำลังม้าที่ใช้เพื่อเอาชนะความเสียดทาน ซึ่งเกิดขึ้นในขณะที่เครื่องยนต์กำลังทำงาน กำลังหรือกำลังม้าประเภทนี้หาได้จากการใช้มอเตอร์ไฟฟ้าทำการขับเคลื่อนเครื่องยนต์ แล้ววัดกำลังม้าที่มอเตอร์ซึ่งใช้ขับ ในระหว่างทำการทดสอบ เครื่องยนต์จะต้องอยู่ในอุณหภูมิทำงานตามปกติ แต่ไม่มีเชื้อเพลิงในคาร์บูเรเตอร์ นอกจากนั้นลิ้นเร่งจะต้องอยู่ในตำแหน่งปิดสุด จากการทดสอบจะเห็นได้ว่า ที่ความเร็วต่ำความเสียดทานที่เกิดขึ้นจะค่อนข้างต่ำ และความเสียดทานจะเพิ่มสูงขึ้นตามความเร็วรอบของเครื่องยนต์ (ประณต, 2551 : 124-125)

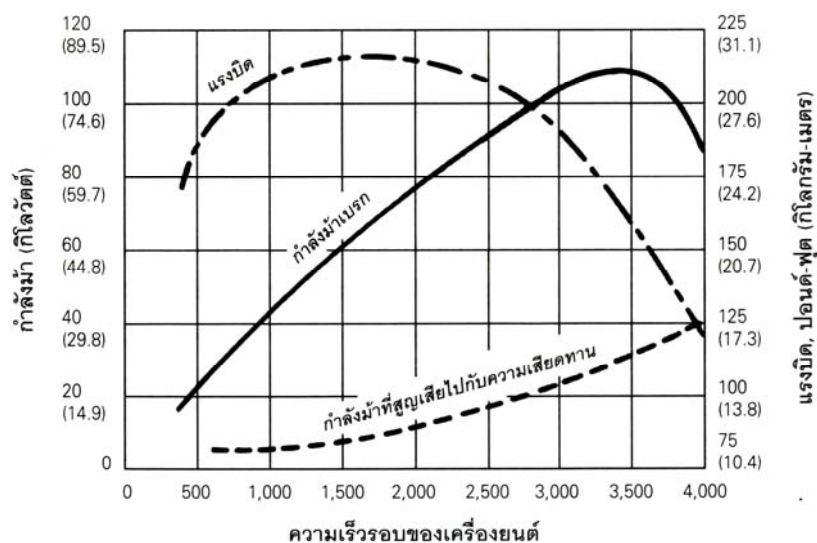
สาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดความเสียดทานขึ้นในเครื่องยนต์ได้แก่ แหวนลูกสูบ ซึ่งความเสียดทานที่เกิดขึ้นระหว่างแหวนลูกสูบกับผนังกระบอกสูบอาจสูงถึงประมาณ 75 เปอร์เซ็นต์ของความเสียดทานทั้งหมดที่เกิดขึ้นภายในเครื่องยนต์ ดังนั้น จึงต้องมีความระมัดระวังอย่างมากในการปรับแหวนลูกสูบ โดยทั่วไปความเสียดทานที่เกิดขึ้นกับเครื่องยนต์ที่มีระยะชักสั้น “Over Square Engine” จะน้อยกว่าความเสียดทานที่เกิดขึ้นกับเครื่องยนต์ที่มีระยะชักยาว “Under Square Engine” ทั้งนี้เนื่องจากระยะทางที่แหวนลูกสูบเคลื่อนที่จะสั้นกว่า ดังนั้น การสูญเสียกำลังหรือกำลังม้าไปกับความเสียดทานที่เกิดกับเครื่องยนต์ที่มีระยะชักสั้น จึงมีค่าน้อยกว่าที่เกิดขึ้นกับเครื่องยนต์ที่มีระยะชักยาวเสมอ โดยกำลังความเสียดทานหรือกำลังม้าความเสียดทานได้แสดง ดังภาพที่ 22

จากภาพที่ 23 จะเห็นถึงความแตกต่างระหว่างเส้นกราฟแสดงแรงบิดและเส้นกราฟแสดงกำลังม้าเบรกของเครื่องยนต์ เมื่อพิจารณาจากเส้นกราฟและแรงบิดพบว่า ที่ความเร็วรอบปานกลางนั้นเครื่องยนต์จะมีแรงบิดที่สูงที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากที่ความเร็วรอบดังกล่าวเครื่องยนต์จะมีประสิทธิภาพของการบรรจุไอดีที่สูงที่สุด ซึ่งมีผลทำให้ความดันอันเกิดจากการเผาไหม้ของไอดีภายในห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์สูงตามไปด้วย แต่เมื่อเครื่องยนต์มีความเร็วรอบสูงขึ้น ประสิทธิภาพของการบรรจุไอดีลดลง จากเหตุดังกล่าวมาแล้วในหัวข้อประสิทธิภาพของการบรรจุไอดี จึงเป็นผลให้ความดันอันเกิดจากการเผาไหม้ของไอดีภายในกระบอกสูบไม่สูงตามความเร็วรอบที่เพิ่มขึ้นของเครื่องยนต์ จึงทำให้แรงบิดที่ได้รับจากการทำงานของเครื่องยนต์ลดต่ำลง



ภาพที่ 22 เส้นโค้งแสดงกำลังความเสียดทาน หรือกำลังม้าความเสียดทานของเครื่องยนต์

ที่มา: Ganesan (2004)

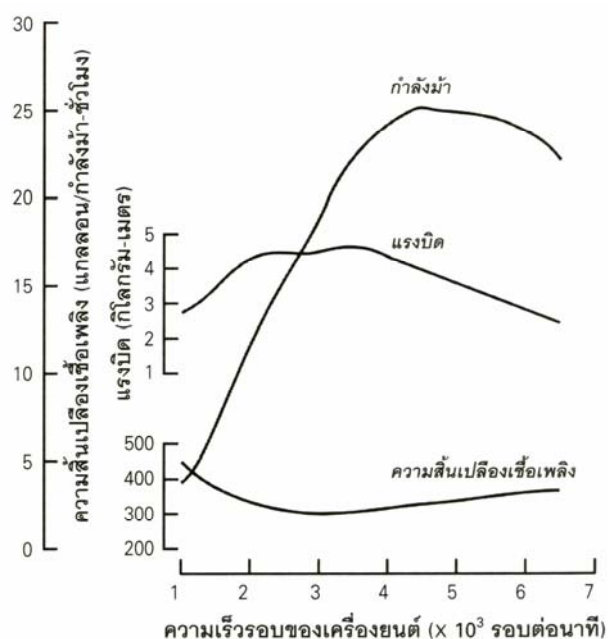


ภาพที่ 23 แสดงความแตกต่างระหว่างเส้นกราฟแสดงแรงบิด กำลังม้าเบรก และกำลังม้าที่สูญเสียไปกับความเสียดทานของเครื่องยนต์

ที่มา: Ganesan (2004)

ส่วนเส้นกราฟแสดงกำลังม้าของเครื่องยนต์จะแตกต่างไปจากเส้นกราฟแสดงแรงบิด จะเห็นได้ว่ากำลังม้าของเครื่องยนต์จะเพิ่มขึ้นไปเรื่อย ๆ ตามความเร็วรอบของเครื่องยนต์ จนกระทั่งถึงจุดหนึ่งกำลังม้าก็จะเริ่มตก แม้ว่าเครื่องยนต์จะมีความเร็วรอบเพิ่มสูงขึ้นอีกก็ตาม ทั้งนี้ ส่วนหนึ่งก็มีผลสืบเนื่องมาจากประสิทธิภาพการบรรจุไอดีของเครื่องยนต์ด้วยเช่นกัน การที่ กำลังม้าลดลงที่ความเร็วรอบสูงนี้ ไม่เพียงแต่จะมีส่วนทำให้แรงบิดลดลงเท่านั้น แต่ยังทำให้กำลังหรือกำลังม้าที่สูญเสียไปกับความเสียดทานเพิ่มสูงขึ้นอีกด้วย

ปัจจุบันการแสดงผลของเครื่องยนต์ จะนิยมแสดงด้วยเส้นกราฟแสดงแรงบิด เส้นกราฟแสดงกำลังม้า และเส้นกราฟแสดงความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ดังภาพที่ 24



ภาพที่ 24 แสดงเส้นโค้งแรงบิด กําลังม้า และความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะของเครื่องยนต์

ที่มา: Pulkrabek and Willard (2004)

6. พฤติกรรมการสึกหรอ

เนื่องจากเครื่องยนต์นั้นเป็นอุปกรณ์ที่แปลงพลังงานความร้อนเป็นพลังงานกล ซึ่งงานที่ถ่ายทอดจากแก๊สในกระบอกสูบไปยังลูกสูบนั้นไม่สามารถนำไปใช้งานได้ทั้งหมด ส่วนของงานที่ถ่ายทอดที่ไม่สามารถนำไปใช้งานได้นั้นมักเรียกว่า งานจากความเสียดทาน ซึ่งก่อให้เกิดความสึกหรอเกิดขึ้นกับชิ้นส่วนต่าง ๆ ในเครื่องยนต์ ในปัจจุบันการศึกษาพฤติกรรมการสึกหรอของเครื่องยนต์นั้นได้มีผู้คิดค้นทฤษฎีขึ้นมากมาย แต่ก็ยังเป็นการคาดคะเนและยากต่อการตรวจสอบให้ถูกต้องเที่ยงตรง จึงได้สรุปทฤษฎีการวิเคราะห์การสึกหรอเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษา ดังนี้

6.1 ความเสียหายจากการสึกหรอ (Hutchings, 1992)

ความเสียหายจากความสึกหรอสามารถเกิดขึ้นได้ทั้งบริเวณผิวหน้าภายนอกและผิวหน้าภายใน ซึ่งมักจะมีสาเหตุมาจากปฏิกิริยาระหว่างสารทั้ง 2 ตัว ที่มาสัมผัสกัน กล่าวคือ ผิว

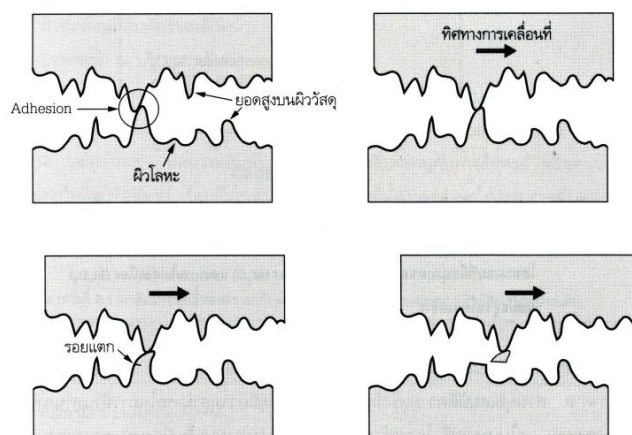
แข็งเคลื่อนที่บนผิวแข็ง, อนุภาคแข็งขนาดเล็กซึ่งถูกพัดพามาในของเหลวหรือก๊าซมาปะทะลงบนผิวแข็ง และการไหลของของเหลวหรือก๊าซบนผิวแข็ง

ในแต่ละกรณีข้างต้น ความเสียหายจากการสึกหรอจะเป็นผลมาจากปฏิกิริยาทางกลทางเคมี และทางความร้อน โดยปฏิกิริยาเหล่านี้มักจะเกิดขึ้นพร้อม ๆ กัน ดังนั้น ลักษณะและขอบเขตของความเสียหายที่เกิดขึ้นจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ดังต่อไปนี้

- 6.1.1 โครงสร้างจุลภาคของผิวสัมผัสทั้ง 2 หน้า และโครงสร้างของเนื้อชิ้นงาน
- 6.1.2 ประเภทของวัสดุที่มาสัมผัสกัน และอัตราการหล่อลื่นระหว่างผิว
- 6.1.3 การเคลื่อนที่สัมผัสของผิวหน้า
- 6.1.4 แรงกระทำ ณ บริเวณจุดสัมผัส
- 6.1.5 สิ่งแวดล้อม (จะส่งผลกระทบทางปฏิกิริยาเคมี และอุณหภูมิของระบบ)

ปัจจัยเหล่านี้ได้ครอบคลุมถึงคุณสมบัติของวัสดุหลายอย่างด้วยกัน รวมทั้งคุณสมบัติที่สำคัญ 2 ตัว คือ ความเสียดทาน และความแข็ง แต่ความสัมพันธ์ระหว่างความเสียดทานกับการสึกหรอ หรือความแข็งกับการสึกหรอนั้นเป็นกลไกที่ซับซ้อนมาก โดยทั่วไปค่าความเสียดทานที่ต่ำมักจะส่งผลให้อัตราการสึกหรอมีค่าต่ำด้วย

ในหลายกรณีการเปลี่ยนแปลงค่าความเสียดทานเพียงเล็กน้อยกลับมีผลให้อัตราการสึกหรอเพิ่มขึ้นได้อย่างมหาศาล ส่วนคุณสมบัติความแข็งที่สูงก็จะทำให้วัสดุมีความสามารถในการต้านทานการสึกหรอที่ดี แต่ในบางกรณี โครงสร้างที่แข็งแกร่งกลับสึกไปอย่างรวดเร็วเนื่องมาจากการแตกและหลุดออกของเนื้อที่แข็งแต่เปราะ นอกจากนี้ ประสิทธิภาพยังได้สอนเราอีกว่าการเปลี่ยนแปลงแรงกระทำ ความเร็วของการเคลื่อนที่ และสภาพแวดล้อมเพียงเล็กน้อยก็สามารถมีผลกระทบอย่างรุนแรงต่อกลไกและอัตราการสึกหรอได้ ดังภาพที่ 25



ภาพที่ 25 แสดงความขรุขระในระดับจุลภาคพื้นผิวของวัสดุที่มองเห็นด้วยตาเปล่าว่าเรียบ

ที่มา: ปนัดดา และคณะ (2547)

6.2 วิธีการวิเคราะห์การสึกหรอที่เกิดขึ้นในเครื่องยนต์

6.2.1 วิธีการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Zhang, Si-Wei., 2004)

ก. Archard wear equation

เป็นสมการที่ใช้ในการหาค่าการสึกหรอโดยปริมาตรของการสึกหรอ (w) จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับภาระที่มากกระทำ และระยะทางที่เครื่องที่แต่ละจะแปรผกผันกับค่าความแข็งที่ผิวของวัสดุ โดยสามารถเขียนได้ดังสมการที่ 10

$$w = K \times \frac{Ps}{H} \quad (10)$$

เมื่อ K คือ ค่าคงที่ของการสึกหรอ
 P คือ ภาระที่มากกระทำ (N)
 s คือ ระยะทางที่เคลื่อนที่ (m)
 H คือ ค่าความแข็งของวัสดุ

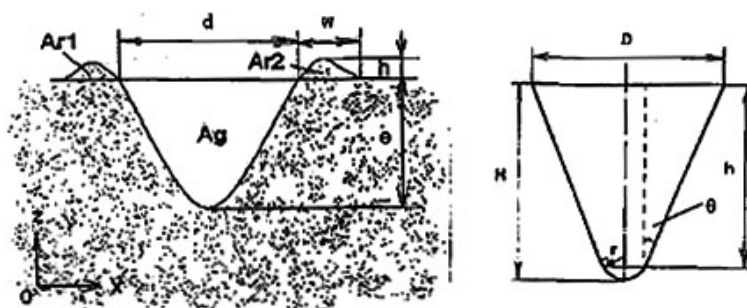
เนื่องจากปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการสึกหรอได้แก่

- ภาระที่มากกระทำ
- ความเร็วสัมพัทธ์ของชิ้นส่วน
- รูปทรงทางคณิตศาสตร์
- อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม
- คุณสมบัติทางความร้อน ทางกลและทางเคมีของวัสดุ

ซึ่งจากปัจจัยที่กล่าวมา Lim และ Ashby ได้สร้างแผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างภาระที่มากกระทำต่อหน่วยพื้นที่ (Nominal pressure) กับความเร็วในการเคลื่อนที่ซึ่งสามารถใช้ทำนายลักษณะของการสึกหรอที่เกิดขึ้นได้

ข. Monte Carlo modeling of two body abrasion process (Zhang, 2004)

เป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ทำนายปริมาตรที่หายไปเนื่องจากวัสดุ 2 ชิ้นเสียดสีกันโดยพิจารณาพื้นผิวที่เสียดสีกัน ส่วนแรกมีลักษณะเป็นร่องและสัน (Groove and Ridges) และส่วนที่สองมีลักษณะเหมือนเม็ดทราย (Grit) ดังแสดงในภาพ



ภาพที่ 26 แสดงลักษณะพื้นผิวของชิ้นส่วนที่เกิดจากการสึกหรอ

ที่มา : Zhang (2004)

จากภาพจะเห็นว่าความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรส่วนที่หายไปกับส่วนที่เพิ่มขึ้นสามารถเขียนได้ดังสมการที่ 11

$$V_s = A_g - (A_{r1} + A_{r2}) \quad (11)$$

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ทางเลขาคณิต และรูปร่างของพื้นวัสดุจากภาพที่ 26 จะเขียนได้ดังสมการที่ 12

$$D - 2r \cos \theta = 2h \tan \theta \quad (12)$$

$$H = h + r(1 - \sin \theta) \quad (13)$$

เมื่อ D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของ Grit

H คือ ความสูงของ Grit

θ คือ มุมของปลายแหลม

ความสูงของ ridge (h) หาได้จากสมการที่ 14

$$h = \frac{cd}{2(0.01E_g^2 + 0.41E_g + 4.86)} \quad (14)$$

เมื่อ cd คือ ค่าแก้ของสมการซึ่งขึ้นอยู่กับความขรุขระของพื้นผิววัสดุ

E_g คือ ค่าของการยืดตัวของวัสดุซึ่งได้มาจากการดึงทดสอบ

ความกว้างของ Ridge (W) หาได้จากสมการที่ 15

$$w = 0.24(2.03d - h) \quad (15)$$

จากสมการที่ 13-15 ในระบบแกนในภาพที่ 26 สามารถเขียนสมการเส้นโค้งของ Ridge ได้ดังสมการที่ 16

$$z = -\frac{4h}{w^2}(x - k)^2 + h \quad (16)$$

เมื่อพิจารณาวัสดุที่เกิดการสึกหรอในภาพที่ 27 มีลักษณะเป็นแท่งสี่เหลี่ยมเล็ก ๆ จะเห็นได้ว่าการเสียคี่แต่ละครั้งค่า Z ของแต่ละแท่งสี่เหลี่ยมจะถูกทำลายออกไป เมื่อเปรียบเทียบค่า z ใหม่เทียบกับค่า z เดิม นำไปสู่การหาปริมาตรที่หายไปของแต่ละแท่ง

เล็ก ๆ ของวัสดุแต่ละแท่ง ซึ่งอัตราการสึกหรอเชิงเส้นของทุกแท่งเล็ก ๆ หลังจากถูกเสียดสีจำนวน N ครั้งเขียนได้ดังสมการ 17

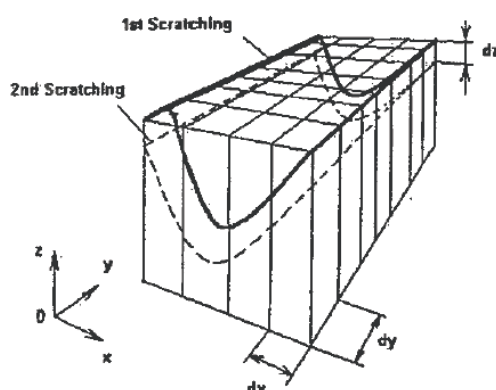
$$V_L = \frac{z_0 - (n_x + 1)^{-1} (n_y + 1) \sum_{i=1}^{n_x} \sum_{j=1}^{n_y} z_{ij}}{N \Delta y_{mesh}} \quad (17)$$

เมื่อ Z_0 คือ ค่าความสูงเฉลี่ยของแท่งเล็ก ๆ ทั้งหมดก่อนเริ่มเสียดสี (mm)

Z_{ij} คือ ค่าแนวแกน Z ของแต่ละแท่งเล็ก ๆ

n_x, n_y คือ จำนวนจุดที่แบ่งตามแนวแกน x และแกน y ตามลำดับ

Δy_{mesh} คือ ความกว้างของแท่งเล็ก ๆ แต่ละหน่วยในทิศทางการเคลื่อนที่ (mm)



ภาพที่ 27 แสดงแบบจำลองของแท่งวัสดุที่ใช้วิเคราะห์การสึกหรอ

ที่มา : Zhang (2004)

6.2.2 การวิเคราะห์โดยใช้เครื่อง EDS (Energy Dispersive X-ray Spectrometer)

เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ที่นำมาใช้ประโยชน์ในการวิเคราะห์การสึกหรอนั้น มีอยู่มากมายหลายชนิด และมีหลักการวิเคราะห์ที่แตกต่างกันไป อย่างไรก็ตาม หลักการตรวจวิเคราะห์ที่ใช้มากก็คือ วิธีการวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบ ของเขม่าควันและมลพิษที่ติดมากับวัตถุ มีหลักการคือการแยกแยะค่าพลังงานของพลังงานที่แตกต่างกัน (Energy disposition) โดยวิธีการวิเคราะห์ดังกล่าวจะใช้ Analyzing crystal ในการแยกแยะความยาวคลื่นของ X-ray โดย Analyzing crystal ดังกล่าวจะสามารถวิเคราะห์ค่าได้อย่างแม่นยำ

6.2.3 การวิเคราะห์ขนาดของลูกสูบด้วยเครื่องมือวัดละเอียด

การวิเคราะห์ขนาดของลูกสูบด้วยวิธีดังกล่าวมีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการทราบถึงความเปลี่ยนแปลงในทางกายภาพ หรือขนาดที่เปลี่ยนแปลงไปภายหลังการใช้งานวิธีนี้เป็นวิธีพื้นฐานที่นิยมใช้กันเนื่องจากเป็นวิธีการที่รวดเร็ว โดยใช้เครื่องมือวัดละเอียดที่ใช้กันโดยทั่วไป การทดสอบจะใช้วิธีการกำหนดจุดที่ทำการทดสอบ และใช้ค่ามาตรฐานของวัตถุที่วัดเป็นหลักในการเปรียบเทียบ

7. มาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบสมรรถนะ มลพิษไอเสีย และการสึกหรอของเครื่องยนต์

7.1 มาตรฐานอุตสาหกรรมของประเทศไทย (มอก.)

ปัจจุบันประเทศไทยได้มีการใช้มาตรฐานในการควบคุมและตรวจสอบของกระทรวงอุตสาหกรรม โดยมีรายละเอียดครอบคลุมยานพาหนะทั้งหมด กล่าวคือ รถจักรยานยนต์ รถยนต์ และรถบรรทุก ในส่วนของสมรรถนะรถจักรยานยนต์นั้น มีเพียงมาตรฐานควบคุมเฉพาะสารมลพิษจากเครื่องยนต์ มอก.2130-2545 ระดับที่ 5 เป็นมาตรฐานในการควบคุม โดยมีขอบข่าย ดังนี้

7.1.1 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมนี้กำหนด คุณลักษณะที่ต้องการ เครื่องหมาย และฉลาก การชักตัวอย่างและเกณฑ์ตัดสิน และการทดสอบรถจักรยานยนต์

7.1.2 ครอบคลุมเฉพาะรถจักรยานยนต์ที่มีมวลรถเปล่าไม่น้อยกว่า 400 กิโลกรัม มีความเร็วออกแบบ (designed speed) สูงสุดมากกว่า 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมงและมีความจุกระบอกสูบมากกว่า 50 ลูกบาศก์เซนติเมตรและ ครอบคลุมเฉพาะด้านความปลอดภัยเกี่ยวกับปริมาณของสารมลพิษและความทนทานของอุปกรณ์ควบคุมมลพิษ

ในส่วนของสมรรถนะของเครื่องยนต์ มาตรฐานอุตสาหกรรมกล่าวไว้เพียงว่า ให้ใช้มลพิษเป็นตัวควบคุมมิให้ค่าเกินกำหนดเท่านั้น

7.2 มาตรฐานต่างประเทศที่นิยมใช้ในปัจจุบัน

7.2.1 Indian Standard (IS)

การทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่มีใช้กันโดยทั่วไปนั้น โดยส่วนใหญ่จะอ้างอิงการคำนวณมลพิษที่ออกมาจากเครื่องยนต์เป็นหลัก ในด้านของสมรรถนะเครื่องยนต์เครื่องยนต์

สันดาปภายในนั้น ได้มีการร่างขึ้นโดย Indian Standards Institution (IS) ในปี 1980 เรียกชื่อเฉพาะว่า มาตรฐาน IS: 10000 กำหนดวิธีการไว้ 12 ส่วนด้วยกัน มีรายละเอียดครอบคลุมทั้งมาตรฐานสภาวะอ้างอิง (Standard reference conditions) การเตรียมการทดสอบ (Preparation for tests) การทดสอบสมรรถนะ (Performance tests) การทดสอบการขับเคลื่อนเป็นระยะเวลานาน (Endurance tests) ค่าระดับมลพิษ (Smoke levels) และการวัดค่าการสึกหรอ (Measurements for wear)

7.2.2 The European Union Vehicle Emissions Standards

สหภาพยุโรปได้มีการกำหนดให้ใช้อุปกรณ์ดักมลพิษสำหรับรถเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ผลิตออกมาจำหน่ายในปี 1990 หรือเรียกเป็นชื่อเฉพาะว่า มาตรฐาน Euro 1 และได้มีการพัฒนาต่อเนื่องอีกหลายระดับ คือ Euro 2 ในปี 1996, Euro 3 ในปี 2000, และ Euro 4 ในปี 2005 โดยในปัจจุบันได้มีการนำมาใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลในมาตรฐานดังกล่าวอีกด้วย

ตารางที่ 3 European Standards สำหรับเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันเบนซินและดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

Standard	Gasoline		Diesel
	Lead	Sulfur (ppm)	Sulfur (ppm)
Euro 1	0	NA	NA
Euro 2	0	500	500
Euro 3	0	150	350
Euro 4	0	50 ^a	50 ^a
Euro 5 ^b	NA	NA	50 ^a

หมายเหตุ ppm = parts per million, NA = not applicable

^a 10 PPM is in the late stages of Adoption by the European Union

^b Heavy Duty Diesel Engines Only

ที่มา: Asian Development Bank (2008)

สำหรับรถจักรยานยนต์ European Standard ได้ร่างมาตรฐานสำหรับรถจักรยานยนต์ในทวีปเอเชียไว้ โดยกำหนดให้รถใหม่ที่ประกอบจากโรงงานต้องมียกมลพิษตามมาตรฐานกำหนด ดังนี้

ตารางที่ 4 มาตรฐานมลพิษสำหรับรถมอเตอร์ไซด์ใหม่ที่ผลิตจากโรงงานในภูมิภาคเอเชีย

Country	Effectivity	Vehicle Type	Standards			Remarks
			CO	HC	HC + NO _x	
Bangladesh	—	—	3.5 g/km	—	2.0 g/km	Under discussion test = ECE R40
Cambodia	current	2-stroke	4.0%	3,000 ppm	—	Idle test
	current	4-stroke	4.0%	2,400 ppm	—	Idle test
Hong Kong, China	current	4-stroke	13.0 g/km	3.0 g/km	0.3 g/km (NO _x only)	
	current	2-stroke	8.0 g/km	4.0 g/km	0.1 g/km (NO _x only)	
India	2000	2- and 4-stroke	2.0 g/km	—	2 g/km	As per IDC
	2005 proposed	2- and 4-stroke	1.5 g/km	—	1.5 g/km	As per IDC; Deterioration factor = 1.2
	2005	3-wheel gas	2.25 g/km	—	2.0 g/km	
	2005	3-wheel diesel	1.0 g/km	—	0.85 g/km	
Indonesia	2001	2- and 4-stroke	12.0 g/km	—	10.0 g/km	ECE R47
	2004	2- and 4-stroke	8.0 g/km	—	5.0 g/km	ECE R47
	2007 proposed	2- and 4-stroke	5.0 g/km	—	3.0 g/km	ECE R47
Japan	current	2-stroke	14.4 g/km	5.26 g/km	—	
	current	4-stroke	20.0 g/km	2.93 g/km	—	
Malaysia	2003 proposed	2-stroke	8.0 g/km	4.0 g/km	0.1 g/km (NO _x only)	97/24/EC
	2003 proposed	4-stroke	13.0 g/km	3.0 g/km	0.3 g/km (NO _x only)	97/24/EC
Philippines	current	2- and 4-stroke	6.0%	—	—	Idle test
	2003	2- and 4-stroke	4.5%	—	—	Idle test
PRC	2003	2-stroke	4.0%	4,000 ppm	—	Idle test
	2003	4-stroke	4.0%	1,000 ppm	—	Idle test
Beijing	2001	2-stroke	1.50%	3,000 ppm	—	Idle test
	2001	4-stroke	1.50%	300 ppm	—	Idle test
Singapore	current	2- and 4-stroke	12.0 g/km	—	5.0 g/km	must comply with US 40 CFR 86.410-80
Sri Lanka	current	2- and 4-stroke	6.0 g/km	—	—	Low-idling
Taipei, China	current	2- and 4-stroke	4.0%	6,000 ppm	—	Idle warm test
	2004, January	2- and 4-stroke	3.0%	2,000 ppm	—	Idle cold test
Thailand	current	2- and 4-stroke	4.5 g/km	3.0 g/km	—	Free acceleration; 30% white smoke
	2003, July	2- and 4-stroke	3.5 g/km	—	2.0 g/km	Evaporative emission 2g test; 15% white smoke
	2004, July	2- and 4-stroke	3.5 g/km	—	1.8 g/km	Without evaporative emission standard; 15% white smoke
Viet Nam	2004 proposed	2- and 4-stroke	4.5 g/km	—	3.0 g/km	
	2007 proposed	2- and 4-stroke	3.5 g/km	—	2.0 g/km	
	2004 proposed	Moped	6.0 g/km	—	3.0 g/km	For 3 and 4 wheelers multiply by 2
	2007 proposed	2-wheel Moped	1.0 g/km	—	1.2 g/km	
	2007 proposed	3- and 4-wheel Moped	3.5 g/km	—	2.4 g/km	

