

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการย่อยที่ 6 เรื่อง

การพัฒนาเครื่องยนต์ดีเซลให้สามารถใช้ได้กับน้ำมันหลายประเภท

A DEVELOPMENT OF MUTI-FUEL DIESEL ENGINE

ชุดโครงการวิจัย เรื่อง

การใช้สบู่ดำเพื่อเป็นเชื้อเพลิงทดแทน

A USE OF CURCAS SEED AND CURCAS OIL AS ALTERNATIVE
FUELS

โดย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิชัย	อัมมมงคล	หัวหน้าโครงการ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สีนสุภา	จ้อยจุลเจิม	ผู้ร่วมโครงการ
อาจารย์ สมชาย แยมใส		ผู้ร่วมโครงการ
นาย ดำรง	พลุดำริห์	ผู้ร่วมโครงการ

พฤษภาคม 2551

114 ส.ก. 2552

โครงการย่อยที่ 5

การพัฒนาเครื่องยนต์ดีเซลให้สามารถใช้ได้กับน้ำมันหลายประเภท

(A Development of Multi-Fuel Diesel Engine)

หน่วยงานหลักที่รับผิดชอบงานวิจัย

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
องครักษ์ ถนนรังสิต-องครักษ์ จ.นครนายก 26120

คณะผู้วิจัย และสัดส่วนที่ทำงานวิจัย

หัวหน้าโครงการ ดร.พิชัย อัมมมงคล (50%)

ผู้ร่วมวิจัย ผศ.ดร. สีนสุภา จุ้ยจุลเจิม (20%)

ผู้ร่วมวิจัย อาจารย์ สมชาย แยมใส (20%)

ผู้ร่วมวิจัย นาย ดำรงค์ พลุดำริห์ (10%)

ประเภทของการวิจัย

เป็นการวิจัยประยุกต์เพื่อพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีที่เหมาะสมลงสู่ชุมชน

สาขาวิชาการและกลุ่มวิชาที่ทำการวิจัย

สาขาวิศวกรรมศาสตร์ และอุตสาหกรรมวิจัย

คำสำคัญ (Keywords) ของโครงการวิจัย

เครื่องยนต์ดีเซล สมรรถนะ เชื้อเพลิงไบโอดีเซล เชื้อเพลิงทดแทน

หลักการและเหตุผล

ปัญหาด้านพลังงานและเชื้อเพลิง นับว่าเป็นปัญหาที่สำคัญยิ่งของประเทศไทยมาโดยตลอด โดยเฉพาะ เชื้อเพลิงน้ำมันสำหรับการขนส่ง ทั้งนี้เนื่องจากประเทศไทยมีแหล่งทรัพยากรธรรมชาติด้าน พลังงานไม่พอเพียงต่อความต้องการใช้ภายในประเทศ ซึ่งนับวันความต้องการจะสูงขึ้นเรื่อย ๆ ตามสภาพเศรษฐกิจอุตสาหกรรมที่เจริญเติบโตอย่างต่อเนื่อง แม้ว่าในช่วงหลังของปี พ.ศ. 2539 ประเทศไทยต้องประสบกับภาวะวิกฤติทางเศรษฐกิจ แต่อัตราการใช้พลังงานและเชื้อเพลิงภายในประเทศก็มิได้มีแนวโน้มลดลงมากนัก ในปี พ.ศ. 2544 ประเทศไทยมีอัตราการใช้เชื้อเพลิงเฉพาะน้ำมันสำเร็จรูปมีปริมาณโดยเฉลี่ยสูงถึงประมาณ 34,818.7 ล้านลิตร หรือประมาณ 95 ล้านลิตรต่อวัน ซึ่งน้ำมันดีเซลมีอัตราการใช้มากที่สุด 15,221.3 ล้านลิตร และ

รองลงมาคือน้ำมันแก๊สโซลีน 6,857.1 ล้านลิตร ซึ่งจากอัตราการใช้ดังกล่าวกว่า 90% ของปริมาณการใช้น้ำมันในประเทศทั้งหมดประเทศไทยต้องพึ่งพาการนำเข้าจากต่างประเทศ ประเทศไทยมีอัตราการนำเข้าน้ำมันจากต่างประเทศในปี พ.ศ. 2544 ถึง 41,642 ล้านลิตร คิดเป็นมูลค่ากว่า 278,376 ล้านบาท ซึ่งสูงกว่ารายได้จากการส่งออก ข้าว มันสำปะหลัง น้ำมันปาล์ม และไก่แช่แข็งรวมกันเสียอีก ได้มีการประมาณการการนำเข้าน้ำมันดิบในอนาคตของประเทศไทยในปี 2554 หรืออีก 6 ปีข้างหน้าปริมาณการนำเข้าน้ำมันดิบของประเทศไทยจะเพิ่มเป็น 47,036.08 ล้านลิตร หรือเพิ่มขึ้นประมาณ 13% จากในปัจจุบัน และนอกจากนี้ปัญหาที่สำคัญอีกประการหนึ่งในการนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิงก็คือ ราคาน้ำมันซึ่งมีแนวโน้มสูงขึ้นตลอดมา อันเป็นอุปสรรคอย่างยิ่งในการแก้ไขปัญหาเศรษฐกิจของประเทศ และที่สำคัญมีการคาดการณ์กันว่าปริมาณน้ำมันของโลกอาจถูกใช้หมดภายในประมาณ 50 ปีข้างหน้าหากยังมีอัตราการใช้น้ำมันในปริมาณที่สูงเช่นปัจจุบัน

จากปัญหาดังกล่าวข้างต้นทำให้การแสวงหาแหล่งพลังงานและเชื้อเพลิงจากทรัพยากรภายในประเทศเพื่อทดแทนการนำเข้าน้ำมันว่า หากสามารถทดแทนการนำเข้าน้ำมัน เชื้อเพลิงได้ แม้เพียงบางส่วนก็จะยังประโยชน์อันมหาศาลแก่ประเทศ ในการลดการขาดดุลย์ เงินตราต่างประเทศ ซึ่งปัจจุบันสิ่งที่ประเทศไทยดำเนินการอยู่เป็นหลักก็คือ การใช้ก๊าซธรรมชาติจากอ่าวไทย และฝั่งทะเลอันดามัน ทดแทนน้ำมันเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า แต่สิ่งที่น่าสนใจอีกประการหนึ่งก็คือ การผลิตเชื้อเพลิงจากผลิตผลทางการเกษตร โดยการนำผลผลิตทางการเกษตรที่มีปัญหาราคาตกต่ำมาแปรรูปเป็นน้ำมันเชื้อเพลิง หรือสารเติมแต่งเพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำมันเชื้อเพลิง เช่น การผลิตเอทานอล (Ethanol) จากมันสำปะหลัง อ้อย หรือธัญพืชอื่น ๆ เพื่อนำไปผสมกับน้ำมันแก๊สโซลีน หรือ ดีเซล หรือใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนโดยตรงก็ได้ ซึ่งมีตัวอย่างการใช้งานมาแล้วทั้งในประเทศบราซิล สหรัฐอเมริกาและในกลุ่มประเทศประชาคมเศรษฐกิจยุโรป [1]