ตารางที่ 4 (ต่อ)

หมายเหตุ 97/24/EC = Directive 97/24/EC of the European Parliament and of the Council of 17 June 1997 on certain components and characteristics of two or three-wheel motor vehicles, CO = carbon monoxide, ECE R40 = Economic Commission for Europe Regulation 40 – Emission of gaseous pollutants of motorcycles, ECE R47 = Economic Commission for Europe Regulation 47 - Emission of gaseous pollutants of mopeds, g/km = gram per kilometer, HC = hydrocarbons, IDC = Indian Drive Cycle, NOx = nitrogen oxides, ppm = parts per million, US 40 CFR 86.410-80 = United States Code of Federal Regulations (US 40 CFR 86.410-80) emissions standard

ที่มา: Asian Development Bank (2008)

7.2.3 Japanese Industrial Standard และ Japanese Automobile standard

มาตรฐานดังกล่าวได้กำหนดรูปแบบและลักษณะมาตรฐานชิ้นส่วนประกอบของยานพาหนะ และการทดสอบการใช้งานต่าง ๆ โดยมีกฎเกณฑ์ที่ใช้ในการทดสอบเครื่องยนต์ กำหนดไว้ใน Japanese Industrial Standard (JIS) รหัสชื่อเฉพาะว่า JIS D1010 โดยมีรายละเอียดการทดสอบ 13 การทดสอบ และมี Japanese Automobile standard ในการกำหนดรายละเอียดเฉพาะที่สำคัญอีกด้วย

8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโครงการวิทยานิพนธ์

งานวิจัยเรื่องการศึกษาเปรียบเทียบสมรรถนะและการสึกหรอของเครื่องยนต์รถจักรยานยนต์ระบบคาร์บูเรเตอร์ และหัวฉีดเมื่อใช้น้ำมันผสม น้ำมันสบู่อัด-เบนซินเป็นเชื้อเพลิง ได้ใช้ความรู้หลายด้านประกอบกัน รวมไปถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาในลักษณะงานเดียวกัน โดยสามารถสรุปได้ดังนี้

ในปี 2525 ระพีพันธุ์และสุขสันต์ ได้ร่วมกันทดสอบการทดแทนน้ำมันสบู่น้ำมันเบนซินกับรถจักรยานยนต์ 2 จังหวะ พบว่าอัตราร้อยละ 30 เครื่องยนต์เดินเรียบเป็นปกติ แต่ถ้าผสมเกินร้อยละ 30 การติดเครื่องยนต์ กำลังตกและใช้รอบจัดตลอดเวลา เมื่อทดลองใช้กับรถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ โดยใช้อัตราส่วนร้อยละ 5-10 พบว่าเครื่องยนต์เดินได้เรียบสม่ำเสมอ แต่ถ้าผสมเกินร้อยละ 15 หัวเทียนบอดง่าย การติดเครื่องยนต์ เครื่องยนต์เดินไม่สม่ำเสมอ และยังได้ทำการทดสอบน้ำมันสบู่น้ำมันที่สกัดได้จากเครื่องยนต์ดีเซลทูโบดำ 1 สูบแบบลูกสูบนอนระบบ 4 จังหวะ ระบายความร้อนด้วยน้ำ ปริมาตรกระบอกสูบ 400 ซี.ซี. 7 แรงม้า 2200 รอบต่อนาทีและเปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้กับน้ำมันดีเซล ผลการทดลอง คือ

ผลการทดลองเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันสบู่น้ำมันไม่ว่าจะเดินเครื่องปกติหรือเร่งเครื่องก็ตาม การเดินเครื่องเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ ไม่มีการน็อกแต่อย่างใด อัตราการเร่งเท่ากัน ความสิ้นเปลืองของน้ำมันสบู่น้ำมันน้อยกว่าน้ำมันดีเซลเล็กน้อย เมื่อวิเคราะห์ไอเสียจากปลายท่อไอเสียเครื่องยนต์ด้วยการเปรียบเทียบการใช้น้ำมันดีเซลกับน้ำมันสบู่น้ำมัน พบว่าควันดำจากเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันสบู่น้ำมันมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 13.42 ในขณะที่น้ำมันดีเซลมีค่าเฉลี่ยร้อยละ 13.67 สำหรับการทดสอบหาคาร์บอนมอนนอกไซด์เมื่อใช้น้ำมันสบู่น้ำมันมีค่าเฉลี่ยประมาณ 587 ppm. ขณะที่น้ำมันดีเซลมีค่าเฉลี่ยประมาณ 583 ppm.

ผลตรวจสอบหาซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากปลายท่อไอเสียของเครื่องยนต์ พบว่าเครื่องยนต์ที่เดินด้วยน้ำมันสบู่น้ำมันไม่พบซัลเฟอร์ไดออกไซด์เลย ในขณะที่น้ำมันดีเซลพบ 124 ppm.

งานวิจัยนี้สรุปว่าน้ำมันสบู่น้ำมันสามารถแทนน้ำมันดีเซลได้ นอกจากนี้ยังใช้กับเครื่องสูบน้ำ เครื่องเกี่ยว เครื่องนวด รถอีแต๋นเดินทางขนส่งพืชผล และเครื่องปั่นไฟได้อีกด้วย

ในปี 2545 ลิขิตและคณะ ได้ศึกษาถึงผลกระทบของเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลบริสุทธิ์ 95% เป็นเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์แก๊สโซลีนโดยทำ การศึกษาถึงสมรรถนะและการสึกหรอของเครื่องยนต์ เปรียบเทียบกับการใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีน ซึ่งเครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบคือเครื่องยนต์ แก๊สโซลีนเล็กสูบเดียว HONDA รุ่น GX160 K1QT จำนวน 2 เครื่อง โดยเครื่องหนึ่งใช้กับเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนและอีกเครื่องหนึ่งใช้กับเชื้อเพลิง เอทานอล ซึ่งในเครื่องยนต์ที่ใช้กับเชื้อเพลิงเอทานอลมีการดัดแปลงเพื่อให้สามารถใช้ได้กับเชื้อเพลิงเอทานอล คือเพิ่มขนาดของ Main jet ในคาร์บูเรเตอร์จากเบอร์ 72 เป็น 75 และเปิดใช้คอกอากาศเพียง 25% ของทั้งหมดการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์

เป็นการทดสอบแบบความเร็วยกเปลี่ยนที่ภาระงานเต็มที่ การทดสอบการสึกหรอของเครื่องยนต์ ทำ การทดสอบที่ความเร็วรอบคงที่ที่ 3000 rpm และที่ภาระงาน 50% ของภาระงานสูงสุด (1.20 kW) ต่อเนื่องเป็นเวลา 100 ชั่วโมง วิเคราะห์ผลจากการวัดขนาดของชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ก่อน และหลังการทดสอบ และวิเคราะห์จากปริมาณโลหะที่ผสมอยู่ในน้ำมันเครื่องผลการทดสอบ ปรากฏว่าเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอล ให้ค่ากำลังงานต่ำกว่าเล็กน้อยประมาณ 3-4% ในขณะที่ให้ ประสิทธิภาพทางความร้อนที่สูงกว่า 10-20% แต่มีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะสูงกว่า ประมาณ 30-50% การสึกหรอที่เกิดขึ้นกับชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ทั้งสองไม่แตกต่างกัน ทั้งจากการ วัดขนาดของชิ้นส่วนของเครื่องยนต์และจากการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะที่ผสมอยู่ในน้ำมันเครื่อง

ในปี 2546 ณัฐ และคณะ ได้ทำการศึกษาทดสอบเครื่องยนต์ขนาดเล็กในการใช้งานระยะ ยาวโดยใช้น้ำมันผสมเอทานอลชีวภาพเป็นเชื้อเพลิง โดยศึกษาผลของการใช้เชื้อเพลิงเอทานอลบริ สุทธิ์ 99.5% โดยปริมาตรต่อสมรรถนะ มลพิษ และการสึกหรอของเครื่องยนต์เบนซินขนาดเล็กที่ ใช้งานในระยะเวลายาวนาน ใช้เครื่องยนต์ 3 เครื่อง และน้ำมัน 3 ชนิด คือ เบนซินออกเทน 91, เบนซินออกเทน 91 ผสมกับเอทานอล 10% และเบนซินออกเทน 91 ผสมกับเอทานอล 20% ทำการ ทดสอบ 200 ชั่วโมง พบว่าเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงผสมเอทานอล 20% จะให้ค่าแรงบิดและกำลัง ของเครื่องยนต์สูงที่ 3,200 รอบต่อนาที โดยมีค่าแรงบิดและกำลังของเครื่องยนต์มากกว่าเครื่องยนต์ ที่ใช้เบนซิน 91 อยู่ 2-8% ในส่วนของประสิทธิภาพเชิงความร้อนจะมากกว่า 12-28% และอัตรา สิ้นเปลืองจะเฉพาะมีค่าไม่แตกต่างกัน ในด้านมลพิษพบว่ามีแนวโน้มลดลงตามอัตราส่วนของเอทา นอลที่เพิ่มขึ้นในเชื้อเพลิง ด้านการสึกหรอเมื่อวิเคราะห์ด้วยสายตาพบว่าชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ที่ ใช้เชื้อเพลิงเบนซินออกเทน 91 มีแนวโน้มที่จะสึกหรอน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการใช้อี ทานอลที่เพิ่มขึ้น

ในปี 2548 อุทัย อึ้งเจริญ ได้ศึกษาเปรียบเทียบสมรรถนะและมลพิษไอเสียระหว่าง เครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่ใช้น้ำมันเบนซินกับแก๊สโซลีนที่มีค่าออกเทนต่างกัน ทำการทดสอบกับ เครื่องยนต์ TOYOTA 5A-FE ขนาด 1,498 cc. อัตราส่วนการอัด 9.8:1 ระบบการจ่ายเชื้อเพลิงเป็น แบบหัวฉีดพบว่า 1.เชื้อเพลิงชนิดเดียวกันแต่ค่าออกเทนแตกต่างกัน (ค่าออกเทน 95 กับ 91) พบว่า แรงบิดและกำลังเบรกของเชื้อเพลิงที่มีค่าออกเทน 95 นั้นมีค่าสูงกว่าเชื้อเพลิงที่มีค่าออกเทน 91 ประมาณ 0.75 และ 0.76% ตามลำดับ ส่วนอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรกพบว่าเชื้อเพลิง ที่มีค่าออกเทน 95 มีค่าต่ำกว่าเชื้อเพลิงที่มีค่าออกเทน 91 ประมาณ 0.22% ปริมาณมลพิษไอเสีย พบว่าไม่มีความแตกต่าง 2.เชื้อเพลิงต่างชนิดกันแต่ค่าออกเทนเท่ากันพบว่าแรงบิดและกำลังเบรก

ของเบนซินมีค่าสูงกว่าแก๊สโซฮอล์ประมาณ 1.39 และ 1.67% ตามลำดับ โดยอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะเบรคปรากฏว่าเมื่อใช้แก๊สโซฮอล์มีค่าสูงกว่าเบนซินประมาณ 3.32% ส่วนมลพิษไอเสียพบว่าแก๊สโซฮอล์ส่งผลให้ปริมาณคาร์บอนมอนอกไซด์และไฮโดรคาร์บอนต่ำกว่าเบนซินประมาณ 17.95 และ 17.28% ตามลำดับ

สำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในต่างประเทศด้านการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ สรุปไว้ ดังนี้

Duck and Bruce (1945) ทำการศึกษาสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ทำการทดสอบเอทานอลที่ความเข้มข้น 100–35 % ในการทดสอบให้เครื่องยนต์เปิดเต็มที่ (เพื่อให้ได้รอบเครื่องยนต์สูงสุด) ปรับองศาการจุดระเบิด และอัตราส่วนผสมอากาศกับเชื้อเพลิง (A/F) ที่ให้ได้กำลังดีที่สุด (Best power) มีการติดฮีตเตอร์เป็นอุปกรณ์ช่วยอุ่นไอดีที่ท่อร่วมไอดี และใช้หัวเทียนแบบร้อน (hotter plugs) ได้ผลการทดสอบดังนี้

ตารางที่ 5 แสดงผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิง

Proof %	Break power (kW)	Water Blend (Gal/hr)	Ethanol (lb/kW-hr)	Thermal Efficiency (%)	Optimum Spark Advance ($^{\circ}$ B.TDC)
100(200)	35.54	6.85	1.265	21.2	17.5
95(190)	34.43	7.53	1.379	19.4	20.4
90(180)	34.05	7.94	1.397	19.2	21.3
80(160)	33.60	9.52	1.511	17.8	27.0
70(140)	33.91	11.33	1.558	17.2	29.0
55(110)	31.31	14.53	1.713	15.6	35.0
50(100)	32.02	19.00	1.998	13.4	36.0
45(90)	31.58	17.90	1.712	15.6	41.5
40(80)	30.87	20.87	1.798	14.9	47.0
35(70)	25.42	26.70	2.484	10.8	50.0

ที่มา : Duck and Bruce (1945)

ที่ระดับความเข้มข้น 100–40 % การทำงานของเครื่องยนต์ปกติ แต่ที่ระดับความเข้มข้น 35 % เครื่องยนต์ จะเดินไม่เรียบมีบางครั้งเครื่องยนต์กระตุกดับ กำลังงานเบรคของเครื่องยนต์ (Brake power) จะลดลงเมื่อความเข้มข้นของเอทานอลลดลง ในช่วงความเข้มข้นตั้งแต่ 100-40 % เครื่องยนต์ให้กำลังแตกต่างกันเล็กน้อย แต่ที่ความเข้มข้น 35 % กำลังของเครื่องยนต์ลดลงประมาณ 18 % จากที่ระดับความเข้มข้น 40 % ประสิทธิภาพทางความร้อนของเครื่องยนต์ (thermal efficiency) มีค่าสูงสุดที่ความเข้มข้น 100% ซึ่งมีค่าประมาณ 21.2 % และจะลดลงเมื่อความเข้มข้นลดลง ซึ่งในช่วงความเข้มข้น 100-40 % ประสิทธิภาพทางความร้อนในแต่ละช่วงจะลดลงน้อยมาก แต่ที่ระดับความเข้มข้น 35 % ค่าประสิทธิภาพทางความร้อนลดลงประมาณ 27 % เมื่อเทียบกับระดับความเข้มข้น 40 % เพราะฉะนั้นความเข้มข้นของเอทานอลที่เหมาะสมกับเครื่องยนต์จะอยู่ในช่วง 100 - 40 %

Brinkman (1981) ได้ทำการศึกษาผลของอัตราส่วนการอัด (Compression ratio, CR) และ Equivalence ratio (Φ) ต่อสมรรถนะ และการปล่อยมลพิษของเครื่องยนต์ ที่ใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงเปรียบเทียบกับที่ใช้แก๊สโซลีนเป็นเชื้อเพลิง ใช้เครื่องยนต์ Waukesha ทดสอบ เป็นเครื่องยนต์สูบเดี่ยว ฝาสูบมีลักษณะเป็นเกลียวสามารถปรับอัตราส่วนการอัดได้ (Removable dome head, RDH) และใช้เอทานอลบริสุทธิ์ 99.5% การทดสอบโดยปรับค่า CR เริ่มที่ 7.5 ถึง 18 และค่า Equivalence ratio เริ่มที่ 1.2 ถึง ระดับบางสุด (lean limit) และปรับองศาการจุดระเบิดที่กำลังสูงสุด (minimum advance for best torque, MBT) โดยการเปรียบเทียบกับแก๊สโซลีนที่ CR 7.5 ซึ่งได้ผลการทดสอบ ที่ค่า CR.เท่ากัน (CR. 7.5) เครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงจะให้ค่าต่าง ๆ โดยที่ประสิทธิภาพทางความร้อนเพิ่มขึ้น 3 % การปลดปล่อย NO_x สูงสุดลดลง 40 % การปลดปล่อยเชื้อเพลิงที่ไม่เผาไหม้ (Unburned fuel, UBF) และ CO ไม่ต่างกัน การปลดปล่อยอินทรีย์สาร (Alde Hyde) เพิ่มขึ้น 110 – 360 % เมื่อเพิ่มค่า CR. จาก 7.5-18 เครื่องยนต์ที่ใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิง ให้ค่าต่าง ๆ ดังนี้ ประสิทธิภาพทางความร้อนเพิ่มขึ้น 18 % การปลดปล่อย NO_x สูงสุดลดลง 30 % การปลดปล่อย คาร์บอนมอนอกไซด์ มีค่าใกล้เคียงกัน การปลดปล่อยเชื้อเพลิงที่ไม่เผาไหม้ (Unburned fuel, UBF) เพิ่มขึ้น 25–200 % ลดปล่อยอินทรีย์สาร (Alde Hyde) เพิ่มขึ้น 50–140 %

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

การวิจัยนี้ได้ใช้รถจักรยานยนต์ทดสอบยี่ห้อ Honda จำนวน 2 คัน ความจุกระบอกสูบ 125 ซีซี 4 จังหวะ ระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์ 1 คัน และระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบหัวฉีด 1 คัน ในการทดสอบ ซึ่งรายละเอียดของเครื่องยนต์แสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 แสดงรายละเอียดทางเทคนิคของเครื่องยนต์รถจักรยานยนต์ทดสอบ

รุ่น	Honda Wave 125R	Honda Wave 125i
เครื่องยนต์	4 จังหวะแบบ OHC ระบายความร้อนด้วยอากาศ	4 จังหวะแบบ OHC ระบายความร้อนด้วยอากาศ
ปริมาตรกระบอกสูบ	124.9 ซีซี	124.9 ซีซี
ระบบจ่ายน้ำมัน	คาร์บูเรเตอร์	หัวฉีด PGM-FI ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์
ความกว้างกระบอกสูบ x ช่วงชัก	52.4 x 57.9 มม.	52.4 x 57.9 มม.
ระบบการติดเครื่องยนต์	สตาร์ทเท้า	สตาร์ทมือ
อัตราส่วนแรงอัด	9.3 : 1	9.3 : 1
ระบบเกียร์	โรตารี (เกียร์วัน) 4 ระดับ	โรตารี (เกียร์วัน) 4 ระดับ
น้ำหนักสุทธิ	93.5 กก.	99 กก.
ระบบจุดระเบิด	CDI	CDI
ระบบห้ามล้อ หน้า	ดิสเบรกแบบลูกสูบคู่ (Dual Piston Caliper)	ดิสเบรกแบบลูกสูบคู่ (Dual Piston Caliper)
หลัง	ดรัมเบรก	ดรัมเบรก
ความจุน้ำมันเชื้อเพลิง	4.0 ลิตร	4.0 ลิตร
ค่ามาตรฐานไอเสีย	ผ่านค่ามาตรฐานไอเสียระดับ 5	ผ่านค่ามาตรฐานไอเสียระดับ 5



ภาพที่ 28 รถจักรยานยนต์ทดสอบรุ่น Wave 125i ระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบหัวฉีด (ซ้าย)
และ Wave 125R ระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์ (ขวา)

1. เครื่องมือตรวจวัดค่าคุณสมบัติของน้ำมัน

1.1 เครื่องแก้วและอุปกรณ์เคมี ประกอบด้วย

1.1.1 ปีกเกอร์ (Beaker)

1.1.2 หลอดทดสอบ (Test Tube)

1.1.3 กระบอกตวง (Graduated Cylinder)

1.1.4 กรวยกรอง (Funnel)

1.1.5 แท่งแก้ว (Glass Rod)

1.1.6 บิวเรต (Burette)

1.1.7 หลอดปิเปต (Pipette)

1.1.8 ขวดปริมาตร (Flask)

1.1.9 เครื่องคนสารพร้อมกับให้ความร้อน (Heating Magnetic Stirrer)

1.1.10 Test Tube Holder ใช้สำหรับจับหลอดทดสอบ



ภาพที่ 29 แสดงอุปกรณ์เคมีและเครื่องแก้วที่ใช้ในการทดลอง

1.2 เครื่องวัดค่าความหนืดแบบ Kinematic



(1)



(2)

ภาพที่ 30 แสดงเครื่องมือวัดความหนืดแบบ Kinematic และหลอดวัดความหนืด Size 100 (ซ้าย) และ Size 200 (ขวา)

การวัดจากเครื่องมือดังกล่าวจะได้ค่าความหนืดที่ได้มาจากการวัดการไหลของของเหลวภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก ซึ่งเครื่องมือที่ใช้วัดความหนืดแบบนี้คือหลอดวัดความหนืด (Viscometer Tube) ซึ่งการวัดความหนืดทำได้โดยจับเวลาการไหลของของเหลว สารที่ไหลได้เร็ว จะมีความหนืดน้อย โดยในการตรวจวัดค่าคุณสมบัติที่ใช้ในการวิจัยได้ใช้หลอดวัดความหนืด 2 ชนิดด้วยกัน คือ

1.2.1 ชนิด Size 100 จะให้ช่วงการวัดตั้งแต่ 3-15 cSt

1.2.2 ชนิด Size 200 จะให้ช่วงการวัดตั้งแต่ 20-100 cSt

โดยที่ความหนืดที่วัดได้ มีหน่วยวัดเป็น m^2/s หรือ mm^2/s ในระบบ SI และหน่วยที่ใช้กันมากในอุตสาหกรรมเป็นระบบ CGS มีหน่วยเป็น St (Stokes) หรือ cSt.

1.3 เครื่องวัดค่าออกเทน (Cooperative Fuel Research engine หรือ CFR Engine)



ภาพที่ 31 เครื่อง Cooperative Fuel Research engine หรือ CFR Engine

ใช้ในการตรวจวัดค่าออกเทน (Octane) ของน้ำมันเบนซินเป็นค่าออกเทนที่มีประสิทธิภาพต่อการน็อกในเครื่องยนต์หลายสูบนิยมใช้งานกัน 2 ชนิดด้วยกัน คือ ทำงานอยู่ในรอบของช่วงหมุนต่ำที่ 600 รอบต่อนาที (สำหรับทดสอบ Research Octane Number, RON) และช่วงรอบสูงที่ 900 รอบต่อนาที (สำหรับทดสอบ Motor Octane Number, MON) โดยทำการทดสอบ

ภายใต้สภาวะมาตรฐาน มีการควบคุมอุณหภูมิ และมีการเปรียบเทียบกับน้ำมันมาตรฐาน เพื่อให้การทดสอบออกเทนได้ค่าแม่นยำมากที่สุด

1.4 เครื่องทดสอบค่าการกลั่นของน้ำมันปิโตรเลียม (Automatic Distillation)



ภาพที่ 32 เครื่องทดสอบค่าการกลั่น (Automatic Distillation) ยี่ห้อ ISL รุ่น AD86 5G2

ใช้ในการหาอุณหภูมิในการกลั่นของน้ำมันปิโตรเลียม โดยให้ความร้อนกับน้ำมันทดสอบคล้ายการกลั่นน้ำมัน จนน้ำมันระเหยออก เครื่องจะทำการบันทึกค่าอุณหภูมิในการระเหยเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

2. เครื่องมือทดสอบและอุปกรณ์ตรวจวัด

เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับการทดสอบสมรรถนะ เก็บตัวอย่างและตรวจวัดปริมาณสารมลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ และตรวจวัดค่าความสึกหรอ ณ ห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษจากยานพาหนะ กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มาตรฐาน ISO 17025 ประกอบด้วย

2.1 เซสซิสไดนาโมมิเตอร์ (Chassis Dynamometer) ยี่ห้อ Schenck โดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าแบบกระแสตรง Direct Current (DC) สามารถทดสอบความเร็วสูงสุดได้ถึง 200 กิโลเมตรต่อชั่วโมง น้ำหนักรถทดสอบสูงสุด 500 กิโลกรัม อุปกรณ์ทั้งหมดประกอบด้วย ลูกกลิ้ง (Roller) พัดลม (Variable-speed fan) ที่ให้ความเร็วลมแปรตามความเร็วรอบเครื่องยนต์ขณะทำการทดสอบ



ภาพที่ 33 ภาพแสดงไดนาโมมิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบ (Chassis Dynamometer) ยี่ห้อ Schenck

2.2 ระบบเก็บตัวอย่าง (Exhaust gas sampling system) เป็นเครื่องมือสำหรับใช้เก็บและเตรียมตัวอย่างสำหรับการตรวจวัดปริมาณสารมลพิษ ทั้งแบบ วัดโดยตรง (Direct Sampler) และวัดโดยการเจือจางไอเสีย (Constant Volume Sampler (CVS))



ภาพที่ 34 ระบบเก็บตัวอย่างมลพิษ (Exhaust gas sampling system)

2.3 ระบบวิเคราะห์ค่ามลพิษ (Emission analysis system) สามารถวัดค่ามลพิษได้ทั้งแบบ Direct Measurement และ CVS Measurement โดยสามารถทำการทดสอบได้ทั้งรถจักรยานยนต์แบบ 4 จังหวะและ 2 จังหวะ



ภาพที่ 35 แสดงระบบวิเคราะห์ข้อมูล (ซ้าย) และระบบการทดสอบสมรรถนะและมลพิษ (ขวา)

3. เครื่องมือและอุปกรณ์วัดการสึกหรอ

3.1 เวอร์เนียดิจิทัล (Vernier Digital) ขนาด 0-150 mm ใช้ในการวิเคราะห์ขนาดของลูกสูบโดยให้ค่าความละเอียดที่ 0.01 mm



ภาพที่ 36 เวอร์เนียดิจิทัล (Vernier Digital) ขนาด 0-150 mm

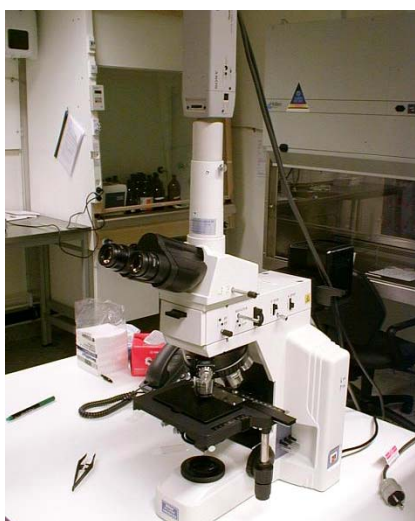
3.2 กล้องถ่ายภาพดิจิทัล (Digital Camera)

ใช้ในการวิเคราะห์ชิ้นส่วนด้วยตาเปล่าในการเปรียบเทียบลักษณะของชิ้นงานที่มีความเปลี่ยนแปลงก่อนทดสอบและหลังการทดสอบชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ ลูกสูบ ห้องเผาไหม้ แหวน ลูกสูบ หัวเทียน และกราบเขม่าบริเวณท่อไอเสีย ที่ระยะเวลาการทำงานต่าง ๆ ของเครื่องยนต์ โดยใช้กล้องถ่ายภาพ Nikon รุ่น D40 เลนส์ 18-55 มม.



ภาพที่ 37 กล้องถ่ายภาพ Nikon รุ่น D40 เลนส์ 18-55 มม.

3.3 กล้องจุลทรรศน์แบบแสง (Optical Microscope) Nikon รุ่น ME600



ภาพที่ 38 กล้องจุลทรรศน์แบบแสง (Optical Microscope) Nikon รุ่น ME600

ใช้ในการตรวจสอบสภาพการสึกหรอของผิวหน้าลูกสูบ ก่อนและหลังการทดสอบ เนื่องจากลูกสูบนี้นี้มีความสูงเกินจากระยะโฟกัสของกล้อง จึงต้องทำการตัดเฉพาะส่วนบนของลูกสูบสำหรับใช้ในการส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (optical microscope) ซึ่งกล้องชนิดดังกล่าวสามารถให้กำลังขยายได้สูงประมาณ 5 ถึง 100 เท่า ขึ้นอยู่กับเลนส์ใกล้วัตถุ และระยะโฟกัสของเลนส์

3.4 เครื่องมือวัดความขรุขระของผิวหน้าสัมผัส (Surface roughness tester) ยี่ห้อ Mitutoyo รุ่น SJ-201 โดยมีข้อมูลทางเทคนิคดังตารางที่ 7



ภาพที่ 39 เครื่องมือวัดความขรุขระของผิวหน้าสัมผัส ยี่ห้อ Mitutoyo รุ่น SJ-201

ตารางที่ 7 ข้อมูลทางเทคนิคของเครื่องมือวัดความขรุขระของผิวหน้าสัมผัส ยี่ห้อ Mitutoyo รุ่น SJ-201

X-axis (drive unit)	Details
Measuring range	12.5 mm
Measuring speed	0.25, 0.5mm/s
Range	350 μm (-200 μm to +150 μm)
Detecting method	Skid measurement
Measuring force	4mN or 0.75mN (low force type)
Stylus tip	Diamond 90°

ที่มา: Mitutoyo SJ-201 service manual (2007)

3.5 เครื่องวิเคราะห์ปริมาณธาตุ Energy Dispersive X-ray Spectrometer (EDS)



ภาพที่ 40 เครื่องวิเคราะห์ปริมาณธาตุ Energy Dispersive X-ray Spectrometer (EDS)

เป็นเครื่องมือวิเคราะห์หาปริมาณธาตุได้ทั้งเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ สามารถทดสอบชิ้นงานที่เป็นของแข็ง ของเหลว หรือเป็นผงได้ ในระดับหน่วยการวัดเป็น % หรือ ppm โดยใช้หลักการยิงรังสี X – Ray ไปยังชิ้นงานตัวอย่าง และวัดระดับการ กระจ่ายพลังงาน (Energy Dispersive) ที่สะท้อนออกมาในรูป X-Ray Fluorescence จะทำให้ทราบถึงจำนวนธาตุพร้อมปริมาณของธาตุดังกล่าว

3.6 เครื่องวัดปริมาณก๊าซไอเสีย (Gas Analyzer) ยี่ห้อ Sun รุ่น MGA1200



ภาพที่ 41 เครื่องวัดปริมาณก๊าซไอเสีย (Gas Analyzer) ยี่ห้อ Sun รุ่น MGA1200

ใช้ในการวัดค่าไอเสียประเภท CO โดยให้ค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ มีช่วงการวัดค่าที่ 0-10% ค่า CO₂ มีช่วงการวัดค่าที่ 0-10% และ HC เป็นหน่วย ppm ช่วงการวัด 0-20,000 ppm และ O₂ ที่ 0-21% ค่าอัตราน้ำมันต่ออากาศ (Air Fuel Ratio, A/F) ตลอดจนค่าความเร็วรอบเครื่องยนต์และอุณหภูมิไอเสียเป็นองศาเซลเซียส

3.7 เครื่องวัดอุณหภูมิแบบอินฟราเรด (Infrared Thermometer)



ภาพที่ 42 เครื่องวัดอุณหภูมิแบบอินฟราเรด ยี่ห้อ Digicon รุ่น DP-88

เครื่องวัดอุณหภูมิแบบอินฟราเรด (Infrared Thermometer) ยี่ห้อ Digicon รุ่น DP-88 โดยมีย่านการวัดอุณหภูมิ -20°C ถึง 500°C (-4 ถึง +932 องศา F) จอ LCD 4 หลัก พร้อม Back light, ความละเอียด 0.5 อัตราส่วนระยะทางต่อขนาดวัตถุ 8:1 เหมาะสำหรับงานที่ต้องการวัดอุณหภูมิโดยไม่มีการสัมผัส ใช้ในการเปรียบเทียบอุณหภูมิไอเสีย และอุณหภูมิเครื่องยนต์กับไดนาโมมิเตอร์ขณะทำการทดสอบ

วิธีการ

1. การทดสอบคุณสมบัติ และจัดเตรียมเชื้อเพลิงสำหรับการทดสอบ

การทดสอบคุณสมบัติสำหรับการทดสอบจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การทดสอบคุณสมบัติของน้ำมันผสมเบนซิน-สบูดำ เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน และการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติขณะทำการเก็บรักษา

เพื่อให้การทดสอบเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ เชื้อเพลิงที่ใช้ในการจึงเลือกมาจากแหล่งผลิตเดียวกัน เพื่อให้คุณสมบัติของเชื้อเพลิงและสารหล่อลื่นมีคุณสมบัติเดียวกันตลอดการทดสอบ โดยใช้น้ำมันเบนซินออกเทน 91 ของการปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย (ปตท.) ป้อน้ำมันเชื้อเพลิงภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และน้ำมันสบูดำที่ทำการสกัดและทำการกำจัดสิ่งเจือปนเบื้องต้น (ข้อมูลดังภาคผนวก ก.) จากห้องปฏิบัติการภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และเมื่อนำมาผสมกันจะใช้สัญลักษณ์ดังแสดงในตารางที่ 4 และสำหรับน้ำมันหล่อลื่นจะใช้น้ำมันหล่อลื่นมาตรฐาน JASO ซึ่งได้รับรองจากผู้ผลิตยี่ห้อ Honda ชนิด 4T, MA-40 (SAE-40)

ตารางที่ 8 สัญลักษณ์ของเชื้อเพลิงผสมที่ใช้ในการทดสอบ

เชื้อเพลิงผสม (โดยปริมาตร)	สัญลักษณ์ที่ใช้ในการทดสอบ
น้ำมันเบนซิน 91	G100
น้ำมันเบนซิน 91 ผสมน้ำมันสบูดำ 5 เปอร์เซ็นต์	J5
น้ำมันเบนซิน 91 ผสมน้ำมันสบูดำ 10 เปอร์เซ็นต์	J10

1.1 ทำการวิเคราะห์คุณสมบัติของเชื้อเพลิงทั้ง 3 ตัวอย่าง ตามมาตรฐาน ดังนี้

- 1.1.1 วิเคราะห์ค่าความหนาแน่นของน้ำมัน (ASTM D1298)
- 1.1.2 วิเคราะห์ค่าความเป็นกรดของน้ำมัน (Acid Value) (ASTM D664)
- 1.1.3 วิเคราะห์ค่าความหนืดของน้ำมัน (Viscosity at 40°C) (ASTM D445)
- 1.1.4 วิเคราะห์ค่าการกลั่น (Distillation) (ASTM D86-05)
- 1.1.5 วิเคราะห์ค่าออกเทน RON (Research Octane Number) (ASTM D2699)
- 1.1.6 วิเคราะห์ค่าออกเทน MON (Motor Octane Number) (ASTM D2700)

1.2 ทำการวิเคราะห์ค่าความเปลี่ยนแปลงความหนืด และกรดในน้ำมันผสมเบนซิน-สบู่ดำ โดยวิธีการเก็บรักษาในอุณหภูมิห้อง ทำการสุ่มตัวอย่างเพื่อทดสอบค่ากรด (Acid Value) และค่าความหนืด (Viscosity) ที่เปลี่ยนแปลงไป โดยทำการทดสอบทั้งสิ้น 10 สัปดาห์

2. การทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์

เพื่อให้การทดสอบเปรียบเทียบมีความใกล้เคียงความเป็นจริงที่สุด จึงทำการเปลี่ยนลูกสูบ และหัวเทียน พร้อมทั้งน้ำมันหล่อลื่นใหม่ ก่อนการทดสอบน้ำมันตัวอย่างแต่ละประเภท และเมื่อสิ้นสุดการทดสอบน้ำมันทดสอบแต่ละชนิด จึงนำชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ดังกล่าวไปทดสอบความสึกหรอที่เกิดขึ้นกับเครื่องยนต์

ในการทดสอบสมรรถนะ เพื่อให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน จึงได้นำรถทดสอบไปทำการทดสอบ โดยใช้เครื่องมือวัดสมรรถนะจาก ห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษจากยานพาหนะ กรมควบคุมมลพิษ ทำการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์บนแท่นทดสอบเครื่องยนต์ (Chassis Dynamometer) ด้วยการควบคุมให้ภาระงานเท่ากัน เพื่อเปรียบเทียบกำลังของเครื่องยนต์ (Power) แรงบิดของเครื่องยนต์ (Torque) อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง และค่ามลพิษที่ความเร็วรอบต่าง ๆ ระหว่างน้ำมันเบนซินมาตรฐาน (ออกเทน 91) และน้ำมันผสมเบนซิน-สบู่ดำ อัตราส่วน 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ โดยมีขั้นตอนดังนี้

2.1 ก่อนการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์บนแท่นทดสอบ ทำการเตรียมรถก่อนทดสอบโดยการวิ่งบนท้องถนนจริงกับน้ำมันตัวอย่าง เป็นระยะทาง 1,000 กิโลเมตร โดยตรวจเช็คอาการขับขี่และสภาพอุปกรณ์โดยสรุปที่ระยะทาง 100, 200, 500, 800 และ 1,000 กิโลเมตร

2.2 ทำการทดสอบสมรรถนะพร้อมกับมลพิษ และอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง บนแท่นทดสอบ (Chassis Dynamometer) ให้รถจักรยานยนต์เดินเบาเป็นเวลา 40 วินาที โดยให้อุณหภูมิทำงานคงที่แล้วจึงทำการทดสอบ ทำการเร่งเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบต่าง ๆ บันทึกข้อมูลที่ได้

2.3 ทำการทดสอบหาค่ามลพิษ และอัตราสิ้นเปลือง โดยใช้รูปแบบการจำลองการขับขี่ตามวัฏจักรทดสอบแบบกรุงเทพมหานคร (Bangkok Driving Cycle) ดังรายละเอียดรูปแบบภาคผนวก ง.

2.4 นำผลการทดลองที่ได้ไปคำนวณหากำลัง (Power) แรงบิด (Torque) และอัตราการสิ้นเปลือง (Fuel Consumption) มลพิษจากเครื่องยนต์ พร้อมทั้งทำการเปรียบเทียบและวิเคราะห์ผลการทดสอบ ตัวอย่างน้ำมันผสม กับน้ำมันเบนซินมาตรฐาน

3. การวิเคราะห์ผลกระทบและการสึกหรอที่เกิดขึ้นกับเครื่องยนต์

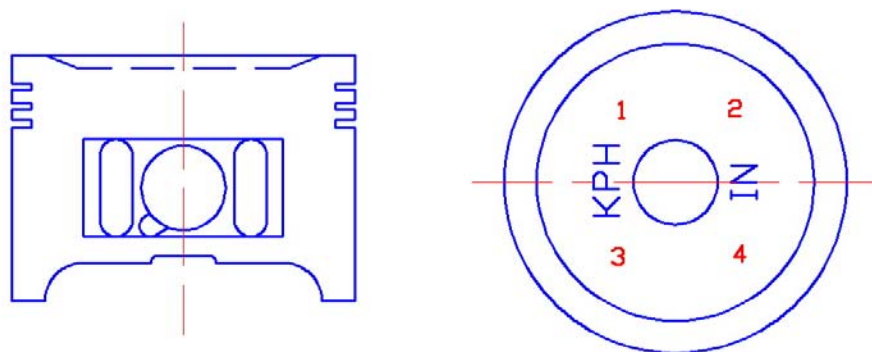
ในการวิเคราะห์ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการใช้งานเครื่องยนต์ภายหลังการทดสอบ โดยใช้การประยุกต์ใช้ศาสตร์ด้านไทรโบโลยี (Tribology) ในการวิเคราะห์สภาพลูกสูบ และหัวเทียน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อได้ทราบว่าน้ำมันผสมดังกล่าวให้ผลกระทบกับเครื่องยนต์อย่างไร จึงได้ทำการแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 กลุ่มหลักด้วยกัน คือ ส่วนผลกระทบจากการเผาไหม้ด้านเขม่าที่ตกค้างภายในเครื่องยนต์ และ การทดสอบความสึกหรอของลูกสูบหลังจากผ่านการใช้งาน โดยมีรายละเอียดการทดสอบ ดังนี้

3.1 การวิเคราะห์เขม่าตกค้างภายในเครื่องยนต์

จากการทดสอบที่สถานะการใช้งานจริงเป็นระยะทาง 1,000 กิโลเมตร และการทดสอบในห้องปฏิบัติการบนแท่นทดสอบ Chassis Dynamometer แล้วจึงทำการตรวจสอบความสึกหรอ โดยสังเกตลักษณะการเปลี่ยนแปลง โดยใช้วิธีการทดสอบ 3 วิธีด้วยกัน คือ

3.1.1 วิธีการวิเคราะห์สภาพชิ้นส่วนโดยใช้ภาพถ่ายเปรียบเทียบ (Visual Quality Analysis) โดยการใช้กล้องดิจิทัล (Digital Camera) ในการถ่ายภาพลูกสูบแล้วนำมาเปรียบเทียบด้วยวิเคราะห์ด้วยตาเปล่า (Optical Analysis) โดยทำการปรับตั้งค่าความไวแสง (White Balance) ความเร็วชัตเตอร์ (Shutter Speed) และจำลองสถานะให้มีความใกล้เคียงกันมากที่สุด

3.1.2 วิธีการวิเคราะห์ปริมาณธาตุจากเขม่าที่เกิดขึ้นบนผิวหน้าลูกสูบและห้องเผาไหม้ด้วยเครื่อง Energy Dispersive X-ray Spectrometer (EDS) เมื่อทำการทดสอบเป็นที่เรียบร้อยแล้วจะนำเขม่าที่ติดเคลือบอยู่บนผิวหน้าลูกสูบ และหัวเทียน ไปทำการวิเคราะห์ธาตุในเขม่าดังกล่าวเพื่อให้ทราบถึงสารตกค้างภายในห้องเผาไหม้เครื่องยนต์ โดยวิธีการขูดคราบเขม่าตกค้างจากบริเวณตำแหน่งด้านบนของลูกสูบ โดยกำหนดจุดดังกล่าวได้ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่าง ดังแสดงในภาพที่ 43



ภาพที่ 43 แสดงตำแหน่งที่ทำการเก็บตัวอย่างคราบเขม่าบนลูกสูบ

เพื่อวิเคราะห์ว่าปริมาณธาตุใดในน้ำมันทดสอบที่ส่งผลให้เกิดคราบเขม่าตกค้าง จึงได้ส่งตัวอย่างคราบเขม่าไปวิเคราะห์ถึงปริมาณธาตุตกค้าง โดยใช้เครื่องมือ EDS หรือ Energy Dispersive X-ray Spectrometer ณ ห้องปฏิบัติการฝ่ายนวัตกรรมวัสดุ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

3.1.3 วิธีการทดสอบประสิทธิภาพหัวเทียนหลังจากผ่านการใช้งาน (Sparking Test) โดยนำหัวเทียนที่ผ่านการใช้งานกับน้ำมันตัวอย่างแต่ละชนิด มาตรวจสอบโดยใช้เครื่องมือวัดการจุดติดไฟของหัวเทียน ทำการวัดค่าความต้านทานของหัวเทียน ณ บริษัทผู้ผลิต (บริษัท สยามเอ็นจิเนสปาร์ตปลั๊ก จำกัด) เปรียบเทียบการใช้งานกับการใช้น้ำมันเบนซินมาตรฐาน

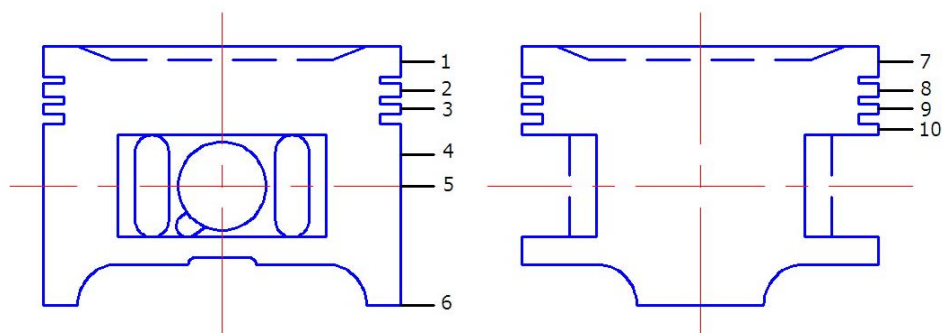
3.2 การวิเคราะห์ความสึกหรอที่เกิดขึ้นกับลูกสูบ

ในด้านการวิเคราะห์ความสึกหรอ ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์เฉพาะส่วนความสึกหรอที่เกิดขึ้นกับลูกสูบเท่านั้น โดยการศึกษาจะแบ่งรูปแบบการวิเคราะห์ออกเป็น 3 รูปแบบด้วยกัน ดังนี้

3.2.1 การวิเคราะห์ขนาดของลูกสูบด้วยเครื่องมือวัดละเอียด

การวิเคราะห์ขนาดของลูกสูบด้วยวิธีดังกล่าวมีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการทราบถึงความเปลี่ยนแปลงในทางกายภาพ หรือขนาดที่เปลี่ยนแปลงไปภายหลังการใช้งาน โดยใช้เวอร์เนียดิจิทัล (Vernier Digital) ขนาด 0-150 mm ค่าความละเอียด 0.01 mm ในการการวัด โดยทำการกำหนดจุดในการวัดออกเป็น 10 จุด ดังแสดงในภาพที่ 44 แล้วทำการเปรียบเทียบผลการทดสอบ

ด้วยกระบวนการทางสถิติแบบ T-Test ด้วยโปรแกรม SPSS เพื่อวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนที่เกิดขึ้น



ภาพที่ 44 แสดงตำแหน่งในการวัดขนาดที่เปลี่ยนแปลงของลูกสูบ

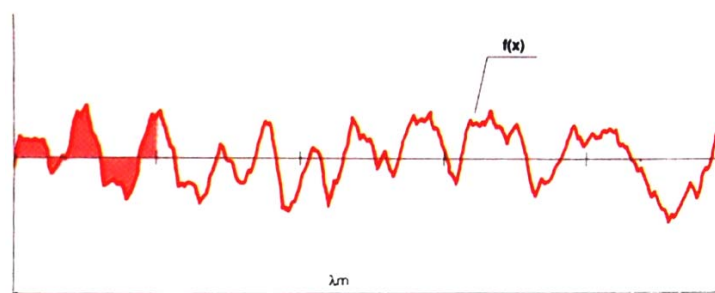
3.2.2 การวิเคราะห์สภาพผิวหน้าของลูกสูบโดยวิธีวัดค่าความขรุขระของผิวหน้า (Surface Roughness Tester)

ทำการวัดค่าความขรุขระของผิวหน้าลูกสูบซึ่งเป็นชิ้นส่วนที่รับแรงอัดจากการเผาไหม้โดยตรง โดยใช้เครื่องมือวัดความขรุขระของผิวหน้าสัมผัส (Surface Roughness Tester) ทำการทดสอบโดยการเปรียบเทียบลูกสูบที่ใช้งานแล้วกับลูกสูบที่ยังไม่ได้ผ่านการใช้งานในการทดสอบจะทำการทดสอบบนโต๊ะระดับ ทำการ Calibrate เครื่องมือก่อนการทดสอบและตั้งค่า Cutoff Length ที่ 0.8 mm. โดยแสดงค่าความขรุขระออกมาเป็น ค่า Roughness Average of R-curve (Ra) ดังแสดงในภาพที่ 45



ภาพที่ 45 แสดงการวัดค่าความขรุขระของพื้นผิวด้วยเครื่อง Surface Roughness Tester

Ra - Roughness Average of the R-curve



Ra is the arithmetic mean of the departures of the roughness profile from the mean line within the evaluation length.

ภาพที่ 46 แสดงการค่าเฉลี่ยความขรุขระของพื้นผิว Roughness Average of R-curve (Ra)

3.2.3 การวิเคราะห์สภาพผิวหน้าของลูกสูบเฉพาะตำแหน่งด้วยตาเปล่า (Visual Quality Analysis) โดยใช้การถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบแสง (Optical Microscope) ทำการวิเคราะห์โดยการกำหนดกำลังขยายของกล้องที่ 200 เท่า และนำภาพดังกล่าวมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการเปรียบเทียบก่อนและหลังการใช้งาน

ผลและวิจารณ์

ผลการทดสอบน้ำมันเชื้อเพลิง

1. ผลการทดสอบคุณสมบัติน้ำมันสบู่ดำและน้ำมันผสมเบนซิน-สบู่ดำ

ในการทดสอบคุณสมบัติเพื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานน้ำมันดีเซล (ASTM D975) มาตรฐานไบโอดีเซล (ASTM D6751) และมาตรฐาน Rapeseed Oil (Jatropha Handbook, 2006) จึงได้นำน้ำมันสบู่ดำที่ทำการการสกัด และผ่านการกรองด้วยเครื่องกรองขนาด 3 ไมครอน ดังแสดงรายละเอียดไว้ในภาคผนวก ก. ทำการทดสอบคุณสมบัติการเป็นเชื้อเพลิงตามมาตรฐานการทดสอบเชื้อเพลิง ณ สถาบันวิจัย บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) และกรมธุรกิจพลังงาน ได้สรุปผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติของน้ำมันสบู่ดำมาตรฐาน Rapeseed Oil และน้ำมันดีเซล

Properties/Contents	Method	Unit	Rapeseed Oil ^[1]	น้ำมันดีเซล ASTM D975	ไบโอดีเซล ASTM D6751	น้ำมันสบู่ดำ
Density	ASTM D4052	kg/m ³	900-930	810-870	860-900	918.6
Flash point	ASTM D93	°C	220	>52	120	240
Sulphated ash	ASTM D874	%	0.01	-	0.02	0.64
Acid Value	ASTM D664	mg KOH/g	2.0	-	0.8	0.45
Kinematic viscosity	ASTM D445	cSt	38	1.8-4.1	1.9-8.0	43.00
Sulphur Content	ASTM D2622	%	0.2	<0.05	0.0015	0.13
Phosphorus Cont.	ASTM D3231	mg/kg	15	-	-	-
Cetane	ASTM D613	-	-	>47	47	54

หมายเหตุ ^[1] <http://www.fact-fuels.org>, 2006. Jatropha Handbook, First Draft.

เมื่อกล่าวถึงคุณสมบัติของน้ำมันสบูดำในด้านการเป็นเชื้อเพลิงแบบดีเซล เมื่อทำการเปรียบเทียบกับมาตรฐานทั้ง 3 ชนิด พบว่าน้ำมันสบูดำมีความหนืดที่สูงกว่ามาตรฐานมาก เมื่อนำมา เป็นเชื้อเพลิงโดยไม่ปรับปรุงคุณสมบัติอาจทำให้การเผาไหม้เป็นไปได้ช้ากว่า เนื่องจากมีละออง น้ำมันที่ใหญ่กว่าน้ำมันมาตรฐานทั้ง 3 ชนิด ปริมาณเถ้า (Sulphated ash) ที่สูงอาจมีผลทำให้หัวฉีด และห้องเผาไหม้สกปรก ทั้งยังส่งผลให้เกิดเขม่าและยางเหนียวตกค้างจากการใช้งานมากกว่าการใช้ น้ำมันดีเซล

ส่วนคุณสมบัติที่ดี คือ น้ำมันสบูดำมีความหนาแน่นของน้ำมันใกล้เคียงน้ำมันดีเซล และไบ โอดีเซล ส่งผลให้ได้พลังงานใกล้เคียงกันในปริมาณน้ำมันเท่ากัน ค่าจุดวาบไฟ (Flash Point) ที่สูง ทำให้มีความปลอดภัยในการเก็บรักษา มีคุณสมบัติในการหล่อลื่นที่ดีช่วยลดการสึกหรอของปั๊ม หัวฉีด มีค่าซีเทน (Cetane) ที่สูงทำให้เครื่องยนต์เดินเรียบกว่าน้ำมันดีเซล

ด้านการผสมกับน้ำมันเบนซิน เมื่อนำน้ำมันสบูดำมาทำการผสมกับน้ำมันเบนซิน พบว่า น้ำมันสบูดำสามารถผสมกันกับน้ำมันเบนซิน (G100) ได้เป็นอย่างดี โดยไม่มีการแยกชั้นหรือ ตกตะกอนแต่อย่างใด เมื่อทำการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำมันผสม 2 อัตราส่วน คือ น้ำมันผสม เบนซิน-สบูดำ 5 เปอร์เซ็นต์ (J5) และ น้ำมันผสมเบนซิน-สบูดำ 10 เปอร์เซ็นต์ (J10) และน้ำมัน เบนซินออกเทน 91 (G100) ดังแสดงในตารางที่ 12 จะเห็นได้ว่าน้ำมันผสมทั้งสองชนิดมีค่า คุณสมบัติแตกต่างจากน้ำมันเบนซินออกเทน 91 (G100) เพียงเล็กน้อย และยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ของน้ำมันตามที่กรมธุรกิจพลังงานกำหนด

ตารางที่ 10 ผลการทดสอบคุณสมบัติของน้ำมันผสมเบนซิน-สบูดำ

Test Item	Sample				
	Method (ASTM)	Standard ¹	G100	J5	J10
Acid Value	-	-	0.31%	0.42%	0.68%
Viscosity	D445	-	0.61 cSt	0.68 cSt	0.75 cSt
Density vis(700)	D4052	-	0.7429	0.7466	0.7566
API @60F	D4052	-	58.9	56.82	54.35
SG API @60F	D4052	-	0.7432	0.7514	0.7613
Sulphur	D4294	0.05 %wt	0.02 %wt	0.01 %wt	0.01 %wt
Vapour Pressure	D4953	≤ 62 kPa	57 kPa	62.4 kPa	60.5 kPa

ตารางที่ 10 (ต่อ)

Test Item	Sample				
	Method (ASTM)	Standard ^[1]	G100	J5	J10
Distillation	D86				
IBP		-	35.9 °C	34.7 °C	35.7 °C
10% Evaporated		70 °C	55 °C	55.5 °C	51.9 °C
50% Evaporated		70-110 °C	90 °C	94.5 °C	92.1 °C
90% Evaporated		170 °C	155 °C	170.0 °C	172.9 °C
End Point		200 °C	188 °C	198.2 °C	331.4 °C
Residue		-	0.8 %Vol	5 %Vol	1 %Vol
Oxygenated Additive	D4953	≤ 11 %vol	2 %vol	0.51 %vol	2.49 %vol
Aromatics	D5580	≤ 38 %vol	31 %vol	-	-
Benzene	D5580	≤ 3.8 %vol	1.9 %vol	-	-
Water	E203	≤ 0.7 %wt	0.0 %wt	0.03 %wt	0.03 %wt
Research Method (RON)	D2699	90.6	91.0	90.6	89.2
Motor Method (MON)	D2700	79.6	82	82	81

หมายเหตุ ^[1] = ข้อกำหนดประกาศกรมธุรกิจพลังงาน เรื่อง กำหนดลักษณะและคุณภาพของ
น้ำมันเบนซินพื้นฐาน พ.ศ. 2551

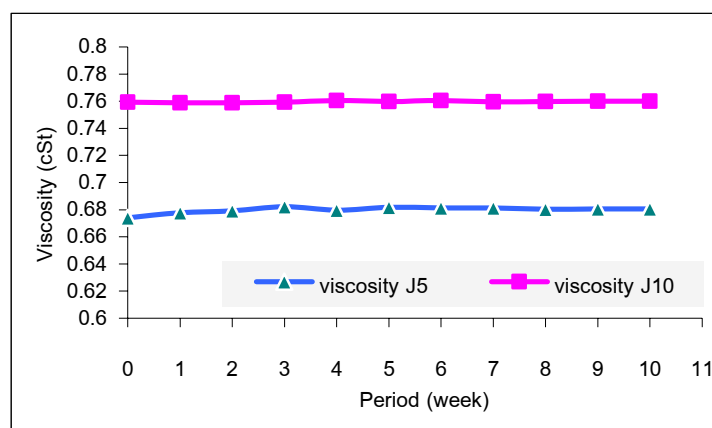
2. การวิเคราะห์เสถียรภาพด้านการรักษาคุณสมบัติของน้ำมัน

ผลการทดสอบเสถียรภาพด้านความหนืด (Viscosity) ของน้ำมันผสมเบนซิน-สบูดำ เมื่อทำการเก็บรักษาน้ำมันไว้ในที่อุณหภูมิห้อง แล้วทำการวัดค่าความหนืดที่เปลี่ยนแปลงเป็นเวลา 10 สัปดาห์ ได้ผลการทดสอบดังนี้

ตารางที่ 11 ผลการวิเคราะห์ค่าความหนืด (Viscosity) ของน้ำมันผสมเบนซิน-สบูดำ

สัปดาห์ที่ทดสอบ	ค่าความหนืด (cSt)	
	J5	J10
เริ่มต้น	0.6740	0.7593
1	0.6778	0.7588
2	0.6792	0.7589
3	0.6822	0.7593
4	0.6796	0.7606
5	0.6818	0.7598
6	0.6813	0.7605
7	0.6813	0.7596
8	0.6805	0.7599
9	0.6805	0.7600
10	0.6805	0.7600