ดังผลการวิจัยและการใช้งานมาแล้วในหลายประเทศเช่นกัน การใช้เชื้อเพลิงจาก ผลิตผลทางการเกษตรนั้น นอกจากจะช่วยลดการนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิงลงได้แล้ว ยังจะช่วยแก้ปัญหาผลิตผลทางการเกษตรล้นตลาดได้ นอกจากนี้แล้วการใช้ เชื้อเพลิงจากผลิตผลทางการเกษตรทดแทนน้ำมันจากปิโตรเลียมนั้นยังส่งผลทำให้มลภาวะในอากาศโดยเฉพาะ Carbonmonoxide, Unburned Hydrocarbon และ Particulate Matter ลดลง นอกจากนี้ยังจะช่วยลด Carbondioxide ซึ่งมีผลกระทบโดยตรงต่อสภาวะเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศ

นอกจากนี้เครื่องยนต์ดีเซลเป็นเครื่องยนต์ที่ใช้กันมากและแพร่หลาย อีกทั้งยังมีขนาดใหญ่ และใช้เชื้อเพลิงมาก แต่มีข้อด้อยคือไม่มีความยืดหยุ่นในเชื้อเพลิงที่ใช้ การที่สามารถพัฒนาเครื่องยนต์ดีเซลให้สามารถใช้กับเชื้อเพลิงได้หลายชนิดเช่น น้ำมันจากพืช จากสัตว์ หรือน้ำมันดีเซลผสม เช่น น้ำมันดีเซลผสมน้ำมันพืช และสัตว์ เป็นต้น จะเป็นการลดการนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิงและเป็นการส่งเสริมการพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการพึ่งตนเอง อันจะนำไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาเครื่องยนต์ดีเซลให้สามารถใช้ได้กับน้ำมันหลายประเภท
2. เพื่อศึกษาสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลเมื่อใช้กับเชื้อเพลิงทดแทนและเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์เดิมที่ใช้ดีเซลเป็นเชื้อเพลิง
3. เพื่อศึกษาการปลดปล่อยไอเสียของเครื่องยนต์เมื่อใช้กับเชื้อเพลิงทดแทนและเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์เดิมที่ใช้ดีเซลเป็นเชื้อเพลิง

ขอบเขตของโครงการวิจัย

1. ใช้เครื่องยนต์ดีเซล สูบเดียว 4 จังหวะ เพื่อการศึกษา
2. ทำการทดสอบโดยใช้น้ำมันพืชเช่น น้ำมันปาล์มสกัด น้ำมันสบู่ดำ เป็นเชื้อเพลิง โดยเปรียบเทียบกับการใช้เครื่องยนต์ดีเซลเป็นเชื้อเพลิง
3. ทำการทดสอบที่ภาระงานคงที่ และเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบ
4. เปรียบเทียบการสึกหรอของเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันจากพืชและน้ำมันดีเซล

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Birrell [2] ได้ศึกษาผลการสึกกร่อนของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงเอทานอลผสมกับน้ำมันแก๊สโซลีนในเครื่องยนต์ SI ซึ่งเชื้อเพลิงผสมใช้เอทานอล 20% และแก๊สโซลีน 80% โดยใช้เครื่องยนต์ 6 สูบ ปริมาตรกระบอกสูบรวม 4.1 ลิตร ทดสอบที่ ความเร็วรอบ 4000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 100 ชั่วโมง ซึ่งผลการทดสอบได้ดังนี้

- แหวนลูกสูบตัวบนรัศมีลดลง 0.001 มม.
- แหวนลูกสูบตัวที่สองรัศมีลดลง 0.006 มม.
- แหวนน้ำมันรัศมีลดลง 0.020 มม.
- ระยะระหว่างวาล์วและบ่าวาล์ว
- วาล์วไอดี 0.343 มม.
- วาล์วไอดี 0.066 มม.

King และ Chui [3] ได้ทำการศึกษาผลของการสึกหรอของเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงเมทานอล 95% เปรียบเทียบกับเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีน ซึ่งใช้เครื่องยนต์ Ford OHC 2.3L เป็นเครื่องทดสอบ ทดสอบที่ความเร็วรอบคงที่ 2,500 rpm ภาระ 24.8 kW และ Equivalence ratio (ϕ) เท่ากับ 1 ทำการทดสอบวันละ 7 ชั่วโมงเป็นเวลา 14 วัน หรือ 98 ชั่วโมง ซึ่งได้ผลการทดสอบดังนี้

1. ลักษณะการสึกหรอโดยทั่วไปของกระบอกสูบของเครื่องยนต์ ที่ใช้เชื้อเพลิงเมทานอลมีลักษณะเป็นการสึกหรอตามแนวเส้นรอบวงของกระบอกสูบเป็นวงรี และการสึกหรอจะเกิดขึ้นมากที่สุดที่สับที่ 1 และ 4 ส่วนสับที่ 2 และ 3 จะสึกหรอรองลงมา
2. การสึกหรอของกระบอกสูบของเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงเมทานอลมีค่าสูงกว่าเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีนประมาณ 6 เท่า
3. เครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงเมทานอลใช้น้ำมันหล่อลื่นประมาณ 6.15 ลิตร ในขณะที่เครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีนใช้น้ำมันหล่อลื่นเพียงประมาณ 1.1 ลิตร ซึ่งมากกว่าประมาณ 6 เท่า ซึ่งผู้วิจัยได้ตั้งสรุปว่าเกิดจากเมทานอลสามารถแทรกซึมชั้นฟิล์มของน้ำมันหล่อลื่นที่ผนังกระบอกสูบได้ทำให้เกิดการรวมตัวกันและถูกเผาไหม้ออกไปด้วย จึงทำให้มีการใช้น้ำมันหล่อลื่นและมีการสึกหรอที่มากกว่า