จากการวิเคราะห์อัตราการเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดเมื่อทำการเก็บรักษาเป็นเวลา 10 สัปดาห์ ของน้ำมันผสมเบนซิน-สบูดำ 5 เปอร์เซ็นต์ (J5) และน้ำมันผสมเบนซิน-สบูดำ 10 เปอร์เซ็นต์ (J10) พบว่าน้ำมันที่ทำการผสมน้ำมันสบูดำมีค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของความหนืดในเกณฑ์ต่ำ โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.6799 cSt. และ 0.7597 cSt. ตามลำดับ ดังแนวโน้มปรากฏดังภาพที่ 47



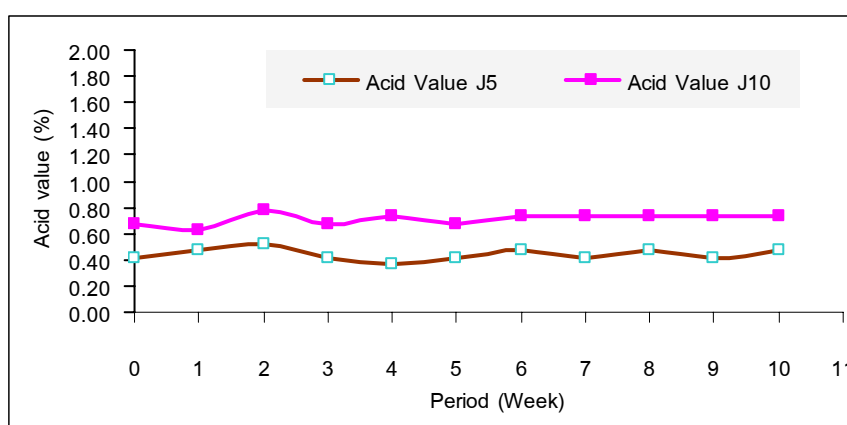
ภาพที่ 47 การเปรียบเทียบอัตราการเปลี่ยนแปลงความหนืด (Viscosity) ของน้ำมันผสมเบนซิน-สบูดำ 5 เปอร์เซ็นต์ กับน้ำมันสบูดำเบนซิน 10 เปอร์เซ็นต์

เมื่อทำการเปรียบเทียบอัตราการเปลี่ยนแปลงของน้ำมันผสมทั้งสองชนิดพบว่าน้ำมันดังกล่าวมีค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงความหนืดในเกณฑ์ต่ำ มีเสถียรภาพสูงในการเก็บรักษา และสามารถคงสภาพคุณสมบัติได้นานระดับหนึ่ง หรือแทบไม่ปรากฏการเปลี่ยนแปลง เมื่อนำเส้นแนวโน้มของการทดสอบน้ำมันผสมมาเปรียบเทียบกับพบว่ามีค่าความแตกต่างของค่าความหนืดระหว่างน้ำมัน J5 และ J10 ประมาณ 8.16 เปอร์เซ็นต์

ผลการทดสอบเสถียรภาพความเป็นกรด (Acid Value) ของน้ำมันผสมเบนซิน-สบูดำ พบว่า เมื่อทำการทดสอบอัตราการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดของน้ำมันในเวลาที่เปลี่ยนแปลงไปมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงอยู่ในเกณฑ์ต่ำหรือแทบไม่ปรากฏการเปลี่ยนแปลง แต่ในขณะที่ส่วนผสมของน้ำมันสบูดำเพิ่มขึ้นอัตราส่วนของค่าความเป็นกรดจะเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนการผสม ดังแสดงในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ค่ากรด (Acid Value) ที่อัตราส่วนผสมต่าง ๆ

น้ำมันตัวอย่าง	Acid Value (เปอร์เซ็นต์)
น้ำมันสบูดำ	4.42
น้ำมันเบนซินผสมสบูดำ 95:5	0.42
น้ำมันเบนซินผสมสบูดำ 90:10	0.68
น้ำมันเบนซินผสมสบูดำ 80:20	0.73
น้ำมันเบนซินผสมสบูดำ 70:30	0.83



ภาพที่ 48 การเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงกรด (Acid Value) ของน้ำมันผสมเบนซิน-สบูดำ 5 เปอร์เซ็นต์ กับน้ำมันสบูดำเบนซิน 10 เปอร์เซ็นต์

จากการศึกษาดังกล่าวพบว่าเมื่อทำการผสมน้ำมันสบู่มากขึ้นจะส่งผลทำให้ค่าความหนืดและความเป็นกรดของน้ำมันเพิ่มขึ้น รวมทั้งค่าคุณสมบัติที่สำคัญของน้ำมันเบนซินเปลี่ยนแปลงไปจากข้อกำหนดมาตรฐาน จากเหตุผลดังกล่าวทำให้เครื่องยนต์มีอาการสตาร์ทติดยากเนื่องจากความหนืดของน้ำมันที่เพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพในการจุดระเบิดที่ลดลงจากปริมาณเขม่าคาร์บอนจากน้ำมันสบู่มาก ความสึกหรอที่เพิ่มสูงขึ้นจากปริมาณกรดในน้ำมันที่เพิ่มขึ้น และอาจเกิดผลกระทบต่อเครื่องยนต์ในระยะยาว

คุณสมบัติข้อดี คือ น้ำมันสบู่มากที่ผสมเข้าไปทำให้ความหนาแน่นของน้ำมันเพิ่มขึ้น ทำให้กำลังของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น น้ำมันมีคุณสมบัติการหล่อลื่นที่ดีขึ้นทำให้เครื่องยนต์เดินเรียบและเงียบขึ้นอย่างชัดเจน

ผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์

1. ลักษณะอาการขับขี่ของรถจักรยานยนต์ทดสอบ

1.1 ลักษณะและอาการขับขี่รถจักรยานยนต์ทดสอบระบบฉีดจ่ายน้ำมันระบบคาร์บูเรเตอร์

จากการสังเกตลักษณะการทำงานของเครื่องยนต์ เมื่อทำการทดสอบกับรถจักรยานยนต์ทดสอบรุ่น Honda wave ความจุกระบอกสูบ 125 ซีซี ระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์ โดยใช้น้ำมันผสมเบนซินสบู่มาก 5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ในการทดสอบการใช้งานเบื้องต้น 1,000 กิโลเมตรพบว่า

1.1.1 เครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันผสมทั้งสองชนิด เมื่อติดเครื่องยนต์มีอาการเดินเรียบ โดยเฉพาะน้ำมันผสม 10 เปอร์เซ็นต์ เครื่องยนต์เดินเรียบและเงียบกว่าปกติ ไม่พบอาการผิดปกติ อาการสะดุดของเครื่องยนต์แต่อย่างใด

1.1.2 น้ำมันผสมทั้ง 2 ชนิด ให้ลักษณะการขับขี่ ความรู้สึก และการตอบสนองในการขับขี่ใกล้เคียงการใช้น้ำมันเบนซิน โดยไม่สามารถรู้สึกได้ถึงกำลังของเครื่องยนต์ที่เปลี่ยนแปลง

1.1.3 ด้านอัตราเร่งทั้งในช่วงรอบต่ำและรอบสูง สามารถเร่งจากรอบต่ำไปรอบสูงได้อย่างราบเรียบ ไม่พบอาการสะดุดต่ำลึก และอาการเครื่องยนต์อืดแต่อย่างใด

1.1.4 ลักษณะของควันไอเสียที่เกิดจากการใช้งานมีกลิ่นเหม็นฉุน ลักษณะคล้ายการเผาไหม้ของน้ำมันพืช มีเขม่าติดบริเวณปลายท่อไอเสียมากกว่าการใช้น้ำมันเบนซินมาตรฐานเล็กน้อย

1.1.5 ในการขับจี้โดยทั่วไปในระยะเวลาหนึ่ง พบว่าเครื่องยนต์มีอาการสตาร์ทติดยากกว่าปกติ โดยเฉพาะน้ำมันผสม 10 เปอร์เซ็นต์ พบอาการสตาร์ทติดยากของเครื่องยนต์ในช่วงเวลาเครื่องยนต์เย็น เมื่อติดเครื่องยนต์แล้วไม่พบปัญหาารุนแรงใด ๆ โดยสามารถทำการทดสอบครบระยะทางที่กำหนด 1,000 กิโลเมตร

1.2 ลักษณะและอาการขับจี้รถจักรยานยนต์ทดสอบระบบฉีดจ่ายน้ำมันระบบหัวฉีด

จากการสังเกตลักษณะการทำงานของเครื่องยนต์ เมื่อนำน้ำมันผสมมาทำการทดสอบกับรถจักรยานยนต์ทดสอบรุ่น Honda wave ความจุกระบอกสูบ 125 ซีซี ระบบจ่ายเชื้อเพลิงแบบหัวฉีด โดยใช้น้ำมัน J5 และ J10 ในการทดสอบการใช้งานเบื้องต้น 1,000 กิโลเมตรพบว่า

1.2.1 เครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันผสมทั้ง 2 ชนิด (J5 และ J10) เมื่อติดเครื่องยนต์มีอาการเดินเรียบกว่าปกติเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้น้ำมันเบนซิน G100 ไม่พบอาการสะดุดของเครื่องยนต์ขณะเดินเบาแต่อย่างใด ความรู้สึกและการตอบสนองในการขับจี้ใกล้เคียงการใช้น้ำมันเบนซิน โดยไม่สามารถรู้สึกได้ถึงกำลังของเครื่องยนต์ที่เปลี่ยนแปลง

1.2.2 ลักษณะการขับจี้ด้านอัตราเร่งทั้งในช่วงรอบต่ำและรอบสูง มีความราบเรียบ ไม่พบอาการสะดุดสำคัญ และพบอาการเครื่องยนต์อืดและตื้อบ้างในช่วงรอบเครื่องยนต์สูง

1.2.3 ลักษณะของควันไอเสียที่เกิดจากการใช้งานมีกลิ่นเหม็นฉุน ลักษณะคล้ายการเผาไหม้ของน้ำมันพืช และพบเขม่าบริเวณปลายท่อไอเสียมากกว่าปกติเล็กน้อย

1.2.4 ในการขับจี้โดยทั่วไปในระยะเวลาหนึ่ง พบว่าเครื่องยนต์มีอาการสตาร์ทติดยากกว่าปกติ เมื่อทำการตรวจสอบพบว่าบริเวณหัวเทียนมีคราบเขม่าเกาะอยู่ในปริมาณมากกว่าการใช้งานกับน้ำมันเบนซิน G100 แต่ไม่พบปัญหาารุนแรงใด ๆ ในการทดสอบ โดยสามารถทำการทดสอบครบระยะทางที่กำหนด 1,000 กิโลเมตร

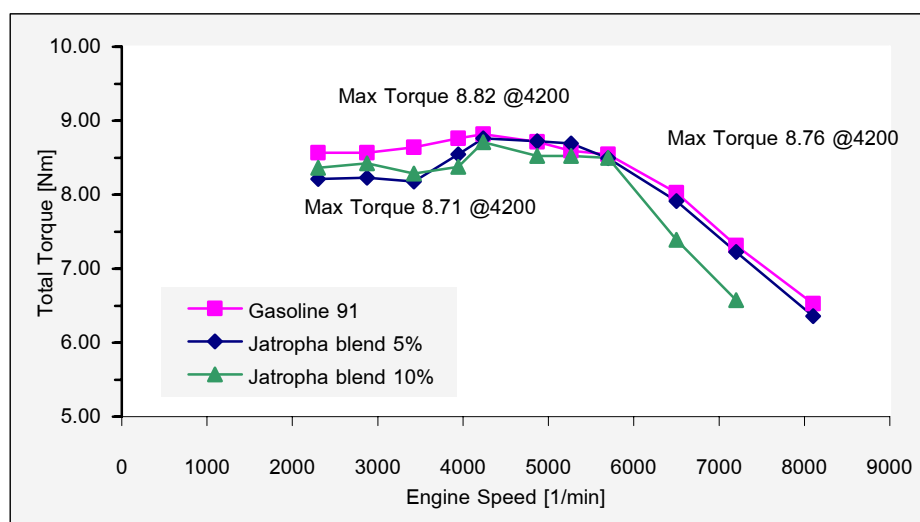
1.2.5 ไม่พบอาการผิดปกติของระบบระบบควบคุมอิเล็กทรอนิกส์ (ECM) ในทุก ๆ ระบบของเครื่องยนต์ ระบบวินิจฉัยข้อขัดข้องของเครื่องยนต์ไม่ปรากฏความผิดปกติใด ๆ โดยเครื่องยนต์สามารถทำงานได้อย่างเป็นปกติทุกระบบการทำงาน

2. ผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์

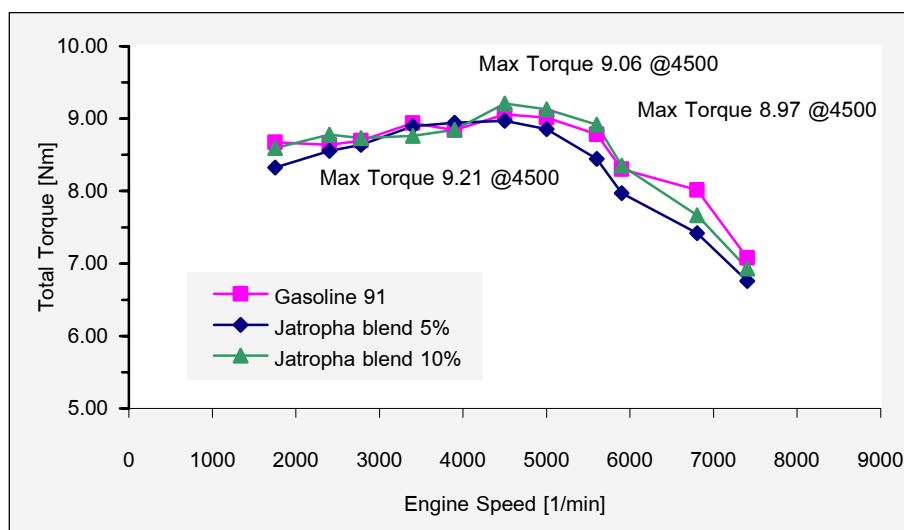
เมื่อทำการทดสอบครบ 1,000 กิโลเมตร จึงนำรถทดสอบมาทำการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ บนแท่นทดสอบ Chassis Dynamometer ได้ผลการทดสอบดังนี้

2.1 ผลการทดสอบแรงบิดของเครื่องยนต์

จากผลการทดสอบเมื่อทำการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์รถจักรยานยนต์แบบคาร์บูเรเตอร์ ณ ห้องปฏิบัติการตรวจวัดมลพิษจากยานพาหนะ กรมควบคุมมลพิษ เมื่อพิจารณากราฟแสดงความสัมพันธ์จะเห็นได้ว่า ในเครื่องยนต์แบบคาร์บูเรเตอร์ น้ำมันผสมดังกล่าวจะให้ความแตกต่างของแรงบิดอย่างเด่นชัดในช่วงรอบเครื่องยนต์ 5,800 rpm ขึ้นไป โดยแรงบิดของเครื่องยนต์ขณะที่ใช้ น้ำมันเบนซิน 91 (G100) ให้ค่าแรงบิดสูงสุดที่ 8.82 N.m ที่รอบเครื่องยนต์ 4,200 rpm และเมื่อใช้น้ำมันสบู้น้ำมันผสมกับน้ำมันเบนซิน 5 เปอร์เซ็นต์ (J5) ค่าแรงบิดของเครื่องยนต์จะมีค่า 8.76 นิวตันเมตร และเมื่อใช้น้ำมันสบู้น้ำมันผสมกับน้ำมันเบนซิน 10 เปอร์เซ็นต์ (J10) ค่าแรงบิดของเครื่องยนต์จะมีค่า 8.71 นิวตันเมตร ที่รอบเครื่องยนต์เท่ากัน โดยน้ำมันผสมทั้งสองชนิดให้แรงบิดที่ลดลงกว่าการใช้ น้ำมัน G100 โดยมีความแตกต่างของค่าแรงบิดที่ 0.68 เปอร์เซ็นต์ และ 1.24 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ



ภาพที่ 49 แสดงการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของแรงบิดระหว่างน้ำมันทดสอบ G100, J5 และ J10 ในการทดสอบรถจักรยานยนต์ระบบคาร์บูเรเตอร์



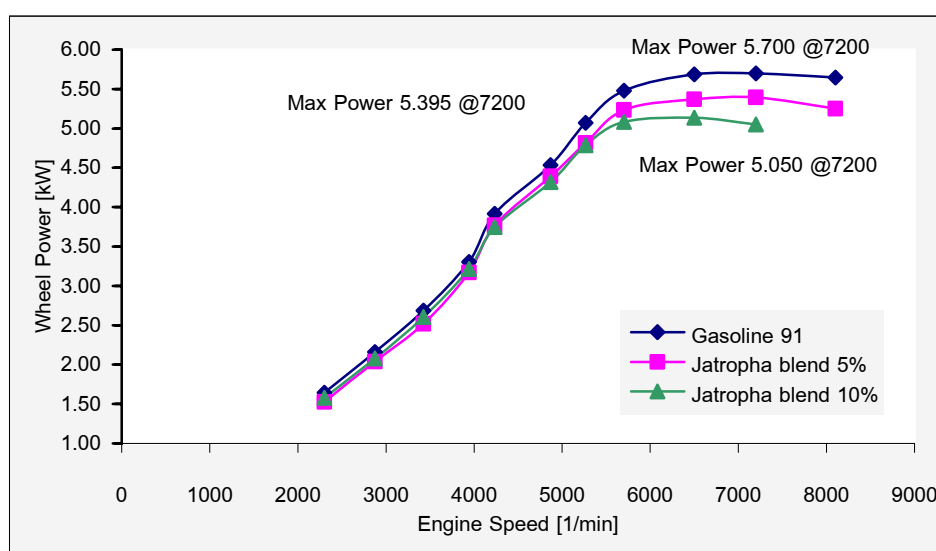
ภาพที่ 50 แสดงการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของแรงบิดระหว่างน้ำมันทดสอบ G100, J5 และ J10 ในการทดสอบรถจักรยานยนต์ระบบหัวฉีด

ในเครื่องยนต์ทดสอบระบบหัวฉีด พบว่าน้ำมันผสมดังกล่าวจะให้ความแตกต่างของแรงบิดอย่างเด่นชัดในช่วงรอบเครื่องยนต์ 4,200 rpm ขึ้นไป โดยแรงบิดของเครื่องยนต์ขณะที่ใช้ น้ำมันเบนซิน 91 (G100) ให้ค่าแรงบิดสูงสุดที่ 9.06 N.m ที่รอบเครื่องยนต์ 4,500 rpm และเมื่อใช้น้ำมันสบู่ดำผสมกับน้ำมันเบนซิน 5 เปอร์เซ็นต์ (J5) ค่าแรงบิดของเครื่องยนต์จะมีค่า 8.97 นิวตันเมตร และเมื่อใช้น้ำมันสบู่ดำผสมกับน้ำมันเบนซิน 10 เปอร์เซ็นต์ (J10) ค่าแรงบิดของเครื่องยนต์จะมีค่า 9.21 นิวตันเมตร ที่รอบเครื่องยนต์เท่ากัน โดยเห็นได้ว่าการใช้น้ำมันผสมเบนซิน-สบู่ดำ น้ำมันทดสอบ J5 นั้นให้แรงบิดที่ลดลงจากเดิม ส่วน J10 พบว่าค่าที่ได้นั้นกลับเพิ่มขึ้นจากเดิม เนื่องจากรถทดสอบนั้นผ่านการใช้งานมาพอสมควร จึงทำให้การทำงานของคลัทช์เครื่องยนต์มีอาการลื่นเกิดขึ้น จนไม่สามารถทดสอบได้ จึงต้องทำการปรับปรุงแก้ไข จึงทำให้การควบคุมตัวแปรเปลี่ยนไป จึงทำให้ได้ผลในลักษณะดังกล่าว โดยมีความแตกต่างของค่าแรงบิดที่ 0.99 เปอร์เซ็นต์ และ 1.65 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 50

2.2 ผลการทดสอบกำลังเบรกของเครื่องยนต์

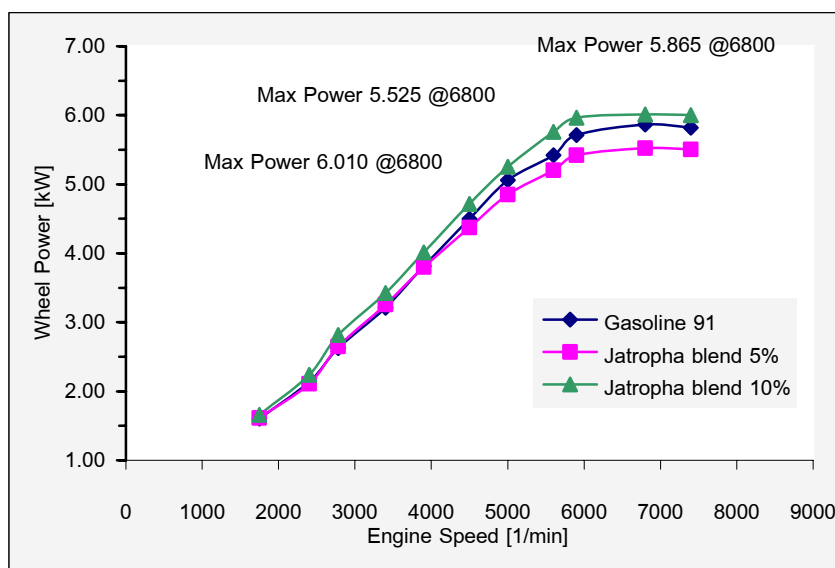
ในด้านการเปรียบเทียบกำลังเบรกของเครื่องยนต์ พบว่าเครื่องยนต์มีแนวโน้มของกำลังเบรกใกล้เคียงกับการใช้น้ำมันเบนซินพื้นฐานเป็นเชื้อเพลิง ลักษณะการเพิ่มขึ้นของกำลังเครื่องยนต์มีความราบเรียบ ใกล้เคียงกับการใช้น้ำมันเบนซิน โดยมีความแตกต่างอย่างเห็นได้

ชัดเจนในช่วงรอบเครื่องยนต์มากกว่า 6,000 รอบต่อนาทีขึ้นไป โดยเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกำลังเครื่องยนต์ของน้ำมันทดสอบ J5 และ J10 กับน้ำมันเบนซิน G100 พบว่า แตกต่างกันประมาณ 5.35 เพอร์เซ็นต์ และ 11.4 เพอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 51



ภาพที่ 51 แสดงการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของกำลังเบรกระหว่างน้ำมันทดสอบ G100, J5 และ J10 ในการทดสอบรถจักรยานยนต์ระบบคาร์บูเรเตอร์

เช่นเดียวกันกับเครื่องยนต์ระบบหัวฉีดเครื่องยนต์มีลักษณะการเพิ่มขึ้นของกำลังราบเรียบ ใกล้เคียงกับการใช้น้ำมันเบนซิน โดยมีความแตกต่างอย่างเห็นได้ชัดเจนในช่วงรอบเครื่องยนต์มากกว่า 6,000 รอบต่อนาทีขึ้นไป โดยเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกำลังเครื่องยนต์ของน้ำมันทดสอบ J5 และ J10 กับน้ำมันเบนซิน G100 พบว่า น้ำมันทดสอบ J5 ให้กำลังลดลงประมาณ 5.79 เพอร์เซ็นต์ น้ำมัน J10 เพิ่มขึ้น 2.47 เพอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 52



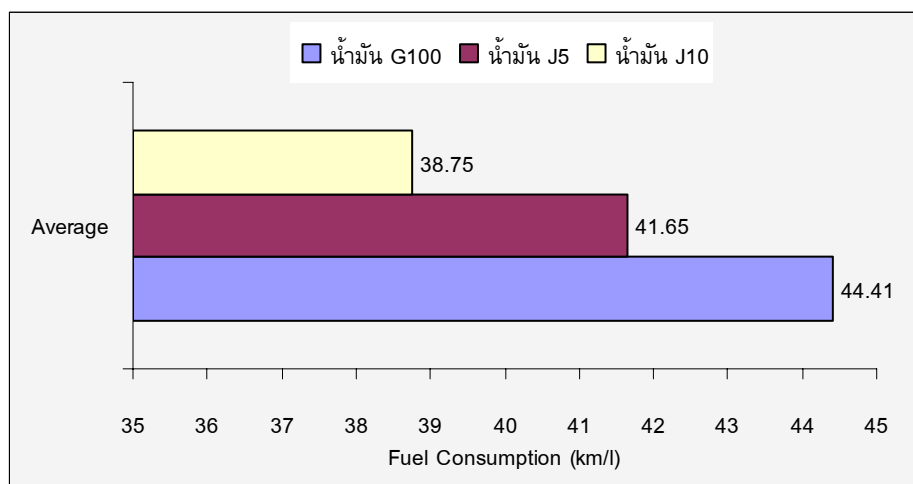
ภาพที่ 52 แสดงการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของกำลังเบรกระหว่างน้ำมันทดสอบ G100, J5 และ J10 ในการทดสอบรถจักรยานยนต์ระบบหัวฉีด

จากการเปรียบเทียบกำลังเบรกของเครื่องยนต์ จะเห็นได้ว่าการใช้น้ำมันผสม 5 เปอร์เซ็นต์ และ 10 เปอร์เซ็นต์ ความแตกต่างในด้านกำลังเบรกของเครื่องยนต์อย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากระบบเครื่องยนต์แบบคาร์บูเรเตอร์นั้นการจัดส่วนผสมระหว่างน้ำมันกับอากาศของเครื่องยนต์จะมีความละเอียดและแม่นยำต่ำ ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีความหนาแน่นมากขึ้นและปริมาณอากาศที่เบาบางลงในการขับขี่ที่รอบเครื่องยนต์สูง เขม่าบริเวณหัวเทียนและห้องเผาไหม้ที่เพิ่มขึ้น จึงทำให้ระบบการจุดระเบิดและการจัดส่วนผสมที่เปลี่ยนไป ส่งผลให้ค่ากำลังของเครื่องยนต์ที่รอบสูงมีค่าลดลง ซึ่งในการใช้งานโดยทั่วไปแล้วการใช้งานของเครื่องยนต์ในชีวิตประจำวันจะใช้รอบเครื่องยนต์ระหว่าง 1,500 ถึง 3,500 รอบ จึงทำให้ผู้ขับขี่ไม่รู้สึกถึงการเปลี่ยนแปลงกำลังเครื่องยนต์ขณะขับขี่

2.3 ผลการทดสอบอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

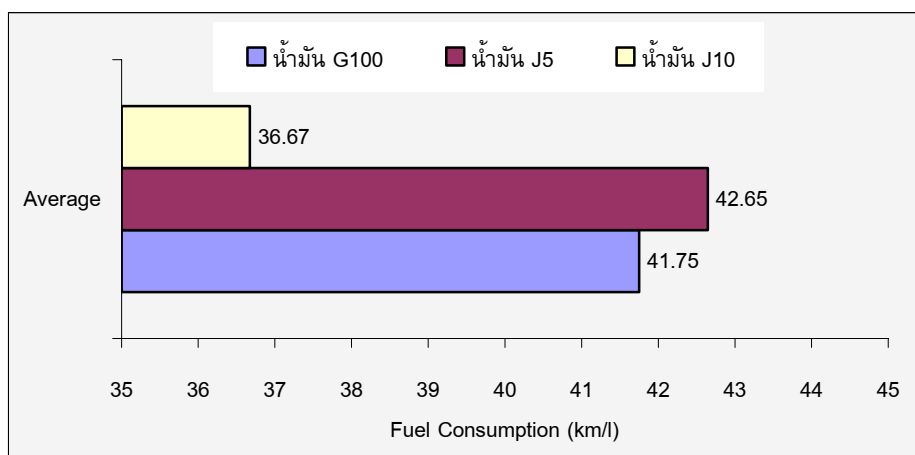
จากผลการทดสอบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงด้วยการขับขี่ตามรูปแบบการทดสอบแบบกรุงเทพมหานคร (Bangkok Driving Pattern) ดังภาคผนวก ก. เมื่อสิ้นสุดการทดสอบจำนวน 3 รูปแบบ และนำมาหาค่าเฉลี่ย ในเครื่องยนต์ทดสอบระบบคาร์บูเรเตอร์พบว่าน้ำมันผสมเบนซิน-สบู่ดำ 5 เปอร์เซ็นต์ และ 10 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนผสม

ของน้ำมันสบูดำที่ผสม โดยมีอัตราการสิ้นเปลืองเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 6.21 เปอร์เซนต์ และ 12.74 เปอร์เซนต์ ทั้งนี้เนื่องจากน้ำมันสบูดำและน้ำมันเบนซินที่นำมาผสมกันให้ค่าความร้อน (Specific Heat) ต่ำกว่าน้ำมันเบนซินมาตรฐาน ดังนั้นการที่จะให้พลังงานเท่ากันจึงต้องใช้ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่สูงกว่าเดิม ส่งผลให้ต้องใช้ปริมาณเชื้อเพลิงที่มากขึ้นจากเดิม ดังแสดงในภาพที่ 53



ภาพที่ 53 แสดงการเปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจากการใช้เชื้อเพลิงทั้ง 3 ประเภท ของรถจักรยานยนต์ระบบคาร์บูเรเตอร์

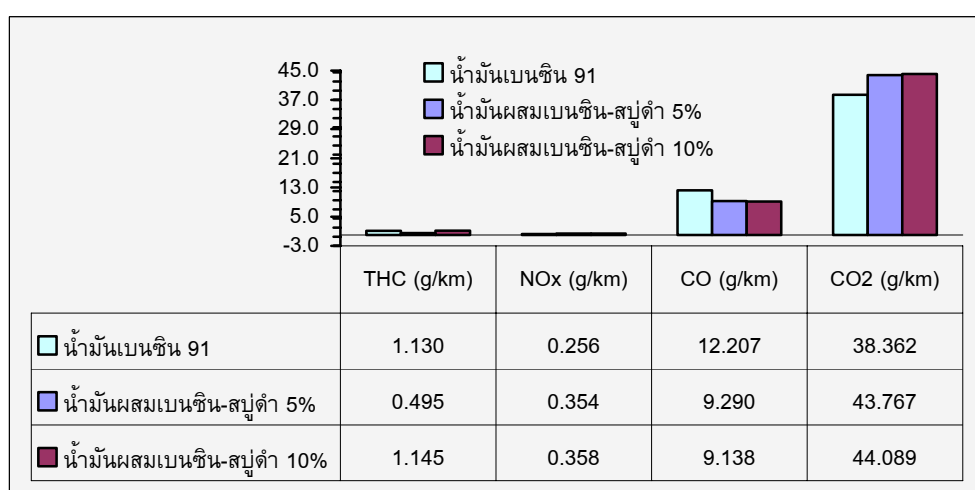
เมื่อวิเคราะห์อัตราการสิ้นเปลืองในเครื่องยนต์ระบบหัวฉีด พบว่าเมื่อใช้น้ำมันตัวอย่าง J5 มีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันต่ำกว่าการใช้น้ำมันเบนซิน 91 (G100) 2.06 เปอร์เซนต์ และเมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างน้ำมัน G100 และ J10 พบว่ามีอัตราการใช้เชื้อเพลิงเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 12.12 เปอร์เซนต์ ดังแสดงในภาพที่ 54



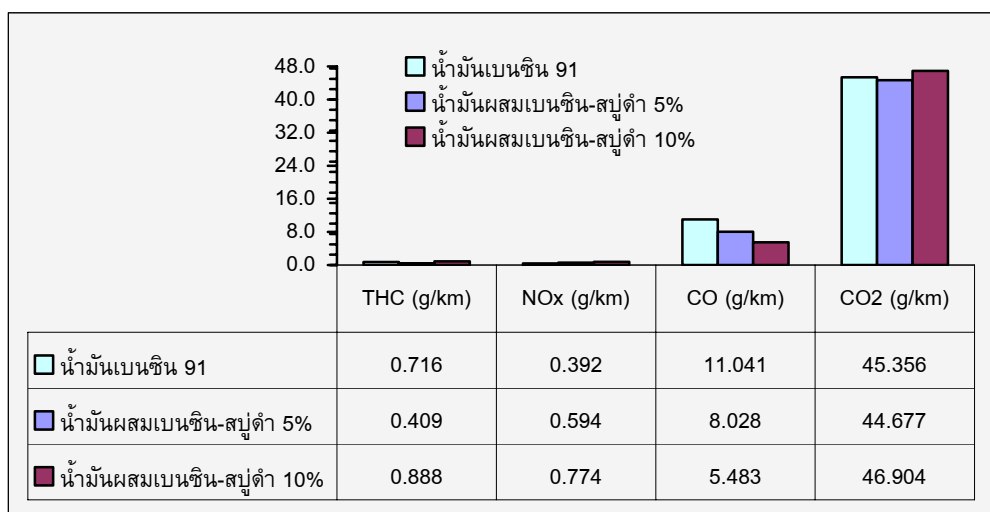
ภาพที่ 54 แสดงการเปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจากการใช้เชื้อเพลิงทั้ง 3 ประเภทของรถจักรยานยนต์ระบบหัวฉีด

2.4 ผลการทดสอบปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้นขณะใช้งาน

จากการทดสอบใช้น้ำมันแก๊สโซลีน 91 น้ำมันเบนซินผสมสบูดำ 5% (J5) และน้ำมันเบนซินผสมสบูดำ 10% (J10) ในรถจักรยานยนต์ 4 จังหวะ ทั้งระบบการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงแบบคาร์บูเรเตอร์และระบบการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงแบบหัวฉีด พบว่ามีผลต่อการระบายสารมลพิษในไอเสียของรถจักรยานยนต์ดังแสดงในภาพที่ 55 และ 56



ภาพที่ 55 แสดงการเปรียบเทียบมลพิษจากการใช้เชื้อเพลิงทั้ง 3 ประเภทของรถจักรยานยนต์ระบบคาร์บูเรเตอร์



ภาพที่ 56 แสดงการเปรียบเทียบมลพิษจากการใช้เชื้อเพลิงทั้ง 3 ประเภท
ของรถจักรยานยนต์ระบบหัวฉีด

จากการทดสอบพบว่าการใช้น้ำมันผสมเบนซิน-สบูดำกับรถจักรยานยนต์ทั้ง 2 ระบบดังกล่าวนี้ ให้การจุดระเบิดที่สมบูรณ์ขึ้นโดยสังเกตได้จากค่า CO_2 ที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่มลพิษที่เกิดขึ้นจากการใช้งานพบว่า ค่าคาร์บอนมอนอกไซด์ CO มีค่าต่ำลง ส่วน THC และ NO_x ที่เกิดขึ้นจากการใช้งานนั้นยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานไอเสียระดับ 5

ผลการตรวจสอบผลกระทบและความสึกหรอของเครื่องยนต์

ในการวิเคราะห์ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการใช้งานเครื่องยนต์ภายหลังการทดสอบ โดยใช้การประยุกต์ใช้ศาสตร์ด้านไทรโบโลยี (Tribology) ในการวิเคราะห์สภาพลูกสูบ และหัวเทียน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อได้ทราบว่าน้ำมันผสมดังกล่าวให้ผลกระทบกับเครื่องยนต์อย่างไร จึงได้ทำการแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 กลุ่มหลักด้วยกัน คือ ส่วนผลกระทบจากการเผาไหม้ด้านเขม่าที่ตกค้างภายในเครื่องยนต์ และ การทดสอบความสึกหรอของลูกสูบหลังจากผ่านการใช้งาน โดยมีรายละเอียดการทดสอบ ดังนี้

1. การวิเคราะห์เขม่าตกค้างภายในเครื่องยนต์

จากการทดสอบที่สถานะการใช้งานจริงเป็นระยะทาง 1,000 กิโลเมตร และการทดสอบในห้องปฏิบัติการบนแท่นทดสอบ Chassis Dynamometer แล้วจึงทำการตรวจสอบความสึกหรอโดยสังเกตลักษณะการเปลี่ยนแปลง โดยใช้วิธีการทดสอบ 3 วิธีด้วยกัน คือ

- วิธีการวิเคราะห์สภาพโดยใช้ภาพถ่ายเปรียบเทียบ (Visual Quality Analysis)
- วิธีการวิเคราะห์วิเคราะห์ปริมาณธาตุจากเขม่าที่เกิดขึ้นบนผิวหน้าลูกสูบและห้องเผาไหม้ด้วยเครื่อง Energy Dispersive X-ray Spectrometer (EDS)
- วิธีการทดสอบประสิทธิภาพหัวเทียนหลังจากผ่านการใช้งาน (Sparking Test)

1.1.1 วิธีการวิเคราะห์สภาพชิ้นส่วนโดยใช้ภาพถ่ายเปรียบเทียบ (Visual Quality Analysis) โดยการใช้กล้องดิจิทัล (Digital Camera) ในการถ่ายภาพลูกสูบแล้วนำมาเปรียบเทียบด้วยวิเคราะห์ด้วยตาเปล่า (Optical Analysis) โดยทำการปรับตั้งค่าความไวแสง (White Balance) ความเร็วชัตเตอร์ (Shutter Speed) และจำลองสถานะให้มีความใกล้เคียงกันมากที่สุด ซึ่งได้ผลจากการทดลองดังนี้

จากผลการตรวจสอบสภาพเครื่องยนต์ โดยการถอดแยกชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ และสังเกตลักษณะภายนอกของชิ้นส่วนต่าง ๆ ผลที่ได้พบว่ามีคราบเขม่าที่เกาะอยู่บนหัวลูกสูบ ฝาสูบ ด้านวาล์วไอดีและไอเสีย มากกว่าการใช้แก๊สโซลีนออกเทน 91 โดยมีลักษณะเป็นคราบเขม่าดำและเหนียว ทั้งนี้เนื่องจากในน้ำมันสบู่นั้นมีปริมาณยางเหนียวปนอยู่ จึงทำให้เกิดการเหลือตกค้างในห้องเผาไหม้และจับตัวกันเป็นเขม่า และอาจส่งผลต่อการสึกหรอของวาล์ว และการใช้งานของ

หวัเทียบได้ในการใช้งานระยะยาว อย่างไรก็ตามในการเปรียบเทียบโดยการใช้ภาพถ่าย (Visual Quality Analysis) ดังภาพที่ 57 จะเห็นได้ว่าลักษณะของลูกสูบที่ผ่านการใช้น้ำมันผสมเบนซิน-สบูดำ ในเครื่องยนต์ระบบคาร์บูเรเตอร์ น้ำมันทดสอบเบนซิน 91 (G100) มีคราบเขม่าจากการเผาไหม้มากกว่าการใช้น้ำมัน J5 แต่คราบเขม่าของน้ำมัน J10 มีมากกว่าน้ำมันเบนซิน 91 (G100) ส่วนในเครื่องยนต์หัวฉีดจะเห็นได้ว่าคราบเขม่าของน้ำมันตัวอย่างทั้ง 3 ชนิด มีความใกล้เคียงกัน

จากการวิเคราะห์สามารถสรุปได้ว่าการทดสอบด้วยวิธีดังกล่าวไม่สามารถแยกความแตกต่างของคราบเขม่าที่ตกค้างได้อย่างชัดเจน จึงได้นำคราบเขม่าจากลูกสูบบางส่วนไปวิเคราะห์ปริมาณธาตุตกค้างด้วยเครื่อง Energy Dispersive X-ray Spectrometer (EDS) ดังจะกล่าวต่อไป



ภาพที่ 57 ลักษณะพื้นผิวหน้าลูกสูบหลังการทดสอบกับเครื่องยนต์คาร์บูเรเตอร์ เมื่อใช้น้ำมันตัวอย่างชนิดต่าง ๆ คือ ลูกสูบไม่ผ่านการใช้งาน (1) น้ำมันเบนซิน 91 (2) น้ำมันผสมเบนซิน-สบูดำ 5% (3) และ น้ำมันผสมเบนซิน-สบูดำ 10% (4)



ภาพที่ 58 ลักษณะพื้นผิวหน้าลูกสูบหลังการทดสอบกับเครื่องยนต์หัวฉีด เมื่อใช้น้ำมันตัวอย่างชนิดต่าง ๆ คือ ลูกสูบไม่ผ่านการใช้งาน (1) น้ำมันเบนซิน 91 (2) น้ำมันผสมเบนซิน-สบูดำ 5% (3) และ น้ำมันผสมเบนซิน-สบูดำ 10% (4)

1.1.2 วิธีการวิเคราะห์หวัเคราะห์ปริมาณธาตุจากเขม่าที่เกิดขึ้นบนผิวหน้าลูกสูบและห้องเผาไหม้ด้วยเครื่อง Energy Dispersive X-ray Spectrometer (EDS)

เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณธาตุใดในน้ำมันทดสอบที่ส่งผลให้เกิดคราบเขม่าตกค้าง จึงได้ส่งตัวอย่างคราบเขม่าไปวิเคราะห์ถึงปริมาณธาตุตกค้าง โดยใช้เครื่องมือ EDS หรือ Energy Dispersive X-ray Spectrometer ณ ห้องปฏิบัติการฝ่ายนวัตกรรมวัสดุ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยได้ผลการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ปริมาณธาตุโลหะหนักที่พบโดยน้ำหนักในคราบเขม่าที่เกิดจากการใช้งาน

Sample		ปริมาณธาตุที่พบโดยน้ำหนัก										
		C	O	Na	Al	S	Si	Cl	Ca	Fe	Ni	Zn
Carburetor	G100	62	23.5	-	0.98	-	-	0.24	6.91	2	-	4.32
	J5	62.5	25.3	-	1.33	-	0.47	0.51	4.04	0.37	-	5.5
	J10	68.8	23.3	-	0.48	-	-	0.35	1.36	-	-	5.64
Injection	G100	21	26.3	0.45	0.66	0.1	0.19		1.66	0.73	0.37	5.6
	J5	21.3	22.5	1.56	0.47	-	-	0.22	1.85	-	1.13	10.5
	J10	23.8	24.8	-	1.7	-	-	1.1	2.47	-	-	16.1

ที่มา: ห้องปฏิบัติการฝ่ายนวัตกรรมวัสดุ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (2551)

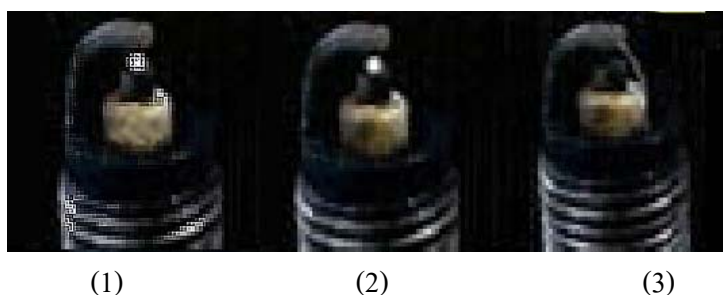
ผลทดสอบเห็นได้ว่าค่าที่ได้จากการทดสอบบางชนิดไม่ปรากฏปริมาณธาตุ แต่อย่างไรก็ตาม จากข้อมูลดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่าปริมาณน้ำมันสบู่อัดที่ผสมกับน้ำมันเบนซินนั้นส่งผลทำให้ธาตุองค์ประกอบประเภทคาร์บอน (C) ตกค้างเพิ่มมากขึ้นกว่าการใช้น้ำมันเบนซินมาตรฐาน (G100) ส่วนปริมาณธาตุองค์ประกอบอื่น ๆ นั้นไม่สามารถบ่งบอกความสัมพันธ์ของข้อมูลได้อย่างชัดเจน

จากการทดสอบดังกล่าวยังแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างระหว่างการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ในระบบหัวฉีดและคาร์บูเรเตอร์ กล่าวคือการใช้หัวฉีดในการจัดส่วนผสมของน้ำมันกับอากาศจะดีกว่าระบบคาร์บูเรเตอร์ ส่งผลให้ปริมาณคาร์บอนที่เหลือตกค้างจากการเผาไหม้ตกค้าง

น้อยกว่าการใช้ระบบหัวฉีด ทำให้ปริมาณมลพิษในสิ่งแวดล้อมลดลง ซึ่งในปัจจุบันในรถจักรยานยนต์ได้นำเอาระบบดังกล่าวมาใช้กันอย่างแพร่หลายมากขึ้น

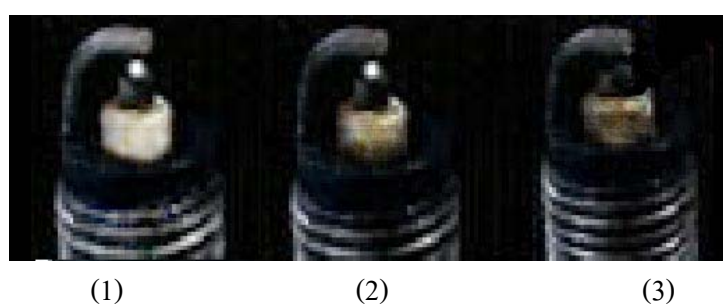
1.1.3 การทดสอบประสิทธิภาพหัวเทียนหลังจากผ่านการใช้งาน (Sparking Test)

เมื่อทำการทดสอบครบเซตที่เกิดจากเผาไหม้แล้ว ในด้านอุปกรณ์จุดระเบิดซึ่งเป็นระบบที่มีความสำคัญ ผู้วิจัยจึงได้นำหัวเทียนของรถจักรยานยนต์ที่ผ่านการทดสอบจากน้ำมันตัวอย่างทั้ง 3 ตัวอย่าง จากระบบทั้ง 2 ระบบ โดยให้หัวเทียนรหัส CPR6EA-9 ตามมาตรฐานผู้ผลิตผ่านการทดสอบที่ 1,000 กิโลเมตรทำการทดสอบประสิทธิภาพการจุดติดไฟ โดยได้ผลการทดสอบดังแสดงในภาพที่ 59 และ 60



ภาพที่ 59 การเปรียบเทียบการจุดติดไฟของหัวเทียนรถจักรยานยนต์ทดสอบระบบคาร์บูเรเตอร์

น้ำมันเบนซิน 91 (1) น้ำมันผสมเบนซิน-สบูดำ 5% (2) น้ำมันผสมเบนซิน-สบูดำ 10% (3)



ภาพที่ 60 การเปรียบเทียบการจุดติดไฟของหัวเทียนรถจักรยานยนต์ทดสอบระบบหัวฉีด

น้ำมันเบนซิน 91 (1) น้ำมันผสมเบนซิน-สบูดำ 5% (2) น้ำมันผสมเบนซิน-สบูดำ 10% (3)

เพื่อให้การทดสอบเห็นผลอย่างชัดเจนยิ่งขึ้นและเป็นไปตามมาตรฐานการทดสอบเดียวกัน จึงได้ทำการส่งตัวอย่างของหัวเทียนที่ผ่านการใช้งานไปทำการวิเคราะห์ยังบริษัทผู้ผลิต (บริษัท สยามเอ็นจิเนสปาร์คปลั๊ก จำกัด) ทำการทดสอบคุณสมบัติของหัวเทียนหลังการใช้งาน จากการทดสอบพบว่าหัวเทียนหลังจากผ่านการใช้งาน ของน้ำมันเบนซิน-สบูดำ 5 เปอร์เซนต์ (J5) มีคราบเขม่าไม่ต่างไปจากการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงพื้นฐาน และหัวเทียนยังมีการจุดที่ดีสามารถนำไปใช้งานต่อไปได้ในระดับหนึ่ง แต่ลักษณะหัวเทียนของน้ำมันเบนซิน-สบูดำ 10 เปอร์เซนต์ (J10) มีเขม่าเกาะบริเวณหัวเทียนอยู่ในปริมาณมากกว่าปกติ เชื้อหัวเทียนมีคราบเขม่าดำเกิดขึ้น เมื่อทดสอบการจุดติดพบว่า หัวเทียนเริ่มมีอาการจุดติดผิดปกติและมีการสปาร์คที่ระหว่างเชื้อกับแกนกลางสลับกับวิ่งลงกราวด์ ดังแสดงผลการทดสอบในตารางที่ 14

ตารางที่ 14 การทดสอบประสิทธิภาพหัวเทียนจากการใช้น้ำมันผสมเบนซิน-สบูดำ

Item	Spec	Inspection	G100		J5		J10	
			Carb	Inj	Carb	Inj	Carb	Inj
Part Number			CPR6EA-9					
Insulation resistance	≥500 MΩ	Multimeter	∞	∞	∞	∞	∞	∞
Sparking	≥8 kg/cm ²	Sparking M/C	11.5	11.5	11.5	8.5	7.5	4.5
Inside Resistance	3.0-7.5 kΩ	Resistant Meter	4.039	5.438	5.72	4.832	4.818	4.730
Judgments			OK	OK	OK	OK	NG	NG

ที่มา: บริษัท สยามเอ็นจิเนสปาร์คปลั๊ก จำกัด (2551)

1.2 การวิเคราะห์ความสึกหรอที่เกิดขึ้นกับลูกสูบ

ในด้านการวิเคราะห์ความสึกหรอ ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์เฉพาะส่วนความสึกหรอที่เกิดขึ้นกับลูกสูบเท่านั้น โดยการศึกษาจะแบ่งรูปแบบการวิเคราะห์ออกเป็น 3 รูปแบบด้วยกัน คือ

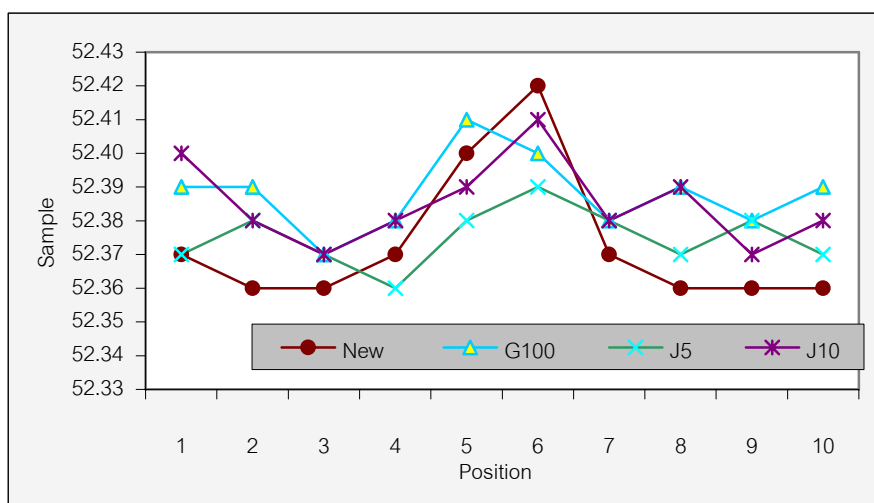
- การวิเคราะห์ขนาดของลูกสูบด้วยเครื่องมือวัดละเอียด
- การวิเคราะห์สภาพผิวหน้าของลูกสูบโดยวิธีวัดค่าความขรุขระของผิวหน้า

(Surface Roughness Tester)

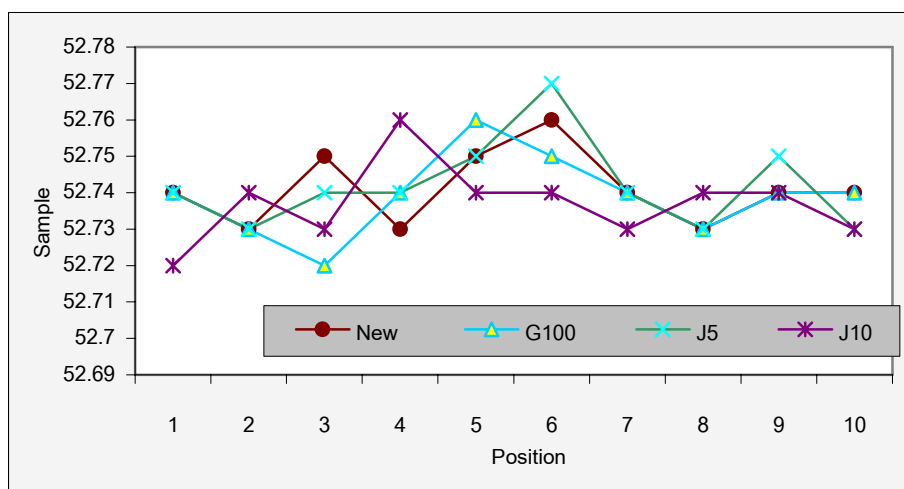
- การวิเคราะห์สภาพผิวหน้าของลูกสูบเฉพาะตำแหน่งด้วยตาเปล่า (Visual Quality Analysis) โดยใช้การถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบแสง (Optical Microscope)

1.2.1 การวิเคราะห์ขนาดของลูกสูบด้วยเครื่องมือวัดละเอียด

การวิเคราะห์ขนาดของลูกสูบด้วยวิธีดังกล่าวมีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการทราบถึงเปลี่ยนแปลงในทางกายภาพ หรือขนาดที่เปลี่ยนแปลงไปภายหลังการใช้งาน จากผลการวัดขนาดของลูกสูบในเครื่องยนต์ทั้งสองระบบพบว่า ผลที่ได้จากการวัดขนาดในแต่ละชิ้นส่วนในเครื่องยนต์ระบบคาร์บูเรเตอร์และหัวฉีด นั้นมีค่าความแตกต่างระหว่างลูกสูบมาตรฐานกับลูกสูบที่ผ่านการใช้งานน้อยมาก ประมาณ 0.02- 0.06 mm หรือ ประมาณ 0.04-0.07 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น และค่าที่วัดได้นั้นในบางชิ้นส่วนไม่มีความแตกต่างที่ชัดเจน กล่าวคือ ในตำแหน่งวัดเดียวกัน ลูกสูบที่ทำการทดสอบกับน้ำมันทดสอบ G100 มีขนาดมากกว่าน้ำมันทดสอบ J5 แต่ขนาดของลูกสูบที่ใช้ น้ำมัน J10 มีค่ามากกว่าน้ำมันทดสอบ G100 ผลดังแสดงในภาพที่ 61 และ 62



ภาพที่ 61 แสดงความแตกต่างระหว่างจุดวัดของลูกสูบในรถจักรยานยนต์ทดสอบระบบคาร์บูเรเตอร์



ภาพที่ 62 แสดงความแตกต่างระหว่างจุดวัดของลูกสูบในรถจักรยานยนต์ทดสอบระบบหัวฉีด

จากข้อมูลดังกล่าวได้นำมาวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลของลูกสูบใหม่และลูกสูบที่ใช้งานแล้วกับน้ำมันทดสอบทั้ง 3 ชนิดตัวอย่าง ด้วยวิธีการทางสถิติแบบ T-Test ด้วยโปรแกรม SPSS เพื่อวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนที่เกิดขึ้นพบว่า ลูกสูบใหม่ที่ยังไม่ได้ผ่านการใช้งาน (New) กับลูกสูบที่ผ่านการใช้งานโดยน้ำมันเบนซิน 91 (G100) ไม่มีความแตกต่างของขนาดในตำแหน่งที่วัดอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับ 0.05 เช่นเดียวกันกับการเปรียบเทียบระหว่าง ลูกสูบใหม่ที่ยังไม่ได้ผ่านการใช้งาน (New) กับน้ำมันทดสอบ J5 และ J10 ดังแสดงรายละเอียดดังภาคผนวก ก.

1.2.2 การวิเคราะห์สภาพผิวหน้าของลูกสูบโดยวิธีวัดค่าความขรุขระของผิวหน้า (Surface Roughness Tester)

เมื่อส่วนประกอบภายในห้องเผาไหม้ผ่านการใช้งานมาเป็นระยะเวลาหนึ่งชิ้นส่วนที่ผ่านการใช้งานย่อมเกิดความสึกหรอขึ้น การทดสอบดังกล่าวมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างผิวหน้าของลูกสูบระหว่างก่อน และหลังการใช้งาน การทดสอบดังกล่าวจะทำการวัดค่าความขรุขระของผิวหน้าลูกสูบซึ่งเป็นชิ้นส่วนที่รับแรงอัดจากการเผาไหม้โดยตรง โดยใช้เครื่องมือวัดความขรุขระของผิวหน้าสัมผัส (Surface Roughness Tester) โดยเครื่องมือดังกล่าวได้รับการอนุเคราะห์จาก ห้องปฏิบัติการสอบเทียบเครื่องมือวัด สถาบันวิจัยคั่นคว่ำและพัฒนาผลิตภัณฑ์ทางอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ทำการทดสอบโดยการเปรียบเทียบลูกสูบที่ใช้งานแล้วกับลูกสูบที่ยังไม่ได้ผ่านการใช้งานในการทดสอบจะทำการทดสอบบนโต๊ะระดับ ทำการ Calibrate เครื่องมือก่อนการทดสอบและตั้งค่า Cutoff Length ที่ 0.8 mm. โดยแสดงค่าความขรุขระออกมาเป็น ค่า Roughness Average of R-curve (Ra) ได้ผลการวัดดังแสดงในตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ผลการวิเคราะห์ค่าความขรุขระของพื้นผิว (Surface Roughness Tester)

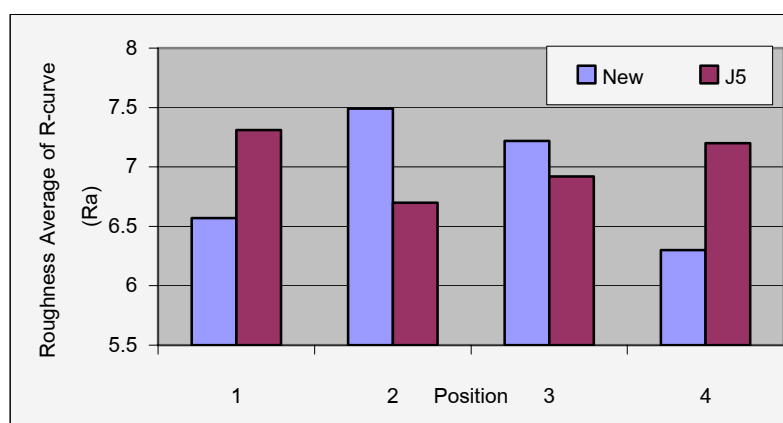
Type	Sample	Roughness Average of R-curve (Ra)				
Honda Wave 125 Carburetor	Position	1	2	3	4	Average
	New	6.57	7.49	7.22	6.3	6.90
	G100	0.5	0.5	0.65	0.42	0.52
	J5	7.31	6.7	6.92	7.2	7.03
	J10	0.8	0.71	0.65	0.61	0.69
Honda Wave 125 Injection	Position	1	2	3	4	Average
	New	1.29	0.91	0.89	0.87	0.99
	G100	1.93	1.16	1.2	1.12	1.35
	J5	1.08	0.92	0.92	0.6	0.88
	J10	1.37	1.4	1.42	1.53	1.43

หมายเหตุ วัดค่าด้วยเครื่องมือ Surface Roughness Tester: Mitutoyo SJ-201
Code No. 178-951E, Cutoff length 0.8 mm.