Myung และคณะ [4] ได้ทำการศึกษาสมรรถนะและความทนทานของเครื่องยนต์ (engine durability test) ซึ่งเป็นการทดสอบการทนต่อการสึกหรอของเครื่องยนต์อันเนื่องมาจากการกัดกร่อน (corosion) ของเชื้อเพลิงที่ใช้ ซึ่งในการทดสอบนี้ได้ใช้เชื้อเพลิงเมทานอลผสมกับน้ำมันแก๊สโซลีนในอัตราส่วน เมทานอล 85% และแก๊สโซลีน 15% หรือเรียกว่าเชื้อเพลิง M85 ทดสอบเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน ซึ่งเครื่องยนต์ที่ใช้ทดสอบเป็นเครื่องยนต์ Hyundai รุ่น 1991 MY SCOUPE 4 สูบ 1.5 ลิตร อัตราส่วนกำลังอัด (CR) 10:1 ซึ่งได้ผลการทดสอบดังนี้

1. สมรรถนะของเครื่องยนต์ จากการทดสอบหาค่ากำลังสูงสุด (maximum power) ที่สถานะ Full load ที่ความเร็วรอบต่าง ๆ พบว่าเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิง M85 ให้ Power output สูงขึ้นเล็กน้อยประมาณ 6% เมื่อเทียบกับเครื่องยนต์ที่ใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีน ทั้งนี้เพราะว่าเชื้อเพลิง M85 มีค่า Latent heat of evaporation ที่สูงกว่าเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนทำให้อุณหภูมิในท่อไอดีต่ำ อากาศที่ดูดเข้ามาจึงมีความหนาแน่นสูงขึ้น ทำให้ลูกสูบสามารถดึงอากาศเข้าได้มากขึ้น มีผลให้การเผาไหม้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

2. การสึกหรอของเครื่องยนต์ ทำการทดสอบโดยวัดปริมาณเศษโลหะในน้ำมันหล่อลื่นทุก ๆ 12 ชั่วโมง ซึ่งใช้เวลาในการทดสอบ 96 ชั่วโมง จากผลการทดสอบปรากฏว่าเชื้อเพลิง M85 นั้นมีการสึกหรอที่เพิ่มขึ้นสูงมากหลังจากชั่วโมงที่ 48 คือจากปริมาณเศษโลหะ 100 ppm ที่ชั่วโมงที่ 48 เพิ่มขึ้นเป็น 360 ppm ในชั่วโมงที่ 60 และเพิ่มเป็น 800 ppm ในชั่วโมงที่ 72 ในขณะที่เชื้อเพลิงแก๊สโซลีนมีค่าการสึกหรอเพียงเล็กน้อย ซึ่งตลอดการทดสอบวัดปริมาณเศษโลหะได้สูงสุดแค่ 50 ppm เพราะฉะนั้นสรุปได้ว่าเชื้อเพลิงเชื้อเพลิงเมทานอลมีผลทำให้เกิดการสึกหรอของเครื่องยนต์ในปริมาณที่มากและเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อใช้ไปนาน วิธีแก้ไขอาจใช้น้ำมันหล่อลื่นชนิดพิเศษเพื่อลดการกัดกร่อนของเชื้อเพลิงเมทานอล

สุรัชย์ บวรเศรษฐนันท์ [5] ได้ทำการศึกษาการสึกหรอของเครื่องยนต์ดีเซลที่มีแอลกอฮอล์เป็นเชื้อเพลิงเสริม 35% โดยปริมาตร โดยเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลล้วน เครื่องยนต์ที่ใช้ในการทดสอบคือเครื่องยนต์ 4 สูบ 4 สูบเดี่ยว รุ่น ET80 ทำงานที่ 2100 rpm แรงบิด 95% ของแรงบิดสูงสุด ไม่มีการคัดแปลงสภาพเครื่องยนต์แต่อย่างใด แอลกอฮอล์ที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงเสริมจะเข้ากระบอกสูบโดยตรงไปกับอากาศที่เข้ากระบอกสูบ

การวัดการสึกหรอของเครื่องยนต์ทำโดยเก็บตัวอย่างน้ำมันเครื่องไปวิเคราะห์หาสารแขวนลอยโดยใช้เครื่อง Spectrometer และวัดขนาดของชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ก่อน และหลังการทดสอบ ซึ่งทำการทดสอบเป็นเวลารวมกันประมาณ 96 ชั่วโมง

ผลการทดสอบปรากฏว่า ทองแดงซึ่งเป็นโลหะหลักใน Bearing alloy จะสึกมากขึ้นเมื่อใช้แอลกอฮอล์เสริม ส่วนโลหะอื่นๆ จะมีการสึกหรอใกล้เคียงกันกับเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันดีเซลล้วน โดยสรุปกล่าวได้ว่าผลของการใช้แอลกอฮอล์เป็นเชื้อเพลิงเสริม ในแง่ของการสึกหรอไม่แตกต่างกับในกรณีที่ใช้น้ำมันดีเซลเท่าไรนัก

Pramanik, [6] ได้ทดสอบน้ำมันจากสบู่ดำในการใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนกับเครื่องยนต์ดีเซลเดี่ยว และมีการแก้ปัญหาความหนืดของน้ำมันสบู่ดำโดยการผสมน้ำมันสบู่ดำกับน้ำมันดีเซลที่อัตราส่วนต่าง ๆ กัน และทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์เทียบกับการใช้น้ำมันดีเซลหรือน้ำมันสบู่ดำเป็นเชื้อเพลิงเพียงอย่างเดียว จากการทดสอบพบว่าสามารถผสมน้ำมันสบู่ดำลงไปในน้ำมันดีเซลได้สูงสุดถึง 40 - 50% โดยปริมาตร นอกจากจะทำให้ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนยังอยู่ในค่าที่ยอมรับได้แล้ว ผลจากการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ยังอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้โดยไม่ต้องปรับปรุงเครื่องยนต์ หรือมีการอุ่นน้ำมันก่อนเข้าหัวฉีดอีกด้วย