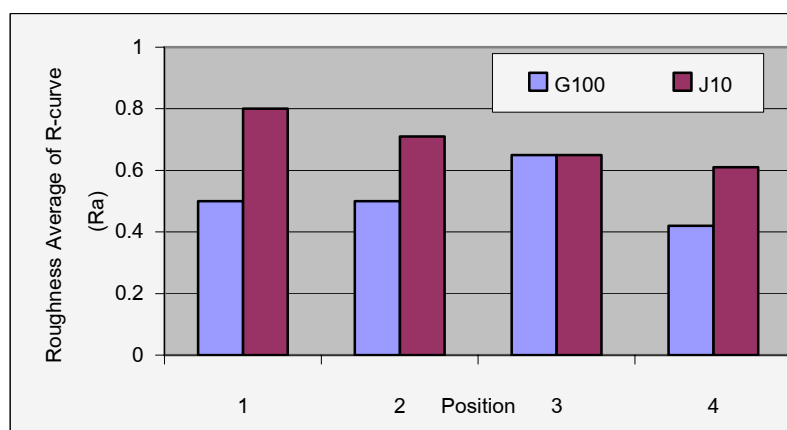
จากการวิเคราะห์ค่าความขรุขระของพื้นผิวด้วยเครื่องมือวัดความขรุขระ Surface Roughness Tester เมื่อนำผลการทดสอบมาทำการเปรียบเทียบ ในรถจักรยานยนต์ทดสอบระบบคาร์บูเรเตอร์พบว่าผลการทดสอบความขรุขระผิวหน้าลูกสูบแต่ละชิ้นที่นำมาทดสอบพบว่าพื้นผิวของลูกสูบมีช่วงความขรุขระอยู่ 2 ช่วง คือ ระหว่าง 0.40-2.00 และ 6.00-7.50

ในรถทดสอบระบบคาร์บูเรเตอร์ ผิวหน้าของลูกสูบใหม่ที่ใช้เป็นมาตรฐาน อยู่ในช่วง 6.00-7.50 ในขณะที่ลูกสูบที่ทำการทดสอบจากน้ำมันตัวอย่างทั้ง 3 มีเพียงน้ำมันทดสอบ J5 เพียงตัวอย่างเดียวที่อยู่ในช่วงดังกล่าว เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างผิวหน้าสัมผัสของลูกสูบทั้งสองพบว่าในจุด (1) และจุด (4) ลูกสูบ J5 มีความหยาบผิวมากกว่าลูกสูบใหม่ที่ยังไม่ได้ผ่านการใช้

งาน ส่วนในจุด (2) และ (3) พบว่าลูกสูบ J5 มีความหยาบผิวมากกว่าลูกสูบใหม่ กล่าวได้ว่า ไม่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างความลึกหรือของพื้นผิวทั้งสองได้อย่างชัดเจน ดังแสดงได้ใน ภาพที่ 63 และเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างลูกสูบ G100 กับลูกสูบ J10 ซึ่งลูกสูบทั้งสองอยู่ในช่วงการวัดเดียวกัน พบว่าลูกสูบ J10 มีค่าความหยาบผิวมากกว่าลูกสูบ G100 เฉลี่ยที่ 24.3 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงความสัมพันธ์ในภาพที่ 64

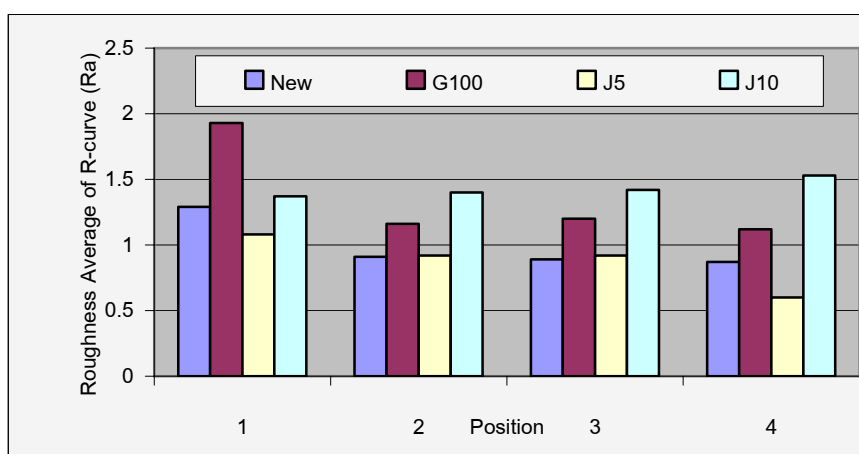


ภาพที่ 63 การเปรียบเทียบค่า Ra ระหว่างลูกสูบใหม่ (New) กับลูกสูบที่ทดสอบ J5 ของรถทดสอบระบบคาร์บูเรเตอร์



ภาพที่ 64 การเปรียบเทียบค่า Ra ระหว่างลูกสูบทดสอบ G100 กับลูกสูบที่ทดสอบกับน้ำมัน J10 ของรถทดสอบระบบคาร์บูเรเตอร์

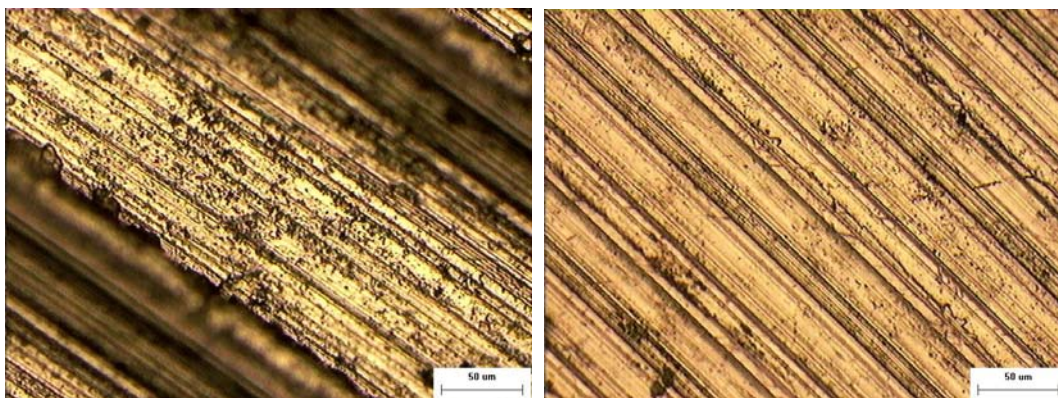
ด้านรถทดสอบระบบหัวฉีด จากภาพที่ 65 พบว่า ลูกสูบทั้ง 4 อยู่ในช่วงการวัดเดียวกัน ลูกสูบ G100 และ J10 มีความหยาบผิวมากกว่าลูกสูบใหม่ (New) ในขณะที่ลูกสูบ J5 มีแนวโน้มความหยาบผิวน้อยกว่า เมื่อเปรียบเทียบระหว่างลูกสูบ G100 กับลูกสูบ J5 พบว่าลูกสูบ J5 มีความหยาบผิวเฉลี่ยน้อยกว่าประมาณ 34.8 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเปรียบเทียบระหว่าง G100 กับ J10 กลับพบว่าค่าเฉลี่ยความขรุขระของลูกสูบ J10 มากกว่า G100 ที่ 5.59 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 65 การเปรียบเทียบค่า Roughness Average of R-curve (Ra) ของรถทดสอบระบบหัวฉีด

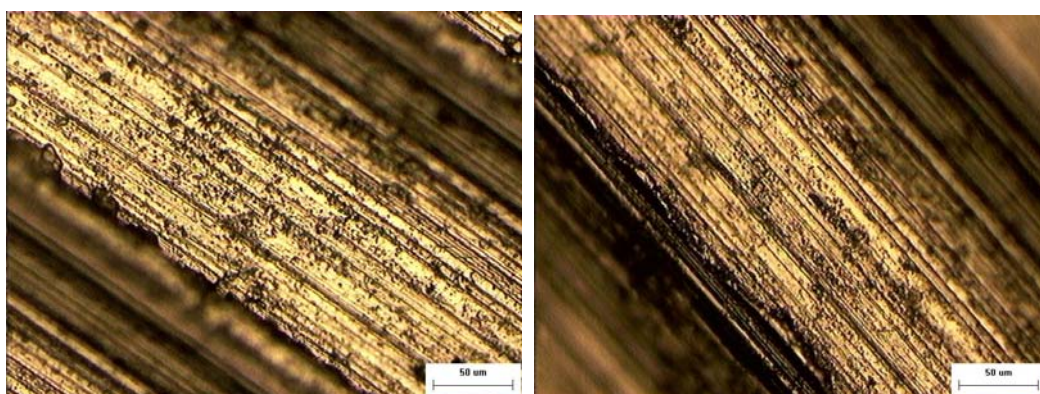
1.2.3 การวิเคราะห์สภาพผิวหน้าของลูกสูบเฉพาะตำแหน่งด้วยตาเปล่า (Visual Quality Analysis) โดยใช้การถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบแสง (Optical Microscope)

จากการทดสอบถ่ายภาพเปรียบเทียบความสึกหรอของพื้นผิวลูกสูบโดยใช้เครื่อง Optical Microscope ณ ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาวิศวกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จะเห็นว่าเมื่อทำการถ่ายภาพที่กำลังขยาย 200 เท่า ไม่สามารถพบความแตกต่างระหว่างลูกสูบมาตรฐานที่ยังไม่ได้ผ่านการใช้งาน และใช้งานแล้วในอัตราส่วนต่างๆ ได้อย่างชัดเจนดังแสดงในภาพที่ 66-69

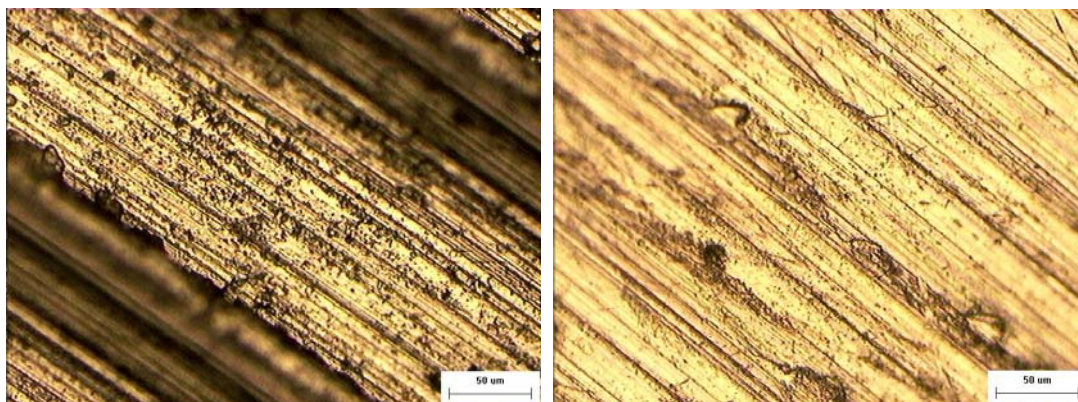


ภาพที่ 66 ลักษณะพื้นผิวหน้าลูกสูบของลูกสูบใหม่ กับลูกสูบที่ใช้ทดสอบน้ำมัน G100
จากการใช้งานรถจักรยานยนต์ทดสอบระบบคาร์บูเรเตอร์

เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างพื้นผิวหน้าของลูกสูบใหม่ กับลูกสูบ G100 จากภาพที่ 65 จะเห็นว่าลูกสูบใหม่ที่ยังไม่ได้ผ่านการใช้งานมีความขรุขระมากกว่าลูกสูบ G100 ในระดับหนึ่ง โดยที่ลูกสูบ G100 มีลักษณะของแนวเส้นบนพื้นผิวที่เรียบกว่า เมื่อนำลูกสูบดังกล่าวมาเปรียบเทียบกับลูกสูบ J5 จากภาพที่ 66 แสดงให้เห็นว่าลูกสูบ J5 มีสภาพความขรุขระของพื้นผิวมากกว่าลูกสูบใหม่ และสังเกตได้ว่ามีคราบเขม่าตกค้างจากการเผาไหม้หลงเหลืออยู่บางส่วน แต่เมื่อนำลูกสูบ J10 มาทำการเปรียบเทียบกลับพบว่าแนวเส้นที่อยู่บนพื้นผิวหน้าลูกสูบมีลักษณะบางลง และมีความขรุขระน้อยกว่าลูกสูบ G100 ดังแสดงในภาพที่ 67

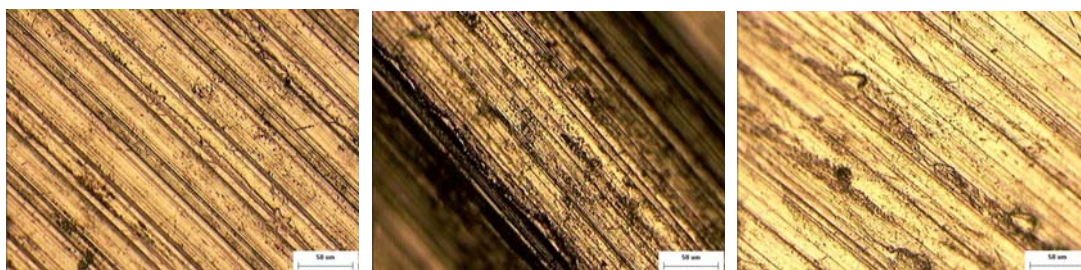


ภาพที่ 67 ลักษณะพื้นผิวหน้าลูกสูบของลูกสูบใหม่ กับลูกสูบที่ใช้ทดสอบน้ำมัน J5
จากการใช้งานรถจักรยานยนต์ทดสอบระบบคาร์บูเรเตอร์



ภาพที่ 68 ลักษณะพื้นผิวหน้าลูกสูบของลูกสูบใหม่ กับลูกสูบที่ใช้ทดสอบน้ำมัน J10
จากการใช้งานรถจักรยานยนต์ทดสอบระบบคาร์บูเรเตอร์

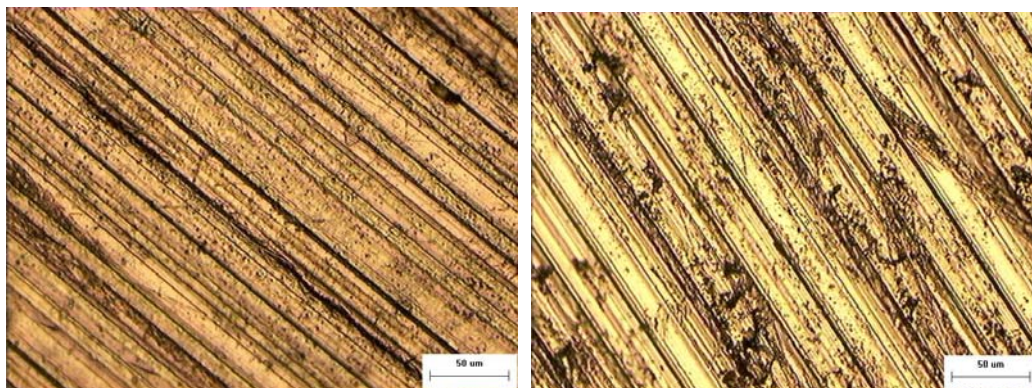
เมื่อนำภาพถ่ายผิวหน้าลูกสูบที่ผ่านการใช้งานทั้ง 3 ชนิด มาทำการเปรียบเทียบพบว่าภาพดังกล่าวได้แสดงให้เห็นถึงรอยเส้นที่ตัดขวางระหว่างเส้นผิวหน้าของลูกสูบ เมื่อสังเกตจากลักษณะของลายเส้นแล้วพบว่าน้ำมันทดสอบ J5 มีลักษณะของลายเส้นที่หยาบที่สุด และ J10 มีลักษณะผิวที่เรียบและลายเส้นผิวหน้าที่บางที่สุด ดังแสดงในภาพที่ 68



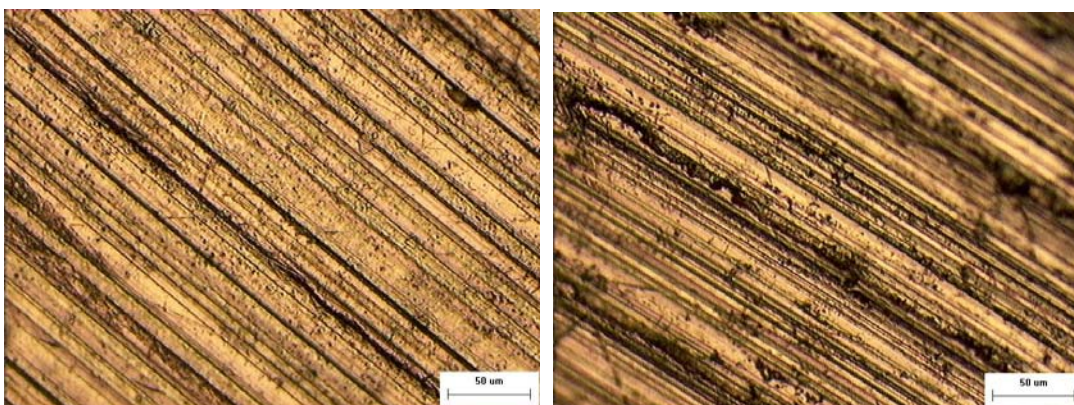
ภาพที่ 69 แสดงการเปรียบเทียบลักษณะพื้นผิวหน้าลูกสูบของลูกสูบ G100, J5 และ J10
จากการทดสอบรถจักรยานยนต์ระบบคาร์บูเรเตอร์

เมื่อทำการเปรียบเทียบลักษณะของพื้นผิวลูกสูบที่ผ่านการทดสอบโดยรถจักรยานยนต์ระบบหัวฉีดทั้ง 3 ชนิด กับลูกสูบใหม่ที่ยังไม่ได้ผ่านการใช้งานพบว่าผลการทดสอบแสดงให้เห็นถึงพื้นผิวของของลูกสูบที่มีคราบเขม่าสีดำที่ตกค้างจากการเผาไหม้เหลืออยู่ เมื่อพิจารณาถึงลายเส้นบนพื้นผิวของลูกสูบ พบว่าลูกสูบ J10 มีลักษณะความหยาบของลายเส้นมากที่สุด รองลงมาคือ J5 และ G100 ดังแสดงในภาพที่ 70-73 อย่างไรก็ตามเมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างลูกสูบที่ผ่านการ

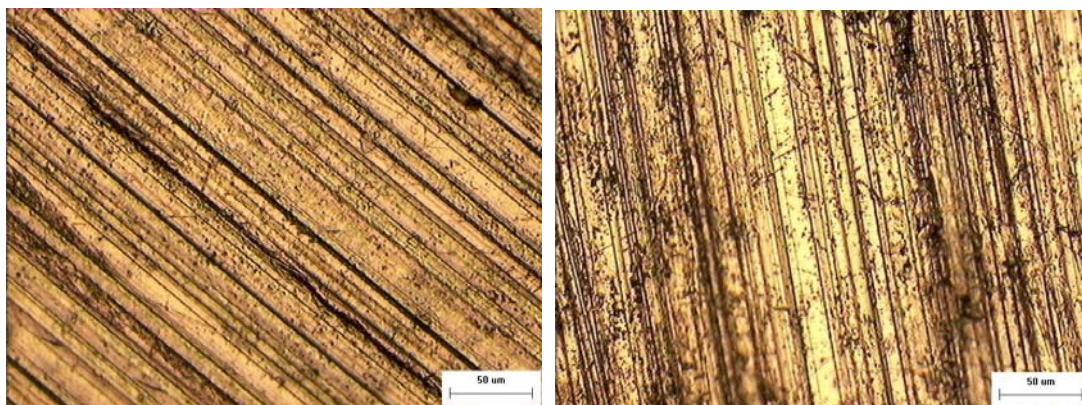
ทดสอบทั้ง 3 ชนิด พบว่า ลักษณะภาพการสึกหรอดังกล่าว ไม่สามารถแยกแยะความแตกต่างได้
อย่างชัดเจน ดังแสดงในภาพที่ 73



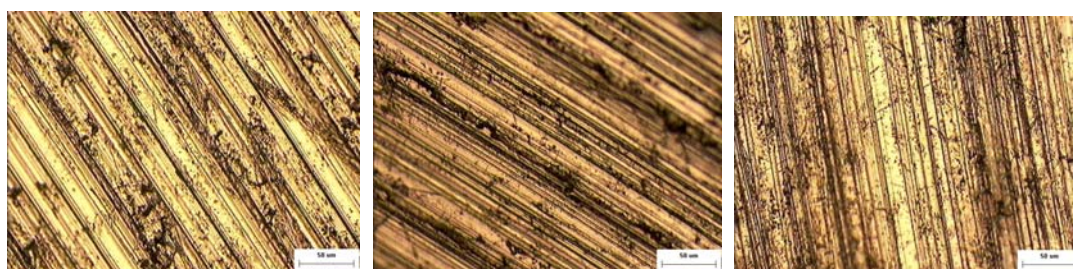
ภาพที่ 70 ลักษณะพื้นผิวหน้าลูกสูบของลูกสูบใหม่ กับลูกสูบที่ใช้ทดสอบน้ำมัน G100
จากการใช้งานรถจักรยานยนต์ทดสอบระบบหัวฉีด



ภาพที่ 71 ลักษณะพื้นผิวหน้าลูกสูบของลูกสูบใหม่ กับลูกสูบที่ใช้ทดสอบน้ำมัน J5
จากการใช้งานรถจักรยานยนต์ทดสอบระบบหัวฉีด



ภาพที่ 72 ลักษณะพื้นผิวหน้าลูกสูบของลูกสูบใหม่ กับลูกสูบที่ใช้ทดสอบน้ำมัน J10
จากการใช้งานรถจักรยานยนต์ทดสอบระบบหัวฉีด



ภาพที่ 73 แสดงการเปรียบเทียบลักษณะพื้นผิวหน้าลูกสูบของลูกสูบ G100, J5 และ J10
จากการทดสอบรถจักรยานยนต์ระบบหัวฉีด

จากการวิเคราะห์ผลกระทบที่เกิดขึ้นกับลูกสูบโดยการวัดค่าความขรุขระของพื้นผิว (Surface Roughness Tester) และการถ่ายภาพด้วยเครื่อง Optical Microscope พบว่าไม่สามารถแบ่งแยกความแตกต่างของพื้นผิววัสดุได้อย่างชัดเจนในระหว่างน้ำมันผสมทั้งสองชนิด และเครื่องยนต์ทดสอบทั้งสอง กล่าวคือ ในชิ้นส่วนเดียวกันแต่ตำแหน่งที่ต่างกัน บางตำแหน่งลูกสูบที่ใช้ G100 มีค่ามากกว่า บางตำแหน่ง J5 และ J10 มีค่ามากกว่า เพราะฉะนั้นจึงไม่สามารถสรุปได้น้ำมันตัวอย่างที่นำมาทดสอบใด ให้การสึกหรอที่มากกว่า

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

จากการศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติของน้ำมันผสมเบนซิน-สบูดำ กับมาตรฐานน้ำมันเบนซินปีโตรเลียมออกเทนัมเบอร์ 91 พบว่าน้ำมันผสมเบนซิน-สบูดำ พบว่าน้ำมันสบูดำสามารถผสมกันกับน้ำมันเบนซินได้เป็นอย่างดี โดยไม่มีการแยกชั้นหรือตกตะกอน การผสมทำให้ค่ากรดและความหนืดในน้ำมันเบนซินเพิ่มสูงขึ้น แต่ยังคงอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของน้ำมันตามที่กรมธุรกิจพลังงานกำหนด

เมื่อทำการศึกษาเปรียบเทียบสัดส่วนการผสมน้ำมันเบนซินกับน้ำมันสบูดำที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด ค่าความหนืด พบว่า เมื่อทำการผสมน้ำมันสบูดำในอัตราส่วนที่เกินกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ ทำให้คุณสมบัติของน้ำมันหลายประการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม โดยเฉพาะอย่างยิ่งค่าความหนืดของน้ำมัน ซึ่งค่าดังกล่าวได้สูงกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดจากกรมธุรกิจพลังงาน

จากการศึกษาเปรียบเทียบด้านสมรรถนะของเครื่องยนต์พบว่าน้ำมันผสมเบนซินสบูดำ 5 เปอร์เซ็นต์ สามารถใช้งานได้ดีทั้งเครื่องยนต์ระบบหัวฉีด และคาร์บูเรเตอร์ เครื่องยนต์เดินเรียบ ไม่มีอาการสะดุดลำลักแต่อย่างใด แต่น้ำมันดังกล่าวมีลักษณะของควันคล้ำขาวการเผาไหม้ของน้ำมันพิษ ในด้านมลพิษของเครื่องยนต์ยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ในด้านการใช้งานกับน้ำมันผสมเบนซิน-สบูดำ 10 เปอร์เซ็นต์ พบว่าเครื่องยนต์สามารถใช้งานได้ดี เครื่องยนต์เดินเรียบไม่พบอาการสะดุดขณะใช้งานแต่อย่างใด แต่เมื่อผ่านการใช้งานไปในระยะเวลาหนึ่ง พบอาการเครื่องยนต์สตาร์ทติดยากเนื่องจากมีปริมาณเขม่าตกค้างในเครื่องยนต์สูงกว่าการใช้งานเบนซิน 91

จากการศึกษาด้านการสึกหรอของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันผสมเบนซิน-สบูดำเบื้องต้น 1,000 km โดยการใช้งานหนักในกรุงเทพมหานคร พบว่า มีลักษณะของความสึกหรอไม่แตกต่างจากการใช้น้ำมันเบนซินปกติ โดยจากการศึกษาทั้งหมดไม่สามารถอธิบายได้อย่างชัดเจนถึงความสึกหรอที่เกิดขึ้นจากการใช้งาน เนื่องจากช่วงเวลาการทดสอบที่สั้นเกินไปและวิธีการวัดค่าดังกล่าวอาจ

ไม่ครอบคลุมถึงปัจจัยทั้งหมดที่ส่งผลต่อการสึกหรอของเครื่องยนต์ ซึ่งการสึกหรอดังกล่าวอาจมาจากปัจจัยอื่นที่ไม่ได้นำมาพิจารณา

ข้อเสนอแนะ

การศึกษาดังกล่าวเป็นการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้น้ำมันสบู่ดำผสมกับน้ำมันเบนซินปิโตรเลียม โดยการขับขี้อยู่เบื้องต้นในลักษณะการใช้งานหนักในกรุงเทพมหานคร 1,000 km อาจไม่เพียงพอต่อการสึกหรอของเครื่องยนต์ ที่แสดงให้เห็นได้อย่างชัดเจน ดังนั้น เพื่อให้การศึกษาดังกล่าวมีความถูกต้องยิ่งขึ้นควรมีการศึกษาในด้านผลกระทบต่อเครื่องยนต์ในระยะยาวด้วย

ควรมีการวิจัยเพิ่มเติมในส่วนของการใช้น้ำมันผสมเบนซิน-สบู่ดำ ในอัตราส่วนมากกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป เพื่อให้แสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการใช้งานน้ำมันผสมดังกล่าวได้อย่างชัดเจนยิ่งขึ้น

เนื่องจากการศึกษาวิจัยนี้ ได้ใช้รถจักรยานยนต์ที่ใช้แล้วในการทดสอบ การเสื่อมสภาพของรถจากการใช้งานมาแล้ว เป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อข้อมูลในการทดสอบ ดังนั้น เพื่อให้การทดสอบในลักษณะดังกล่าวได้ผลถูกต้องยิ่งขึ้นควรใช้รถที่ไม่ผ่านการใช้งานในการทดสอบ จะทำให้การควบคุมตัวแปรในการสึกหรอรัดกุมยิ่งขึ้น

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ, กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2550. รายงานผลการดำเนินงาน
ในปี 2545-2550

นพดล เวชวิฐาน. 2550. เครื่องยนต์หัวฉีดแก๊สโซลีน. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น),
กรุงเทพฯ

บุญธรรม ภัทราจารุกุล. 2542 เครื่องยนต์หัวฉีดแก๊สโซลีน. ซีเอ็ดยูเคชั่น, กรุงเทพฯ

บริษัท สยามเอ็นจิเนสปาร์คปลั๊ก จำกัด, 2551. ตารางการใช้หัวเทียนมอเตอร์ไซค์

บริษัท เอ.พี.ฮอนด้า จำกัด, 2550. พื้นฐานเครื่องยนต์ 4 จังหวะและเทคโนโลยีรถจักรยานยนต์
ฮอนด้า. ฝ่ายบริการหลังการขาย. บริษัท เอ.พี.ฮอนด้า จำกัด. กรุงเทพฯ

ปนัดดา นิรนาทล้ำพงศ์. 2547. การสึกหรอในงานอุตสาหกรรม. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-
ญี่ปุ่น). กรุงเทพฯ

ประณต กุลประสูตร. 2551 ทฤษฎีเครื่องยนต์เบนซิน. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,
ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ

กรมธุรกิจพลังงาน, 2549. ประกาศกรมธุรกิจพลังงาน เรื่อง กำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลสำหรับเครื่องยนต์การเกษตร (ไบโอดีเซลชุมชน). ราชกิจจานุเบกษา, เล่ม 123 ตอนพิเศษ 79 ง.