ทฤษฎี สมมุติฐาน หรือกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

การใช้เชื้อเพลิงทดแทนกับเครื่องยนต์สันดาปภายใน

เครื่องยนต์แก๊สโซลีนและเครื่องยนต์ดีเซลคือเครื่องยนต์ที่มีใช้กันมาในปัจจุบันนี้ซึ่งเครื่องยนต์ทั้ง 2 แตกต่างกันในลักษณะการทำงาน ส่วนประกอบของเครื่องยนต์และที่สำคัญที่สุดคือ วิธีการจุดระเบิดเชื้อเพลิง (Fuel Ignition) เครื่องยนต์แก๊สโซลีนใช้ประกายไฟในการจุดระเบิดเชื้อเพลิงในตอนเริ่มต้นและเกิดการเผาไหม้ตัวเองต่อไปอย่างรวดเร็ว ในขณะที่เครื่องยนต์ดีเซลอาศัยความร้อนจากอากาศอัดในห้องเผาไหม้จุดระเบิดเชื้อเพลิง จากลักษณะที่ต่างกันของเครื่องยนต์นี้ทำให้เชื้อเพลิงที่จะนำมาใช้ก็จะต้องมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันด้วย เพื่อให้เหมาะกับเครื่องยนต์แต่ละแบบ จากการเพิ่มขึ้นของราคาเชื้อเพลิงในปัจจุบัน ทำให้มีการสนใจเชื้อเพลิงทดแทน (Alternate fuel) ที่จะนำมาทดแทนเชื้อเพลิง ฟอสซิล (Fossil Fuel) กันมากขึ้น เอทานอล (Ethanol) เชื้อเพลิงจากพืชการเกษตรหรือของเสียจากการเกษตร สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทน

ในเครื่องยนต์แก๊สโซลีน และดีเซลได้ เอทานอลไม่ใช่เชื้อเพลิงเฉพาะสำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีนหรือดีเซลเลยทีเดียว แต่มันเป็นเชื้อเพลิงที่ทดแทนได้ โดยเฉพาะในเครื่องยนต์แก๊สโซลีนจะมีความเหมาะสมมากกว่าในเครื่องยนต์ดีเซล ในขณะที่เชื้อเพลิงที่ได้จากน้ำมันพืชหรือน้ำมันสัตว์นั้นมีความเหมาะสมกับเครื่องยนต์ดีเซลมากกว่า น้ำมันพืชที่มีศักยภาพที่จะนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงคือน้ำมันปาล์ม น้ำมันสบู่ดำ แต่น้ำมันพืชทั้งสองชนิดต้องนำมาผ่านกระบวนการทางเคมีให้มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซลก่อน เพื่อให้สามารถที่จะใช้กับเครื่องยนต์ได้และ เพื่อป้องกันปัญหาที่อาจเกิดขึ้นกับเครื่องยนต์

ปัญหาในการใช้เชื้อเพลิงทดแทนกับเครื่องยนต์คือเครื่องยนต์ที่ใช้ในตลาดปัจจุบันถูกออกแบบมาให้ใช้ได้กับน้ำมันชนิดใดชนิดหนึ่งเท่านั้น ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะพัฒนาเครื่องยนต์ให้สามารถใช้กับน้ำมันเชื้อเพลิงได้หลายชนิด ซึ่งจะเป็นเทคโนโลยีสำหรับการพึ่งตนเองเพื่อการพัฒนาไปสู่ชุมชน หรืออาจเป็นแนวทางในการต่อยอดของเทคโนโลยีนี้ไปสู่ภาคอุตสาหกรรมอันจะนำไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน

วิธีการดำเนินงานวิจัย

1. กำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขตของงานวิจัย
2. ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
3. ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องของเครื่องยนต์ดีเซลและเชื้อเพลิงทดแทนชนิดต่างๆ
4. ศึกษาการดัดแปลงเครื่องยนต์เพื่อใช้กับเชื้อเพลิงทดแทน
5. ดัดแปลงเครื่องยนต์เพื่อใช้กับเชื้อเพลิงทดแทน
6. ทดสอบเครื่องยนต์ที่ปรับปรุงแล้วโดยใช้เชื้อเพลิงทดแทน
7. สรุปวิเคราะห์ผลการทดสอบและเสนอแนวทางแก้ไข
8. สรุปผลการวิจัย

ระยะเวลาทำการวิจัย และแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี

ช่วงเวลา	กิจกรรม	ผลที่คาดว่าจะได้รับ
เดือนที่ 1	ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องของเครื่องยนต์ดีเซลและเชื้อเพลิงทดแทนชนิดต่างๆ	-แนวทางในการปรับปรุงเครื่องยนต์ที่จะใช้น้ำมันชนิดต่างๆ
เดือนที่ 2	ศึกษาการดัดแปลงเครื่องยนต์เพื่อใช้กับเชื้อเพลิงทดแทน	- ข้อมูลสำหรับการดัดแปลงและทดสอบเครื่องยนต์ที่จะใช้กับเชื้อเพลิงทดแทนต่างๆ
เดือนที่ 3-4	ดัดแปลงเครื่องยนต์เพื่อใช้กับเชื้อเพลิงทดแทน	- ได้เครื่องยนต์ที่ดัดแปลงเพื่อใช้กับเชื้อเพลิงทดแทนได้อย่างน้อย 3 ชนิด
เดือนที่ 5-7	ทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์และการสึกหรอของเครื่องยนต์	-สมรรถนะของเครื่องยนต์
เดือนที่ 8	รายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 1	รายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 1
เดือนที่ 9-10	ทดสอบการปลดปล่อยไอเสีย	-ผลการปลดปล่อยไอเสีย
เดือนที่ 11	แก้ไข ปรับปรุงและส่งรายงานฉบับร่าง	- รายงานฉบับร่าง
เดือนที่ 12	ส่งรายงานฉบับสมบูรณ์	- รายงานฉบับสมบูรณ์

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นกับเครื่องยนต์เมื่อใช้เชื้อเพลิงทดแทน
2. เป็นแนวทางในการพัฒนาเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันในอนาคต
3. เป็นแนวทางในการพัฒนาเครื่องยนต์เพื่อลดปริมาณการปลดปล่อยมลพิษทางอากาศ

แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยีหรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย

นำเสนอผลการวิจัยเผยแพร่ต่อสาธารณะเพื่อส่งเสริมให้มีการใช้ เชื้อเพลิงทดแทน อันจะนำไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืนของประเทศ

อุปกรณ์ที่จำเป็นของโครงการวิจัยที่มีอยู่

อุปกรณ์ที่มีอยู่แล้ว

- ไดนาโมมิเตอร์ สำหรับทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์
- เครื่องวัดแก๊สไอเสียที่ปลดปล่อยออกมาจากเครื่องยนต์

อุปกรณ์ที่ต้องการเพิ่มเติม

- เครื่องยนต์ และ อะไหล่
- โปรแกรมช่วยในการออกแบบชิ้นส่วน
- น้ำมันเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ เช่น ดีเซล น้ำมันปาล์ม น้ำมันสบูดำ และอื่นๆ
- น้ำมันเครื่องสำหรับเครื่องยนต์ดีเซล ชนิด4 จังหวะ



สารบัญ

หน้า

โครงการย่อยที่ 5	
การพัฒนาเครื่องยนต์ดีเซลให้สามารถใช้ได้กับน้ำมันหลายประเภท	ก
สารบัญ	ฅ
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	2
หลักการของเครื่องยนต์ดีเซล (Diesel engine principles)	3
จังหวะการทำงานของเครื่องยนต์ทั้ง 4 จังหวะ	3
พลังงาน (Energy)	6
กำลัง (Power)	6
ทอร์ก (Torque)	6
กำลังม้า (Horse Power)	6
กำลังม้าที่สำคัญของเครื่องยนต์ จำแนกออกได้ดังต่อไปนี้ คือ	7
1. กำลังม้าทางทฤษฎี(Indicated Horsepower)	7
2. กำลังม้าสุทธิ(Brake Horsepower)	8
3. กำลังม้าที่สูญเสียไปกับความฝืด(Friction Horsepower)	12
บทที่ 3 การคำนวณและการออกแบบ	13
การคำนวณอัตราส่วนการอัด ฅ ตำแหน่งการปรับที่ให้อัตราส่วนการอัดสูงสุด	15
การคำนวณตราส่วนการอัด ฅ ตำแหน่งการปรับที่ให้อัตราส่วนการอัดต่ำสุด	16
การออกแบบเครื่องมือสำหรับวัดแรงบิดและแรงม้าของเครื่องยนต์	17
บทที่ 4 อุปกรณ์และผลการทดลอง	21
วัสดุและอุปกรณ์ในการทดลอง	21
เงื่อนไขในการทดสอบ	21
การทดสอบหาค่าอัตราส่วนการอัดที่เหมาะสมกับน้ำมันเชื้อเพลิงแต่ละชนิด	21
ผลการทดสอบ	24

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
การทดสอบอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง	25
การทดสอบแรงบิด	26
การทดสอบแรงม้าเบรก	27
การทดสอบการปลดปล่อยมลภาวะ	28
เอกสารอ้างอิง	29



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1. แสดงค่าการออกแบบอัตราส่วนการอัดแปรผัน	13
3.2. ข้อมูลลูกสูบของเครื่องยนต์รุ่น KND-40	13
4.1. แสดงผลการทดสอบหาค่าอัตราส่วนการอัด(C.R) และกำลังอัดของเครื่องยนต์ที่เหมาะสมกับชนิดของน้ำมันเชื้อเพลิง	24
4.2. ผลการวัดค่า CO , CO ₂ , NOx จากไอเสียเครื่องยนต์	28



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1. แสดงจังหวะดูด (Intake Stroke)	3
2.2. แสดงจังหวะอัด (Compression Stroke)	4
2.3. แสดงจังหวะระเบิด (power Stroke)	5
2.4. แสดงจังหวะคาย (Exhaust Stroke)	5
2.38. แสดงแรงดันที่เกิดขึ้นภายในกระบอกสูบของเครื่องยนต์ขณะทำงาน (จังหวะดูด-อัด-ระเบิด-คาย)	8
2.39 แสดงโปรนิเบรกที่ใช้วัดกำลังม้าสุทธิของเครื่องยนต์	9
2.40. แสดงไดนาโมมิเตอร์แบบเชือกมัด	10
2.41. แสดงไดนาโมมิเตอร์แบบไฮดรอลิก	11
3.1. ภาพตัดแสดงลักษณะของฝาสูบหลังจาก Modified	14
3.2. ภาพตัดแสดงขนาดกระบอกสูบและลูกสูบ	14
3.3. ภาพเครื่องมือสำหรับวัดแรงบิดและแรงม้าของเครื่องยนต์	17
3.4. แสดงไดอะแกรมวงจรน้ำมันเชื้อเพลิง	17
3.5. โครงยึดเครื่องยนต์และอุปกรณ์	18
3.6. แสดงภาพการออกแบบฝาสูบ	18
3.7. ภาพระเบิดปลอกปรับอัตราส่วนการอัด	19
3.8. แสดงการติดตั้งเครื่องยนต์	19
3.9. การติดตั้งหัวฉีดและปลอกกับฝาสูบ	20
4.1. การกลายเนื้อยึดหัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง	21
4.2. การสตาร์ทเครื่องยนต์ด้วยมือหมุนสตาร์ท	22
4.3. การถอดหัวฉีดและปลอกชั้นปรับอัตราส่วนการอัดออกจากเครื่องยนต์	23
4.4. การติดตั้งปลอกวัดกำลังอัด	23
4.6. กราฟแสดงผลการเปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์	25
4.47. กราฟแสดงแรงบิดของแต่ละน้ำมันเชื้อเพลิง	26
4.48. กราฟแสดงแรงม้าเบรกของแต่ละน้ำมันเชื้อเพลิง	27