กรมธุรกิจพลังงาน, 2549. ประกาศกรมธุรกิจพลังงาน เรื่อง กำหนดลักษณะและคุณภาพของน้ำมันเบนซิน. ราชกิจจานุเบกษา, เล่ม 124 ตอนพิเศษ 5 ง.

พิชัย สราญรัมย์, 2548. **น้ำมันสบู่น้ำมันกับเครื่องยนต์ดีเซล**, คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัย
ราชภัฏรำไพพรรณี, จันทบุรี

ระพีพันธุ์ ภาสบุตร และสุขสันต์ สุทธิผลไพบูลย์ 2525. **ผลการวิจัยค้นคว้าการใช้้ำมันสบู่น้ำมันเป็น
พลังงานทดแทนเครื่องยนต์ดีเซลเพื่อใช้เป็นพลังงาน**. วารสารเกษตรก้าวหน้า. 14,4: 60-66.

วีระศักดิ์ กรัยวิเชียร. 2546. **เครื่องยนต์เผาไหม้ภายใน**. บริษัท วิทย์พัฒน์ จำกัด, กรุงเทพฯ.
แปลจาก John B. Heywood. 1988. **Internal Combustion Engine Fundamentals**.
McGRAW-HILL, USA.

ศักดิ์ ตั้งตระกูล. 2547. **งานจักรยานยนต์**. พิมพ์ครั้งที่ 1. ศูนย์ส่งเสริมอาชีพ, กรุงเทพฯ.

สำนักงานการค้าและการสำรอน้ำมันเชื้อเพลิง, กระทรวงพลังงาน. 2549. **รายงานสถิติการนำเข้าน้ำมัน
เชื้อเพลิงปี 2545-2549**

เสมอขวัญ ตันติกุล. 2545 **เครื่องยนต์สันดาปภายใน**. ศูนย์ส่งเสริมอาชีพ. กรุงเทพฯ

Asian Development Bank. 2008. **The European Union Emissions Standards**. Available Source:
<http://www.adb.org/vehicle-emissions/default.asp>, November 25, 2008

William H. and D.L. Anglin. 1980. **Small Engine Mechanics**. 2nd ed. McGraw-Hill Inc.,
New York.

Ganesan V. 2004. **Internal combustion Engines**. 2nd ed. International Edition, McGraw-Hill
Inc., New York.

Pulkrabek and Willard W. 2004. **Engineering Fundamentals of Internal Combustion Engines**,
2nd ed. International Edition, Pearson Education International.

Fuels from Agriculture in Communal Technology. 2008. **Quality Standard for Rapeseed Oil as a Fuel.** Jatropha Handbook, First Draft. Available Source: <http://www.fact-fuel.org>, November 20, 2008.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
การผลิตน้ำมันผสมเบนซิน-สบู่ดำ

1. กระบวนการสกัดน้ำมันสบู่ดำ

การสกัดน้ำมันสบู่ดำมีวิธีการ ดังนี้

1.1 นำเมล็ดสบู่ดำที่ได้ทำการผึ่งแดด เพื่อลดความชื้นในเนื้อเมล็ด

1.2 นำเมล็ดสบู่ดำที่ได้ไปทำการกระเทาะเปลือกให้แตกเพื่อเตรียมนำเข้าเครื่องสกัดน้ำมัน



ภาพผนวกที่ ก1 การบดเมล็ดสบู่ดำด้วยเครื่องกระเทาะเปลือกเมล็ดสบู่ดำ

1.3 นำเมล็ดสบู่ดำที่กระเทาะเปลือกแล้วเข้าเครื่องสกัดด้วยระบบอัดเกลียว (Screw Press) ดังแสดงในภาพที่ 74 ด้วยวิธีการดังกล่าวจะได้น้ำมันประมาณ 25-30% ของเนื้อเมล็ด มีปริมาณน้ำมันตกค้างในกาก ประมาณ 10-15% จึงได้นำเอากากมาทำการสกัดอีก 2-3 ครั้งจนไม่สามารถบีบน้ำมันได้อีก



ภาพผนวกที่ ก2 การสกัดน้ำมันสบูดำด้วยเครื่องสกัดแบบเกลียว (Screw press)

1.4 น้ำมันที่ทำการสกัดเรียบร้อยแล้วจะตั้งทิ้งไว้ประมาณ 1 สัปดาห์ เพื่อให้เกิดการแยกชั้น และง่ายต่อการกรองกากและตะกอน

1.5 นำน้ำมันสบูดำที่ได้ไปทำการกรองตะกอนหยาบด้วยผ้าขาวบาง ดังแสดงในภาพผนวกที่ 3 โดยจะได้น้ำมันที่เป็นสีเหลืองใส กลายน้ำมันพืช ดังแสดงในภาพผนวกที่ ก4



ภาพผนวกที่ ก3 การกรองตะกอนหยาบของน้ำมันสบูดำด้วยผ้าขาวบาง



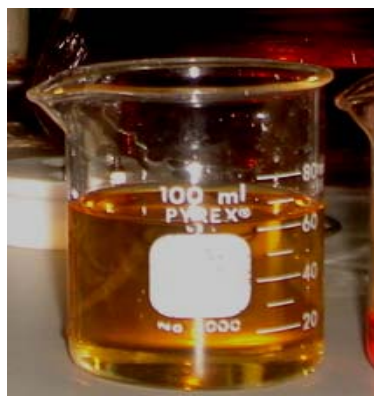
ภาพผนวกที่ ก4 น้ำมันสบูดำที่ผ่านการกรองตะกอนหยาบด้วยผ้าขาวบาง

1.6 เมื่อผ่านการกรองด้วยผ้าขาวบางแล้ว พบว่ายังมีตะกอนตกค้างในน้ำมัน จึงได้ทำการกรองละเอียดด้วยเครื่องกรองขนาด 3 ไมครอน โดยเครื่องกรองดังกล่าวใช้ไส้กรองแบบเซรามิก โดยมีลักษณะคล้ายเครื่องกรองน้ำ ดังแสดงในภาพผนวกที่ ก5



ภาพผนวกที่ 5 การกรองน้ำมันสบูดำด้วยเครื่องกรองตะกอนละเอียดขนาด 3 ไมครอน

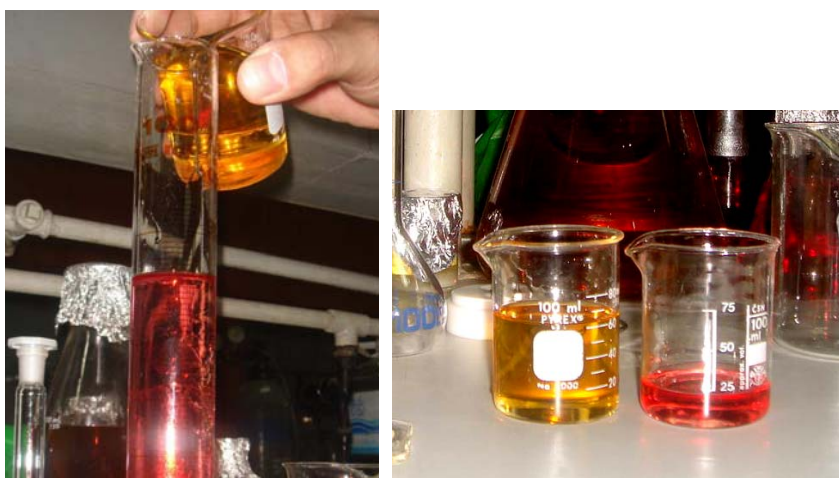
1.7 น้ำมันที่ผ่านการกรองจะมีลักษณะสีเหลืองใส สามารถนำไปใช้เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงได้ ดังแสดงในภาพผนวกที่ ก6



ภาพผนวกที่ ก6 น้ำมันสบู่ดำที่ผ่านการกรองด้วยเครื่องกรองตะกอนละเอียดขนาด 3 ไมครอน

2. กระบวนการผลิตน้ำมันผสมเบนซิน-สบู่ดำ

ในการผลิตน้ำมันผสมเบนซิน-สบู่ดำ ได้ทำการผลิตในห้องปฏิบัติการ ภาควิชาเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยการผสมจะใช้วิธีการวัดอัตราส่วนผสมโดยปริมาตร และน้ำมันเบนซินที่ใช้ในการผสมดังกล่าวเป็น น้ำมันเบนซินออกเทน 91 ของการปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย (ปตท.) สถาบันบริการน้ำมันมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เป็นน้ำมันพื้นฐาน ในการผสมจะทำการตวงน้ำมันเบนซินให้ได้ตามอัตราส่วนผสมที่กำหนด เช่น น้ำมันผสมเบนซิน-สบู่ดำ 5 เปอร์เซ็นต์ จะใช้น้ำมันเบนซินในอัตราส่วน 95 ต่อน้ำมันสบู่ดำ 5 เปอร์เซ็นต์ แล้วจึงนำน้ำมันสบู่ดำผสมเข้าไปตามสัดส่วน ดังแสดงในภาพผนวกที่ ก7



ภาพผนวกที่ ก7 การผสมน้ำมันเบนซินกับสบู่ดำตามอัตราส่วนผสม

ภาคผนวก ข

ผลการทดสอบคุณสมบัติของน้ำมันเบนซิน-สบู่อำ

1. ผลการวัดค่าความหนืดน้ำมันผสมเบนซิน-สบูดำ

การวัดจะใช้เครื่องวัดค่าความหนืดแบบ Kinematic โดยค่าความหนืดที่ได้มาจากการวัดการไหลของของเหลวภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก ซึ่งเครื่องมือที่ใช้วัดความหนืดแบบนี้คือหลอดวัดความหนืด (Viscometer Tube) ซึ่งการวัดความหนืดทำได้โดยจับเวลาการไหลของของเหลว สารที่ไหลได้เร็วจะมีความหนืดน้อย โดยมีรายละเอียดการวัดดังแสดงในตารางผนวกที่ ข1

ตารางผนวกที่ ข1 แสดงผลการทดสอบค่าความหนืดของน้ำมันสบูดำ และน้ำมันผสมที่อัตราผสมต่าง ๆ

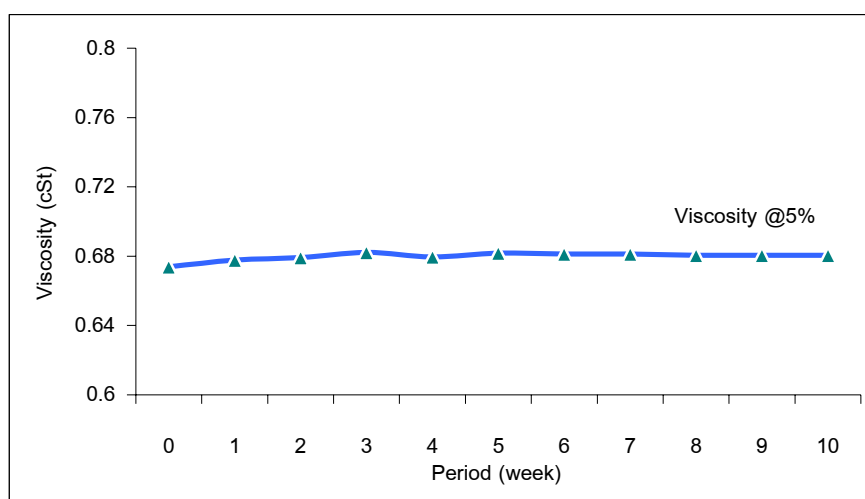
Sample	เวลาที่วัดได้ (วินาที)					ค่าเฉลี่ย	ค่าความหนืด
	1	2	3	4	5		
น้ำมันสบูดำ	423.33	424.15	423.66	424.04	423.71	423.69	42.97
น้ำมันเบนซินผสมสบูดำ 95:5	46.31	47.34	47.15	47.24	46.99	47.01	0.68
น้ำมันเบนซินผสมสบูดำ 90:10	52.86	52.90	52.80	52.69	52.86	52.82	0.76
น้ำมันเบนซินผสมสบูดำ 80:20	78.56	79.45	79.32	79.57	79.72	79.32	1.14
น้ำมันเบนซินผสมสบูดำ 70:30	116.52	116.96	117.69	117.89	117.43	117.30	1.69

- หมายเหตุ
- ทำการวัดค่าความหนืดโดยใช้วิธีการวัดแบบ Kinematic Viscosity
 - ทำการเตรียมตัวอย่างโดยการใส่หลอดแก้วอุ่นไว้ 30 นาที
 - ทดสอบที่อุณหภูมิ 40 ± 0.1 องศาเซลเซียส
 - ใช้หลอดแก้ววัดความหนืด Size 100 โดยมีค่า Constant @40C ที่ 0.01437 cSt/s และมีช่วงการวัดที่ 3-15 cSt
 - ใช้หลอดแก้ววัดความหนืด Size 200 โดยมีค่า Constant @40C ที่ 0.1015 cSt/s และมีช่วงการวัดที่ 20-100 cSt

1.1 การเปลี่ยนแปลงความหนืดของน้ำมันเบนซิน-สบูดำ 5% ในระยะเวลาต่าง ๆ

ตารางผนวกที่ ข2 ผลการเปลี่ยนแปลงความหนืดของน้ำมันเบนซิน-สบูดำ 5% ในระยะเวลาต่าง ๆ

สัปดาห์ที่ทดสอบ	เวลาที่วัดได้ (วินาที)					ค่าเฉลี่ย	ค่าความหนืด
	1	2	3	4	5		
0	46.35	47.22	47.15	47.24	46.54	46.90	0.6740
1	47.15	47.28	47.11	46.95	47.36	47.17	0.6778
2	46.97	47.55	47.3	47.52	46.99	47.27	0.6792
3	47.66	47.28	47.6	47.58	47.24	47.47	0.6822
4	46.98	47.26	47.33	47.37	47.51	47.29	0.6796
5	47.58	47.25	47.58	47.45	47.38	47.45	0.6818
6	47.58	47.24	47.37	47.45	47.42	47.41	0.6813
7	47.22	47.38	47.4	47.47	47.57	47.41	0.6813
8	47.37	47.27	47.46	47.35	47.32	47.35	0.6805
9	47.25	47.35	47.35	47.42	47.42	47.36	0.6805
10	47.39	47.32	47.35	47.35	47.38	47.36	0.6805

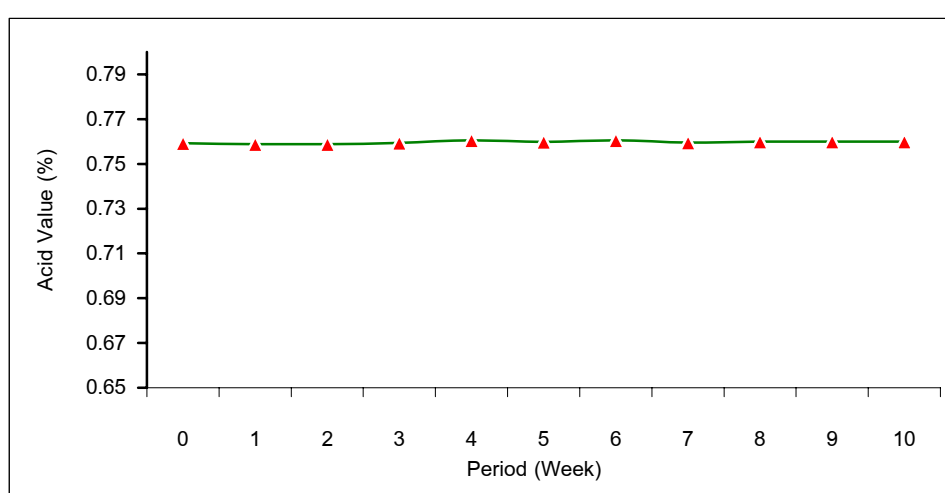


ภาพผนวกที่ ข1 แสดงเส้นแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงความหนืดของน้ำมันเบนซิน-สบูดำ 5%

1.2 การเปลี่ยนแปลงความหนืดของน้ำมันผสมเบนซิน-สบูดำ 10% ในระยะเวลาต่าง ๆ

ตารางผนวกที่ ข3 ผลการเปลี่ยนแปลงความหนืดของน้ำมันผสมเบนซิน-สบูดำ 10% ในระยะเวลาต่าง ๆ

ลำดับที่ทดสอบ	เวลาที่วัดได้ (วินาที)					ค่าเฉลี่ย	ค่าความหนืด
	1	2	3	4	5		
0	52.86	52.97	52.80	52.69	52.86	52.84	0.7593
1	52.88	52.78	52.84	52.74	52.77	52.80	0.7588
2	52.47	52.77	52.98	52.87	52.96	52.81	0.7589
3	52.67	52.85	52.77	52.93	52.99	52.84	0.7593
4	52.88	52.78	52.98	52.97	53.04	52.93	0.7606
5	52.99	52.86	52.84	52.75	52.94	52.88	0.7598
6	52.68	52.97	52.91	52.93	53.12	52.92	0.7605
7	52.67	52.88	52.95	52.91	52.89	52.86	0.7596
8	52.84	52.87	52.91	52.92	52.87	52.88	0.7599
9	52.88	52.82	52.83	52.94	52.97	52.89	0.7600
10	52.94	52.87	52.91	52.84	52.87	52.89	0.7600



ภาพผนวกที่ ข2 แสดงเส้นแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงความหนืดของน้ำมันเบนซิน-สบูดำ 10%

2. การวัดค่าความเป็นกรดของน้ำมันสบูดำ และ น้ำมันผสมเบนซิน-สบูดำ

ตารางผนวกที่ ข4 ผลการวัดค่าความเป็นกรดของน้ำมันสบูดำ และน้ำมันผสมเบนซิน-สบูดำ

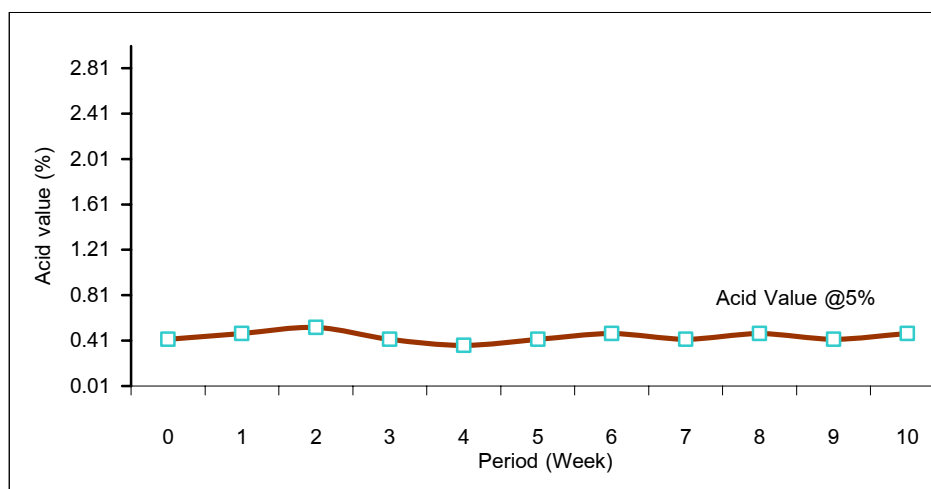
น้ำมันตัวอย่าง	ปริมาณ NaOH ที่ใช้ (มิลลิลิตร)			ค่าเฉลี่ย	ค่าเปอร์เซ็นต์ Free Fatty Acid
	1	2	3		
น้ำมันสบูดำ	2.9	2.7	2.9	2.83	4.42
น้ำมันเบนซินผสมสบูดำ 95:5	0.2	0.3	0.3	0.27	0.42
น้ำมันเบนซินผสมสบูดำ 90:10	0.4	0.4	0.5	0.43	0.68
น้ำมันเบนซินผสมสบูดำ 80:20	0.5	0.4	0.5	0.47	0.73
น้ำมันเบนซินผสมสบูดำ 70:30	0.5	0.5	0.6	0.53	0.83

หมายเหตุ : การคำนวณหาค่า Free Fatty Acid เทียบกับ Oleic เป็น %

2.1 การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดของน้ำมันผสมเบนซิน-สบูดำ 5% ในระยะเวลาต่าง ๆ

ตารางผนวกที่ ข5 การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดของน้ำมันเบนซิน-สบูดำ 5% ในระยะเวลาต่าง ๆ

สัปดาห์ที่ทดสอบ	ปริมาณ NaOH ที่ใช้ (มิลลิลิตร)			ค่าเฉลี่ย	ค่าเปอร์เซ็นต์ Free Fatty Acid
	1	2	3		
0	0.2	0.3	0.3	0.27	0.4163
1	0.3	0.2	0.4	0.30	0.4683
2	0.3	0.4	0.3	0.33	0.5204
3	0.2	0.3	0.3	0.27	0.4163
4	0.2	0.2	0.3	0.23	0.3643
5	0.3	0.2	0.3	0.27	0.4163
6	0.3	0.3	0.3	0.30	0.4683
7	0.3	0.2	0.3	0.27	0.4163
8	0.3	0.3	0.3	0.30	0.4683
9	0.3	0.3	0.2	0.27	0.4163
10	0.3	0.3	0.3	0.30	0.4683

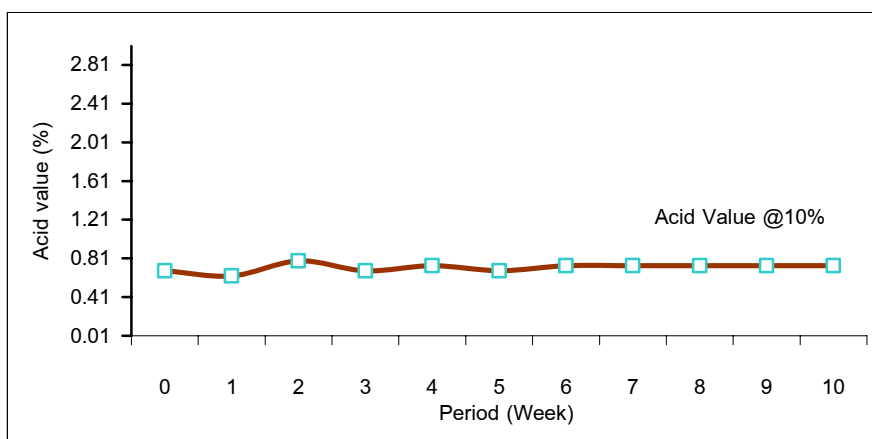


ภาพผนวกที่ ข3 แสดงเส้นแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดของน้ำมันเบนซิน-สบู่ดำ 5%

2.2 การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดของน้ำมันผสมเบนซิน-สบู่ดำ 10% ในระยะเวลาต่าง ๆ

ตารางผนวกที่ ข6 การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดของน้ำมันผสมเบนซิน-สบู่ดำ 10% ในระยะเวลาต่าง ๆ

ลำดับที่ทดสอบ	ปริมาณ NaOH ที่ใช้ (มิลลิลิตร)			ค่าเฉลี่ย	ค่าเปอร์เซ็นต์ Free Fatty Acid
	1	2	3		
0	0.4	0.4	0.5	0.43	0.68
1	0.4	0.4	0.4	0.40	0.62
2	0.5	0.5	0.5	0.50	0.78
3	0.4	0.5	0.4	0.43	0.68
4	0.5	0.5	0.4	0.47	0.73
5	0.5	0.4	0.4	0.43	0.68
6	0.5	0.5	0.4	0.47	0.73
7	0.5	0.4	0.5	0.47	0.73
8	0.4	0.5	0.5	0.47	0.73
9	0.5	0.4	0.5	0.47	0.73
10	0.4	0.5	0.5	0.47	0.73



ภาพผนวกที่ ข4 แสดงเส้นแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดของน้ำมันเบนซิน-สบูดำ 10%

3. ผลการทดสอบค่าคุณสมบัติน้ำมันจากการปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย

ตารางผนวกที่ ข7 สรุปผลการทดสอบค่าคุณสมบัติน้ำมันจากการปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย

Test Item	Sample				
	Method (ASTM)	Standard	Unleaded Gasoline 91	Gasoline – Jatropha Blended 5%	Gasoline – Jatropha Blended 10%
Acid Value	-	-	0.31%	0.42%	0.68%
Viscosity	D445	-	0.61 cSt	0.68 cSt	0.75 cSt
Density vis(700)	D4052	-	0.7429	0.7466	0.7566
API @60F	D4052	-	58.9	56.82	54.35
SG API @60F	D4052	-	0.7432	0.7514	0.7613
Distillation	D86				
IBP		-	35.9 °C	34.7 °C	35.7 °C
10% Evaporated		70 °C	54.5 °C	55.5 °C	51.9 °C
50% Evaporated		70-110 °C	95.9 °C	94.5 °C	92.1 °C
90% Evaporated		170 °C	162.9 °C	170.0 °C	172.9 °C
End Point		200 °C	195.6 °C	198.2 °C	331.4 °C
Residue		-	0.8 %Vol	5 %Vol	1 %Vol
Research Method (RON)	D2699	90.6	91.6	90.6	89.2
Motor Method (MON)	D2700	79.6	83	82	81

3.1 ความหนาแน่นของน้ำมันทดสอบ (ทดสอบโดย ปตท.)