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญและที่มาของโครงการ

ในปัจจุบันนี้ประเทศไทยต้องประสบปัญหาการนำเข้าน้ำมันจากต่างประเทศเป็นจำนวนเงินหลายแสนล้านบาทต่อปี ทางรัฐบาลจึงมีนโยบายส่งเสริมให้มีการหันมาใช้พลังงานทดแทนกันมากขึ้น เพื่อลดการนำเข้าและเป็นการประหยัดพลังงานที่ได้จากการขุดเจาะน้ำมันจากธรรมชาติ ดังนั้นแนวทางที่จะผลิตพลังงานทดแทนขึ้นภายในประเทศนั้นควรจะใช้วัตถุดิบที่มีอยู่ในประเทศ เพื่อที่เราจะได้ไม่ต้องนำเข้วัตถุดิบจากต่างประเทศ และเนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมจึงเหมาะที่จะนำผลผลิตจากการเกษตรมาพัฒนาให้เป็นพลังงานทดแทน พลังงานทดแทนในรูปของน้ำมันที่มีใช้อยู่ในประเทศนั้น ส่วนใหญ่ได้จากการสกัดจาก ปาล์ม มะพร้าว สบู่ดำ เป็นต้น ซึ่งวัตถุดิบเหล่านี้สามารถหาได้ง่ายในแต่ละท้องถิ่นของตัวเองและสามารถผลิตเองได้ง่าย นอกจากนี้จะเป็นการช่วยลดการใช้พลังงานแล้วยังเป็นการช่วยลดปัญหาผลผลิตล้นตลาด พร้อมทั้งช่วยพยุงราคาสินค้าไม่ให้ต่ำลง เป็นการช่วยพัฒนาให้เศรษฐกิจเกิดสภาพคล่องตัวมากยิ่งขึ้น ซึ่งในการที่จะนำพลังงานทดแทนมาใช้กับเครื่องยนต์นั้น จะต้องทำการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องยนต์ที่เกิดจากการใช้น้ำมันในชนิดต่างๆ ศึกษาผลกระทบต่อเครื่องยนต์ และผลกระทบที่มีต่อสิ่งแวดล้อม

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

เครื่องยนต์ดีเซล(Diesel engine)ประดิษฐ์โดยชาวเยอรมันชื่อ คอกเตอร์ รูคอล์ฟ ดีเซล(Dr. Rudolf Diesel)ในปี ค.ศ. 1897 โดยอาศัยการทำงานของกลจักรคาร์โนต์ (Carnot's cycle) ซึ่งคิดขึ้นโดยชาวฝรั่งเศสชื่อ ซาร์ดี คาร์โน (Sardi carnot) ตั้งแต่ปี พ.ศ. 1824

หลักการทำงานของเครื่องจักรดีเซลอากาศเมื่อถูกอัดตัวจะมีความร้อนสูงขึ้นแต่ถ้าอากาศถูกอัดตัวอย่างรวดเร็วโดยไม่มีการสูญเสียความร้อน(Adiabatic compression)ทั้งแรงดันและความร้อนจะสูงขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อฉีดละอองน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าไปในอากาศที่ร้อนจัดจากการอัดตัวก็จะเกิดการเผาไหม้ขึ้นอย่างทันทีทันใดทำให้เกิดกำลังงานขึ้น กำลังงานที่เกิดขึ้นจะนำไปใช้ประโยชน์ในรูปของแรงขับหรือแรงผลักดันผ่านลูกสูบและก้านสูบทำให้เพลาช้อเหวี่ยงหมุน

อัตราส่วนการอัดตัวของเครื่องยนต์ชนิดนี้สูงมากคือประมาณ 16 ต่อ 1 จึงทำให้อากาศอัดในตอนปลายของจังหวะอัดมีแรงดันสูงถึงประมาณ 400 ถึง 700 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ความร้อนจากการอัดตัวของอากาศที่จุดนี้ประมาณ 1000 องศาฟาเรนไฮต์หรือสูงกว่า ซึ่งสูงพอที่จะจุดน้ำมันเชื้อเพลิงที่ฉีดเข้าไปจึงทำให้เกิดการเผาไหม้ได้ ดังนั้นเครื่องยนต์ชนิดนี้จึงไม่ต้องการระบบไฟจุดระเบิดเหมือนกับเครื่องยนต์แก๊สโซลีนหรือเครื่องยนต์แก๊สเหลวแต่ก็จำเป็นที่จะต้องมีการบีบอัดน้ำมันเชื้อเพลิงกำลังดันสูงและหัวฉีด

เครื่องยนต์ดีเซลได้ถูกสร้างให้มีขนาดแตกต่างกันออกไปตามความต้องการโดยจะมีขนาดตั้งแต่ 2-3 แรงม้าไปจนถึง 5,000 แรงม้าหรือสูงกว่า เครื่องยนต์ชนิดนี้ได้ถูกนำไปใช้กับวงการต่างๆ อย่างกว้างขวาง เช่น ใช้กับเครื่องสูบน้ำ รถไถเดินตาม รถยนต์นั่ง รถบรรทุก รถโดยสาร รถแทรกเตอร์ รถไฟและเรือเดินสมุทร เป็นต้น นอกจากนั้นยังถูกนำไปใช้เป็นเครื่องยนต์ที่ใช้ในงานก่อสร้างเครื่องยนต์ที่ใช้กับโรงไฟฟ้า เครื่องยนต์ที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมและอื่นๆ อีกเป็นจำนวนมาก

เครื่องยนต์ดีเซลแบ่งออกเป็นแบบใหญ่ๆ ได้เป็น 2 แบบคือ

1. เครื่องยนต์ 4 จังหวะ (The 4-cycle Engine)
2. เครื่องยนต์ 2 จังหวะ (The 2-cycle Engine)

เครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็ก โดยทั่วไปเป็นเครื่องยนต์ 4 จังหวะ สำหรับเครื่องยนต์ 2 จังหวะ มักใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลขนาดใหญ่

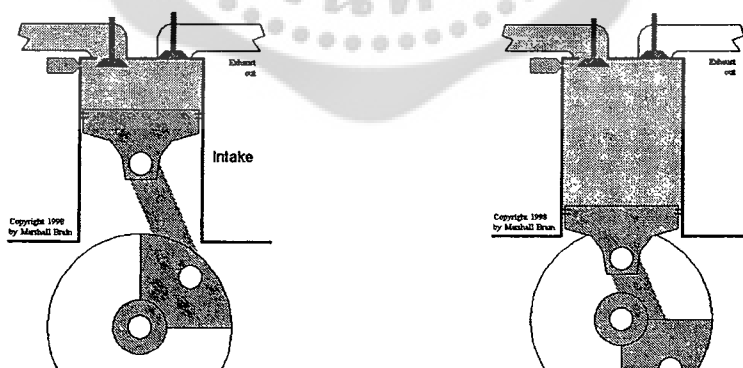
หลักการของเครื่องยนต์ดีเซล (Diesel engine principles)

เครื่องยนต์ดีเซลจำเป็นต้องมีชิ้นส่วนที่สำคัญๆเพื่ออัดอากาศ,บรรจุเชื้อเพลิงเข้าไปในกระบอกสูบหรือห้องเผาไหม้,และสร้างกำลังงานขึ้น ชิ้นส่วนที่สำคัญดังกล่าว คือต้องมีกระบอกสูบ (Cylinder) และมีลูกสูบเคลื่อนขึ้นลงในกระบอกสูบ ลูกสูบจะต้องต่อกับกลไกซึ่งควบคุมการเคลื่อนขึ้น-ลงของมัน เพื่อความมุ่งหมายดังกล่าวลูกสูบจะต่อกับข้อเหวี่ยง (Crankshaft) โดยผ่านก้านสูบ (Connecting rod) ที่ปลายทั้งสองของก้านสูบจะมีแบริ่งรองรับอยู่ ข้อเหวี่ยง (Crankpin) จะทำหน้าที่เปลี่ยนอาการเคลื่อนที่กลับไป-มาของลูกสูบ เป็นการเคลื่อนที่หมุนรอบตัวของเพลาคือข้อเหวี่ยง กำลังที่ผลิตขึ้นโดยเครื่องยนต์ถูกส่งออกผ่านเพลาคือข้อเหวี่ยง

การทำงานของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ (Four-stroke-cycle events) เครื่องยนต์สี่จังหวะ หมายถึงการทำงานของลูกสูบเคลื่อนขึ้น-ลงรวม 4 ครั้ง หรือเพลาคือข้อเหวี่ยงหมุนไปครบ 2 รอบ หรือ 720 องศา เป็นการครบหนึ่งวัตร (Cycle)

จังหวะการทำงานของเครื่องยนต์ทั้ง 4 จังหวะ

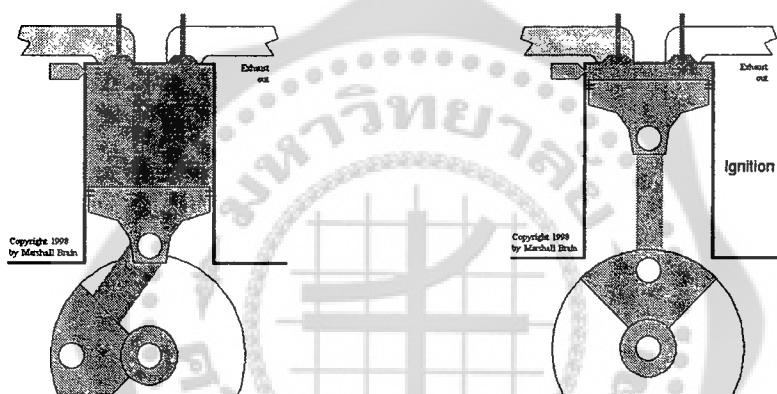
1. จังหวะดูด (InTake or suction stroke) เริ่มจากลูกสูบอยู่บนศูนย์ตายบนพร้อมที่จะดูดเอาอากาศบริสุทธิ์เข้ามาในกระบอกสูบ ลิ้นไอดีถูกเปิด (ลิ้นไอเสียปิด) เพลาคือข้อเหวี่ยงถูกหมุนไปทางขวามือ จะดึงก้านสูบที่ยึดอยู่กับลูกสูบ ทำให้ลูกสูบเคลื่อนลงทำให้เกิดสูญญากาศขึ้นภายในกระบอกสูบ อากาศบริสุทธิ์ถูกดูดผ่านลิ้นไอดีเข้ามาในกระบอกสูบจนกระทั่งลูกสูบเคลื่อนลงมาถึงศูนย์ตายล่าง ลิ้นไอดีจะปิด จังหวะนี้ลูกสูบเลื่อนจากศูนย์ตายบนถึงศูนย์ตายล่าง เพลาคือข้อเหวี่ยงจะหมุนไป 180 องศา



รูปที่ 2.1 แสดงจังหวะดูด (Intake Stroke)

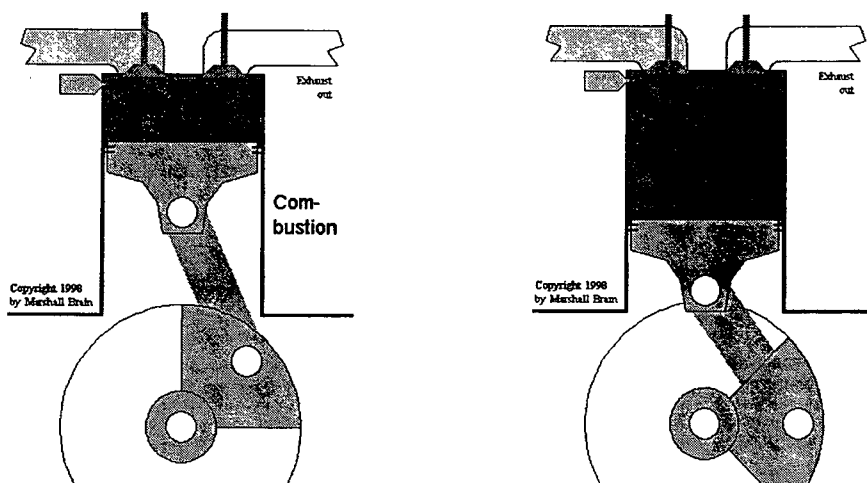
2. จังหวะอัด (Compression stroke) เมื่อลูกสูบเคลื่อนผ่านศูนย์ตายล่าง หรือเริ่มต้นจังหวะอัด ลิ้นไอดีถูกปิด ลิ้นไอเสียยังคงเปิดอยู่ ลูกสูบถูกผลักดันให้เลื่อนขึ้นโดยข้อเหวี่ยงและก้านสูบ อากาศที่อยู่ในกระบอกสูบไม่สามารถออกมาจากกระบอกสูบได้ อากาศจึงถูกอัดตัวมีกำลังดันและความร้อนสูงขึ้น เมื่อลูกสูบเลื่อนขึ้นไปถึงศูนย์ตายบน อากาศถูกอัดตัวนี้จะอยู่ในปริมาณเพียงประมาณ 1/16 ของปริมาตรเดิม และอุณหภูมิจะสูงขึ้นประมาณ $1,000^{\circ}\text{F}$. จังหวะนี้ลูกสูบเลื่อนจากศูนย์ตายล่างถึงศูนย์ตายบนเพลาข้อเหวี่ยงหมุนไป 180 องศา