ตารางผนวกที่ ข8 ความหนาแน่นของน้ำมันทดสอบเบนซิน-สบู่อำ 5%

Set Temperature	20 C
Density vis(700)	0.746636 g/cm ³
API 60F	56.82
SG API 60 F	0.75139
Rho API 15 C	0.75114 g/cm ³

ตารางผนวกที่ ข9 ความหนาแน่นของน้ำมันทดสอบเบนซิน-สบู่อำ 10%

Set Temperature	20 C
Density vis(700)	0.756639 g/cm ³
API 60F	54.35
SG API 60 F	0.76137
Rho API 15 C	0.76112 g/cm ³

ภาคผนวก ค

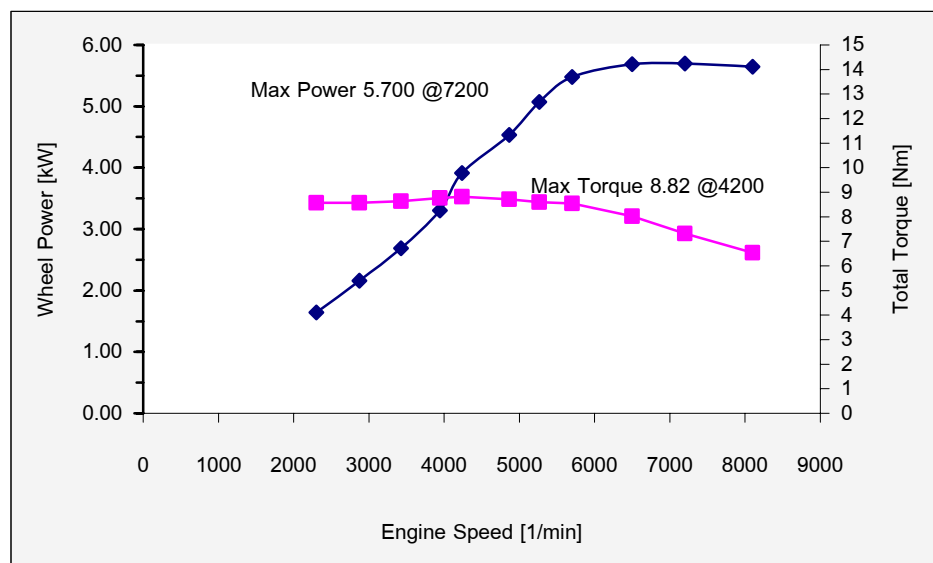
ข้อมูลการทดสอบรถจักรยานยนต์

1. บันทึกการตรวจวัดค่าสมรรถนะจากกรมควบคุมมลพิษ

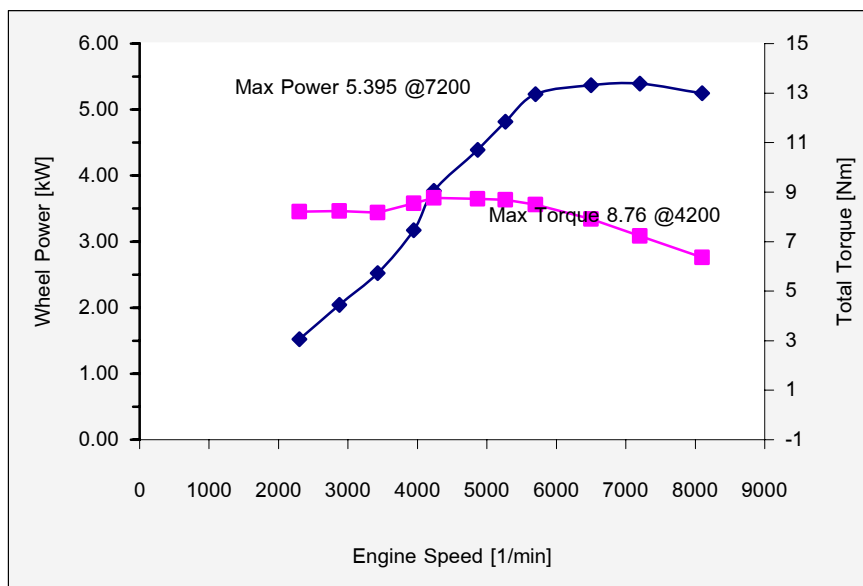
ตารางผนวกที่ ค1 บันทึกการตรวจวัดค่าสมรรถนะรถจักรยานยนต์ทดสอบระบบคาร์บูเรเตอร์

Factor		ผลการตรวจวัดที่ความเร็วต่างๆ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)										
ความเร็ว (km/hr)		15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65
Force (N)	G100	356.4	356.3	359.4	364.5	366.9	362.5	357.5	355.5	333.8	304.2	271.6
	J5	342.8	343.6	341.3	356.8	365.8	364.1	362.9	354.6	330.3	301.6	265.5
	J10	338.3	340.8	335.3	338.9	352.4	344.9	344.8	343.8	299	266.1	-
Torque (N.m)	G100	8.57	8.57	8.64	8.76	8.82	8.71	8.59	8.55	8.02	7.31	6.53
	J5	8.21	8.23	8.18	8.55	8.76	8.72	8.69	8.49	7.91	7.22	6.36
	J10	8.36	8.42	8.29	8.38	8.71	8.52	8.52	8.50	7.39	6.58	-
ประสิทธิภาพ (kw)	เกียร์ 1	2.460	3.290	4.065	5.113	6.081	7.081	7.766	8.444	8.661	8.702	8.468
	เกียร์ 2 G100	1.645	2.160	2.685	3.305	3.915	4.535	5.070	5.480	5.685	5.700	5.645
	เกียร์ 2 J5	1.525	2.040	2.520	3.17	3.770	4.390	4.815	5.235	5.370	5.395	5.25
	เกียร์ 2 J10	1.580	2.080	2.605	3.215	3.750	4.320	4.785	5.085	5.135	5.050	-
	เกียร์ 3	1.131	1.514	1.870	2.352	2.797	3.257	3.572	3.884	3.984	4.003	3.895
	เกียร์ 4	0.908	1.215	1.501	1.888	2.245	2.614	2.867	3.117	3.198	3.213	3.126
ความเร็วรอบ เกียร์ 1 (rpm)		3710	4635	5524	6361	6831	7850	8494	9194	10484	11613	13065
ความเร็วรอบ เกียร์ 2 (rpm)		2300	2874	3425	3944	4235	4867	5266	5700	6500	7200	8100

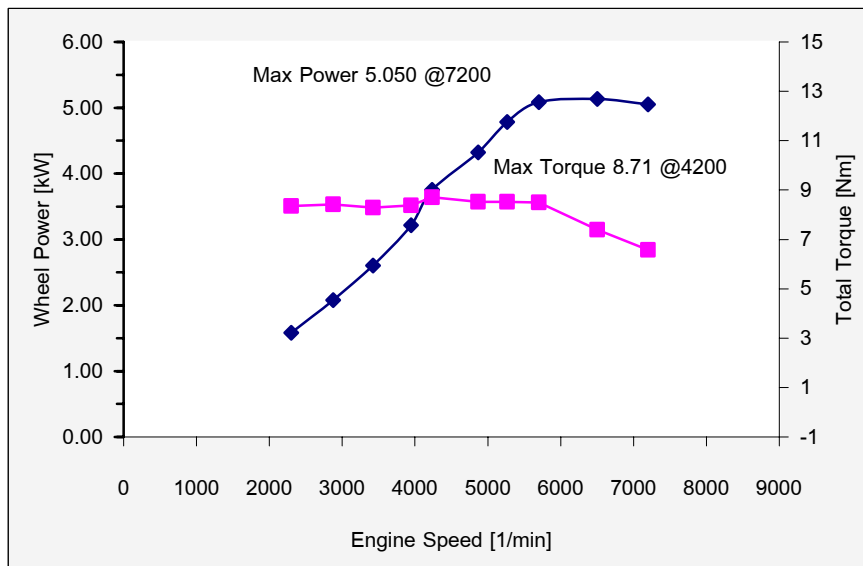
ความเร็วรอบ เกียร์ 3 (rpm)	1706	2132	2541	2926	3142	3611	3907	4229	4823	5342	6010
ความเร็วรอบ เกียร์ 4 (rpm)	1370	1711	2040	2349	2522	2898	3136	3394	3871	4287	4823



ภาพผนวกที่ ค1 แสดงสมรรถนะของรถจักรยานยนต์ทดสอบระบบคาร์บูเรเตอร์เมื่อใช้น้ำมันเบนซิน 91



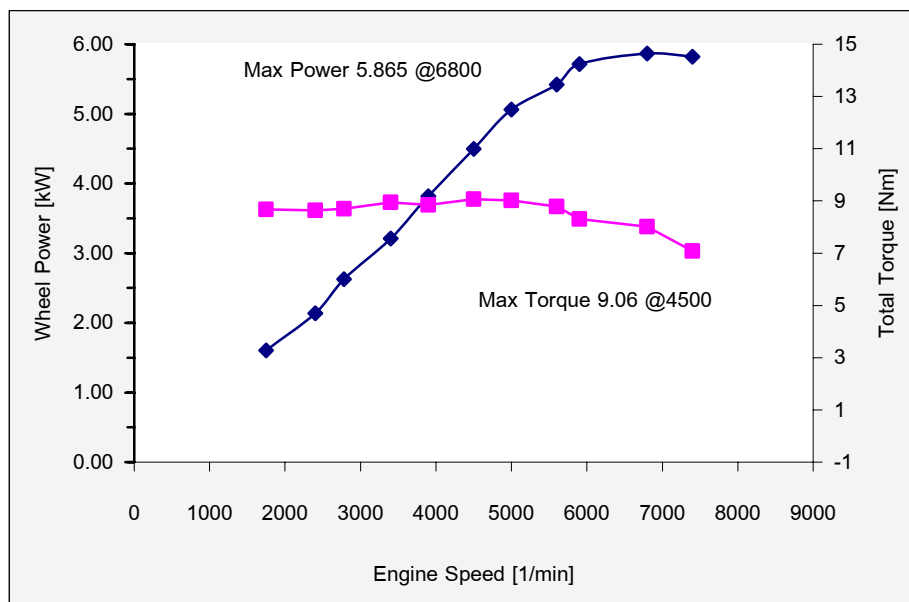
ภาพผนวกที่ ค2 แสดงสมรรถนะของรถจักรยานยนต์ทดสอบระบบคาร์บูเรเตอร์เมื่อใช้น้ำมันเบนซิน-สบู่อำ 5%



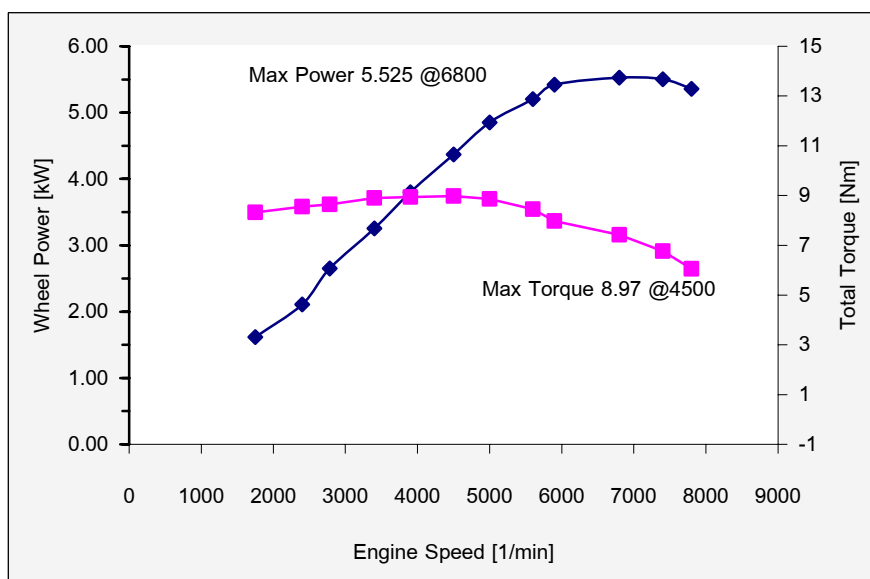
ภาพผนวกที่ ค3 แสดงสมรรถนะของรถจักรยานยนต์ทดสอบระบบคาร์บูเรเตอร์เมื่อใช้น้ำมันเบนซิน-สบู่อำ 10%

ตารางผนวกที่ ค2 บันทึกการตรวจวัดค่าสมรรถนะรถจักรยานยนต์ทดสอบระบบหัวฉีด

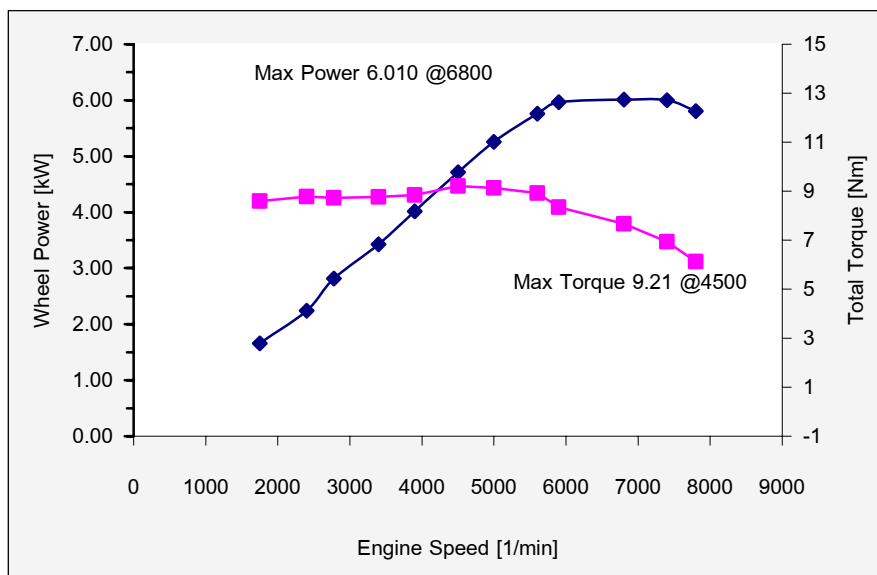
FACTOR		ผลการตรวจวัดที่ความเร็วต่างๆ (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)											
ความเร็ว (km/hr)		15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
Force (N)	G100	346.7	345.3	347.6	357.4	353.4	362.1	360.3	351.1	331.9	320.4	283.0	-
	J5	347.2	356.9	360.3	371.1	373.1	374.2	369.4	352.3	332.5	309.4	282.0	252.7
	J10	362.0	369.9	367.8	369.2	372.6	388	384.6	375.7	351.8	322.9	292.1	257.8
Torque (N.m)	G100	8.67	8.64	8.70	8.94	8.84	9.06	9.01	8.78	8.30	8.02	7.08	-
	J5	8.32	8.56	8.64	8.90	8.94	8.97	8.85	8.45	7.97	7.42	6.76	6.06
	J10	8.59	8.78	8.73	8.76	8.84	9.21	9.13	8.92	8.35	7.66	6.93	6.12
ประสิทธิภาพ (kw)	เกียร์ 1	2.605	3.403	4.274	5.250	6.129	7.048	7.823	8.395	8.742	8.911	8.879	8.645
	เกียร์ 2 G100	1.605	2.140	2.625	3.210	3.815	4.495	5.060	5.420	5.715	5.865	5.820	-
	เกียร์ 2 J5	1.615	2.110	2.650	3.255	3.800	4.370	4.850	5.205	5.420	5.525	5.505	5.360
	เกียร์ 2 J10	1.660	2.240	2.815	3.425	4.015	4.715	5.255	5.760	5.965	6.010	6.000	5.805
	เกียร์ 3	1.198	1.565	1.966	2.415	2.819	3.242	3.598	3.862	4.021	4.099	4.084	3.977
	เกียร์ 4	0.962	1.256	1.578	1.938	2.263	2.602	2.888	3.099	3.228	3.290	3.278	3.192
ความเร็วรอบ เกียร์ 1 (rpm)		2823	3871	4484	5484	6290	7258	8065	9032	9516	10968	11935	12581
ความเร็วรอบ เกียร์ 2 (rpm)		1750	2400	2780	3400	3900	4500	5000	5600	5900	6800	7400	7800
ความเร็วรอบ เกียร์ 3 (rpm)		1298	1781	2063	2523	2894	3339	3710	4155	4377	5045	5490	5787
ความเร็วรอบ เกียร์ 4 (rpm)		1042	1429	1655	2025	2322	2680	2977	3335	3513	4049	4407	4645



ภาพผนวกที่ ค4 แสดงสมรรถนะของรถจักรยานยนต์ทดสอบระบบหัวฉีดเมื่อใช้น้ำมันเบนซิน 91



ภาพผนวกที่ ค5 แสดงสมรรถนะของรถจักรยานยนต์ทดสอบระบบหัวฉีดเมื่อใช้น้ำมัน
เบนซิน-สบูดำ 5% (J5)



ภาพผนวกที่ ค6 แสดงสมรรถนะของรถจักรยานยนต์ทดสอบระบบหัวฉีดเมื่อใช้น้ำมัน
เบนซิน-สบูดำ 10% (J10)

2. บันทึกการตรวจวัดค่ามลพิษไอเสียทางอากาศและเสียง กรมการขนส่งทางบก

ตารางผนวกที่ ค3 บันทึกการตรวจวัดค่ามลพิษไอเสียทางอากาศและเสียงรถจักรยานยนต์ระบบคาร์บูเรเตอร์

สารมลพิษ	ค่ามาตรฐาน	น้ำมันตัวอย่าง											
		น้ำมันเบนซินออกเทน 91				น้ำมันผสมสบูดำ-เบนซิน 5%				น้ำมันผสมสบูดำ-เบนซิน 10%			
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)	ไม่เกิน 4.5%	2.52	2.87	2.55	2.65	0.39	1.08	0.63	0.70	2.21	0.86	1.33	1.47
ก๊าซไฮโดรคาร์บอน (HC)	ไม่เกิน 10,000 ppm	410	190	270	290	65	70	130	88.33	50	40	50	46.67
ระดับเสียง (dB)	ไม่เกิน 95 dB	88.8	89.4	89.3	89.17	95.0	91.0	93.5	93.17	90.0	88.8	86.8	88.53

ตารางผนวกที่ ค4 บันทึกการตรวจวัดค่ามลพิษไอเสียทางอากาศและเสียงรถจักรยานยนต์ระบบหัวฉีด

สารมลพิษ	ค่ามาตรฐาน	น้ำมันตัวอย่าง											
		น้ำมันเบนซินออกเทน 91				น้ำมันผสมสบูดำ-เบนซิน 5%				น้ำมันผสมสบูดำ-เบนซิน 10%			
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO)	ไม่เกิน 4.5%	0.71	0.28	0.79	0.59	0.99	0.55	0.85	0.80	0.14	0.19	0.09	0.14
ก๊าซไฮโดรคาร์บอน (HC)	ไม่เกิน 10,000 ppm	50	110	40	66.67	55	50	40	48.33	20	30	30	26.67
ระดับเสียง (dB)	ไม่เกิน 95 dB	87.5	87.6	89.2	88.10	79.1	91.2	89.0	86.43	91.1	90.5	89.2	90.27

3. การทดสอบประสิทธิภาพหัวเทียนจากการใช้น้ำมันผสมเบนซิน-สบู่ดำ

ตารางผนวกที่ ค5 การทดสอบประสิทธิภาพหัวเทียนจากการใช้น้ำมันผสมเบนซิน-สบู่ดำ

Item	Spec	Inspection	Gasoline 91		Gasoline-Jatropha Blended 5%		Gasoline-Jatropha Blended 5%	
			Honda Wave 125R	Honda Wave 125i	Honda Wave 125R	Honda Wave 125i	Honda Wave 125R	Honda Wave 125i
Part Number			CPR6EA-9	CPR6EA-9	CPR6EA-9	CPR6EA-9	CPR6EA-9	CPR6EA-9
Insulation resistance	$\geq 500\text{ M}\Omega$	Multimeter	∞	∞	∞	∞	∞	∞
Sparking	$\geq 8\text{ kg/cm}^2$	Sparking M/C	11.5	11.5	11.5	8.5	7.5	4.5
Inside Resistance	$3.0\text{-}7.5\text{ k}\Omega$	Resistant Meter	4.039	5.438	5.72	4.832	4.818	4.730
Judge ment			OK	OK	OK	OK	NG	NG

4. ผลการเปรียบเทียบทางสถิติจากการวัดขนาดของลูกสูบด้วยวิธี T-Test จากโปรแกรม SPSS

ตารางผนวกที่ ค6 แสดงค่า T-Test จากตาราง ANOVA ของรถจักรยานยนต์ระบบคาร์บูเรเตอร์

Sample		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	NEW - G100	-.0150	.01509	.00477	-.0258	-.0042	-3.143	9	.012
Pair 2	NEW - J5	-.0020	.01687	.00533	-.0141	.0101	-.375	9	.716
Pair 3	NEW - J10	-.0120	.01398	.00442	-.0220	-.0020	-2.714	9	.024

ตารางผนวกที่ ค7 แสดงค่า T-Test จากตาราง ANOVA ของรถจักรยานยนต์ระบบหัวฉีด

Sample		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Pair 1	NEW - G100	.0020	.01135	.00359	-.0061	.0101	.557	9	.591
Pair 2	NEW - J5	-.0010	.00738	.00233	-.0063	.0043	-.429	9	.678
Pair 3	NEW - J10	.0040	.01647	.00521	-.0078	.0158	.768	9	.462

ภาคผนวก ง

รูปแบบการทดสอบมลพิษไอเสียจากเครื่องยนต์

1. ระบบเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ

เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างและตรวจวัดปริมาณสารมลพิษทางอากาศจากยานพาหนะ ประกอบด้วย

1.1 แชสซิสไดนาโมมิเตอร์ (Chassis Dynamometer) ประกอบด้วย ลูกกลิ้ง (Roller) พัดลมระบายความร้อน (Cooling fan) ที่ให้ความเร็วลมแปรตามความเร็วของลูกกลิ้ง

1.2 ระบบเก็บตัวอย่าง (Exhaust gas sampling system) เป็นเครื่องมือสำหรับใช้เก็บและเตรียมตัวอย่างสำหรับการตรวจวัดปริมาณสารมลพิษ ทั้งแบบ วัดโดยตรง (Direct Sampler) และ วัดโดยการเจือจางไอเสีย (Constant Volume Sampler (CVS))

1.3 ระบบวิเคราะห์ค่ามลพิษ (Emission analysis system) สามารถวัดค่ามลพิษได้ทั้งแบบ Direct Measurement และ CVS Measurement โดยมีระบบวิเคราะห์ดังนี้

ตารางผนวกที่ ๑1 วิธีที่ใช้ในการตรวจวัดวิเคราะห์ค่ามลพิษ

วิธีการตรวจวัด	สารมลพิษ	เครื่องมือ
Direct Measurement	CO/CO ₂	Non-Dispersive Infrared (NDIR)
	HC	Flame Ionization Detector (FID)
	NO _x	Chemiluminescence Detector (CLD)
CVS Measurement	CO/CO ₂	Non-Dispersive Infrared (NDIR)
	THC (Total HC)	Flame Ionization Detector (FID)
	NO _x	Chemiluminescence Detector (CLD)
Weighing	Particulate Matter (PM)	Micro Balance

1.4 ระบบควบคุมการทำงานและประมวลผลข้อมูล (Vehicle emission test control system) ประกอบด้วยเครื่องควบคุมการทำงานและประมวลผล อุปกรณ์ช่วยการขับรถยนต์ (Driver's Aid)

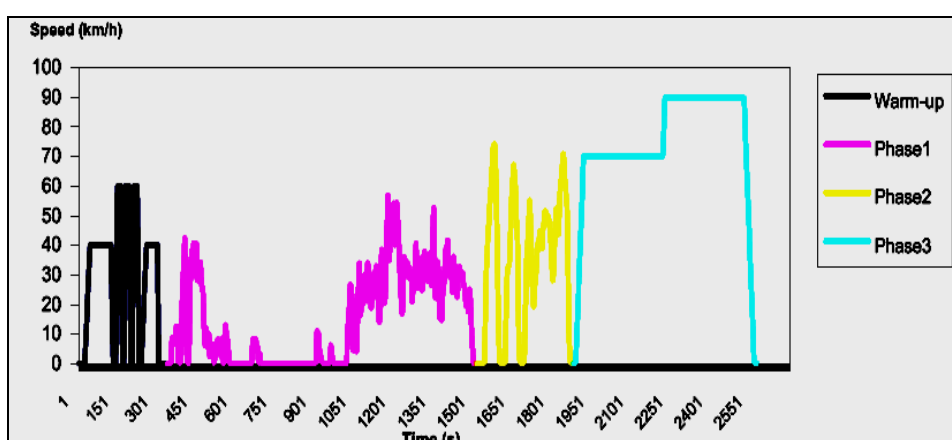
1.5 อุปกรณ์และวัสดุต่าง ๆ สำหรับปรับเทียบเครื่องมือ (Calibration equipment)

1.6 แก๊สชนิดต่าง ๆ สำหรับการวิเคราะห์และปรับเทียบเครื่องมือ (Calibration and operating gases)

2. ระบบการวัดสมรรถนะของเครื่องยนต์

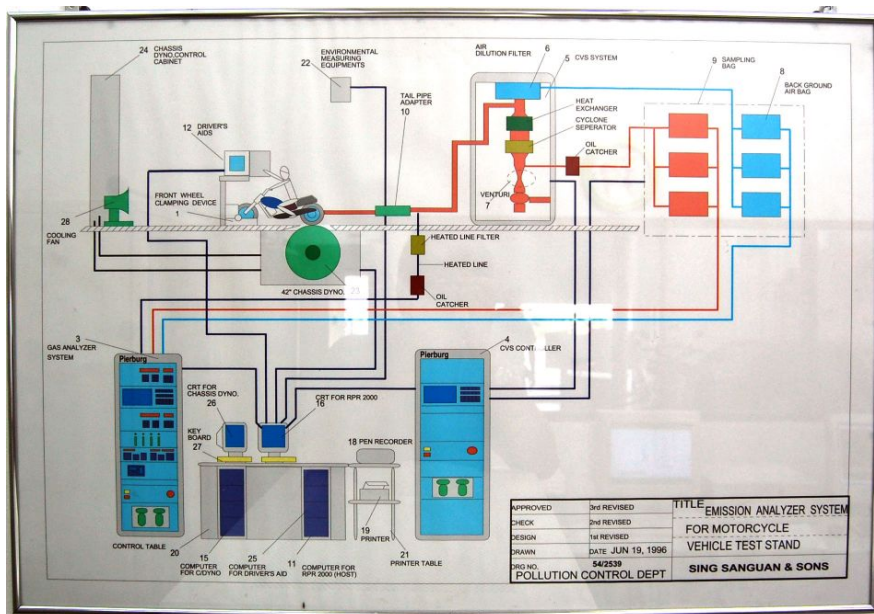
การวัดสมรรถนะของเครื่องยนต์จะใช้รูปแบบการจำลองการขับขี่แบบกรุงเทพมหานคร โดยแบ่งออกเป็น 4 เฟส คือ

- 2.1 Warm Up Phase ซึ่งเป็นการวอร์มเครื่องยนต์ให้พร้อมต่อการขับขี่
- 2.2 Phase 1 เป็นการจำลองการขับขี่ความเร็วสูงในระยะเวลาสั้น มีระยะทาง 3.305 กม.
- 2.3 Phase 2 เป็นการจำลองการขับขี่ทั่วไปโดยใช้ความเร็วไม่คงที่ มีระยะทาง 3.312 กม.
- 2.4 Phase 3 เป็นการจำลองการขับขี่ที่ระยะทางมากขึ้นและความเร็วสูงขึ้น มีระยะทางประมาณ 6.626 กม.



ภาพผนวกที่ ง1 รูปแบบการจำลองการขับขี่แบบกรุงเทพมหานคร
ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ (2551)

การทดสอบมีขั้นตอนของการทดสอบโดยเริ่มจากการนำรถยนต์ขึ้นวิ่งบนแท่นทดสอบ (Chassis Dynamometer) และทำการขับขี่รถยนต์ทดสอบตามรูปแบบการขับขี่มาตรฐาน (Driving Cycle) ดังแสดงในภาพผนวก ง1 ซึ่งการทดสอบดังกล่าวเป็นการจำลองสภาพการวิ่งของรถยนต์ให้ใกล้เคียงกับการวิ่งบนถนนให้มากที่สุด เพื่อให้ปริมาณมลพิษที่เกิดขึ้นมีปริมาณที่ใกล้เคียงจากการใช้งานรถยนต์จริง ขณะทำการขับขี่ระบบการเก็บตัวอย่างไอเสีย (Constant Volume Sampling : CVS) จะทำการเก็บตัวอย่างไอเสีย และเมื่อเสร็จสิ้นการขับขี่ ระบบวิเคราะห์ห้มลพิษจะประมวลผลต่อไป โดยระบบประมวลผลจะประเมินความเข้มข้นของมลพิษแต่ละชนิดในหน่วยของกรัมต่อกิโลเมตรต่อคัน ซึ่งแสดงระบบการตรวจวัดไว้ในภาพผนวก ง2



ภาพผนวกที่ 2 แสดงระบบของ Chassis Dynamometer ที่ใช้ในการทดสอบ

3. การวัดอัตราสิ้นเปลืองของเครื่องยนต์

ในการวัดอัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์นั้นจะทำการทดสอบโดยวิธี Carbon Balance ซึ่งวิธีดังกล่าวเป็นการคำนวณอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงย้อนกลับจากไอเสียที่เกิดขึ้นจากการใช้งาน ค่าความหนาแน่นของน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบมาทำการเปรียบเทียบอ้างอิงในการทดสอบ

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นายณัฐวุฒิ ศศิธร
วัน เดือน ปี ที่เกิด	2 กุมภาพันธ์ 2527
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่
ประวัติการศึกษา	วศ.บ. (วิศวกรรมเกษตร) มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ผลงานทางวิชาการ	1. ผลงานวิจัย เรื่อง “การศึกษาทดลองปรับสภาพเปอร์เซ็นต์กรดไขมันอิสระและความหนืดสำหรับเชื้อเพลิงผสมน้ำมันสบู่ดำ-น้ำมันเบนซิน” การประชุมวิชาการ ครั้งที่ 46 วันที่ 29 มกราคม – 1 กุมภาพันธ์ 2551 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2. ผลงานวิจัย เรื่อง “การศึกษาการใช้ไขมันผสม เบนซิน-สบู่ดำ เป็นเชื้อเพลิงในรถจักรยานยนต์ระบบคาร์บูเรเตอร์” การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 22 วันที่ 15-17 ตุลาคม 2551 มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต 3. ผลงานวิจัย เรื่อง “การศึกษาเปรียบเทียบสมรรถนะและอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและค่ามลพิษโดยใช้น้ำมันผสมเบนซิน-สบู่ดำและน้ำมันเบนซิน91 เป็นเชื้อเพลิงในรถจักรยานยนต์ระบบหัวฉีด” การประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 5 วันที่ 8-9 ธันวาคม 2551 4. ผลงานวิจัย เรื่อง “น้ำมันดิบสบู่ดำ : มาตรฐานเชื้อเพลิงชีวภาพของประเทศไทย” การประชุมวิชาการ ครั้งที่ 47 วันที่ 17-20 มีนาคม 2551 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 5. ผลงานวิจัย เรื่อง “การศึกษาเปรียบเทียบการใช้ไขมันผสม เบนซิน-สบู่ดำ 10 เปอร์เซ็นต์เป็นเชื้อเพลิงในรถจักรยานยนต์ระบบคาร์บูเรเตอร์และหัวฉีด” การประชุมวิชาการ ครั้งที่ 47 วันที่ 17-20 มีนาคม 2551 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์