หมายเหตุ กำลังดันจากการอัดตัวเมื่อสิ้นสุดจังหวะอัดของเครื่องยนต์ดีเซลรุ่นใหม่ๆ ประมาณ 450-650 ปอนด์/ตารางนิ้ว ($31.5\text{-}45.5\text{ กก./ซม.}^2$) อัตราส่วนการอัด (Compression ratio) ประมาณ 14:1 ถึง 23:1



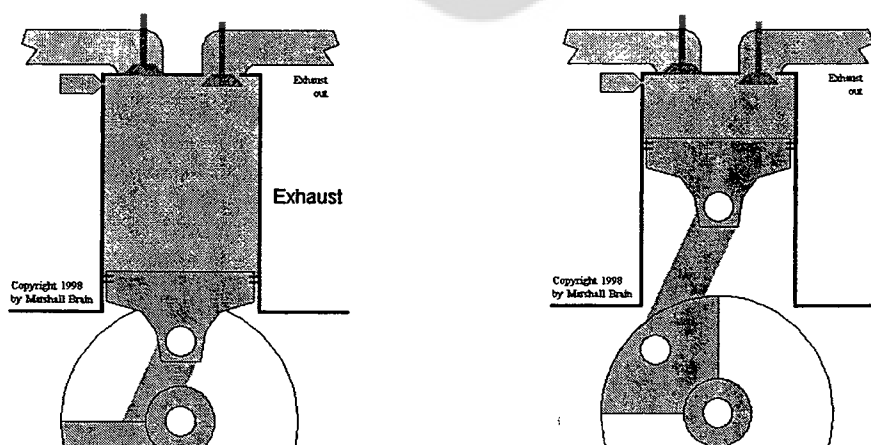
รูปที่ 2.2 แสดงจังหวะอัด (Compression Stroke)

3. จังหวะกำลังหรือจังหวะงาน (Power stroke) ลิ้นทั้งสองยังคงเปิดอยู่ (ขณะนี้ อากาศในกระบอกสูบร้อนมากสามารถจุดเชื้อเพลิงให้ลุกไหม้ได้ ถ้าเชื้อเพลิงถูกฉีดเป็นฝอยละอองเข้าไปในอากาศที่ถูกอัดนี้) หัวฉีดจะฉีดเชื้อเพลิงเป็นฝอยละอองเข้าสู่กระบอกสูบ ละอองเชื้อเพลิงจะคลุกเคล้าเข้ากับอากาศร้อนและเกิดการเผาไหม้อย่างรวดเร็ว กรรมวิธีการเผาไหม้ทำให้เกิดความร้อน ทำให้ส่วนผสมที่กำลังลุกไหม้ร้อนยิ่งขึ้น เนื่องจากแก๊สที่ร้อนนี้เกิดขึ้นในพื้นที่เล็กๆ ระหว่างด้านบนของลูกสูบ กำลังดันของแก๊สก็เพิ่มขึ้นด้วย กำลังดันนี้ทำบนหัวลูกสูบ ผลักดันลูกสูบให้เคลื่อนที่ลงในจังหวะกำลัง กำลังดันที่กระทำบนหัวลูกสูบนี้จะส่งต่อก้านสูบไปยังข้อเหวี่ยง แรงดันข้อเหวี่ยงทำให้ข้อเหวี่ยงหมุนไป ในจังหวะนี้ลูกสูบเคลื่อนจากศูนย์ตายล่าง และเพลาข้อเหวี่ยงหมุนไป 180 องศา



รูปที่ 2.3 แสดงจังหวะระเบิด (power Stroke)

4. จังหวะคาย (Exhaust stroke) ลิ้นไอเสียจะถูกเปิดตอนใกล้จะสิ้นสุดจังหวะกำลัง แก๊สที่เผาไหม้ให้กำลังแล้วในกระบอกสูบจะหนีออกไป ซึ่งเป็นการคายไอเสียที่ปริมาตรคงที่ (Constant volume) จนกระทั่งกำลังดันของแก๊สตกลงหรือสูงกว่ากำลังดันหรือสูงกว่ากำลังดันของบรรยากาศนอกเล็กน้อยเท่านั้น แต่ในกระบอกสูบยังคงมีแก๊สซึ่งมีกำลังดันน้อยอยู่เต็ม ซึ่งจะต้องกำจัดออกจากกระบอกสูบให้หมดเพื่อเปิดทางให้กับอากาศบริสุทธิ์เข้ามาบรรจุให้เต็มที่ ดังนั้นการเคลื่อนขึ้นของลูกสูบในจังหวะนี้จะผลักดันแก๊สที่ตกค้างนี้ให้ออกไปจากกระบอกสูบโดยผ่านลิ้นไอเสียซึ่งเปิดอยู่ เมื่อลูกสูบเคลื่อนขึ้นจนถึงศูนย์ตายบน แก๊สไอเสียจะถูกดันไปจากกระบอกสูบจนหมด การเคลื่อนขึ้นของลูกสูบจากศูนย์ตายล่างถึงศูนย์ตายบนเพื่อขับไล่แก๊สไอเสียนี้เป็นการคายไอเสียที่กำลังดันคงที่ (Constant pressure) เป็นการครบจังหวะคายไอเสีย ในจังหวะนี้ลูกสูบเคลื่อนที่จากศูนย์ตายล่างไปยังศูนย์ตายบน และเพลาค้อเหวี่ยงหมุนไป 180 องศา



รูปที่ 2.4 แสดงจังหวะคาย (Exhaust Stroke)

พลังงาน (Energy)

คือความสามารถในการทำงานเมื่อเราเห็นคนหนึ่งสามารถทำงานได้จำนวนมาก เราจะกล่าวว่าคนนั้นมีพลังงาน หรือน้ำมันแก๊สโซลีนเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งให้พลังงานออกออกมาเมื่อเผาไหม้ พลังงานสามารถทำงานได้ซึ่งจะทำให้ลูกสูบเคลื่อนที่

กำลัง (Power)

คือความสามารถในการทำงานของเครื่องยนต์หรือของเครื่องจักรต่างๆที่ทำได้ใน 1 หน่วยเวลา เครื่องจักรที่สามารถทำงานทำงานได้จำนวนมากในเวลาสั้นเรียกว่า เครื่องจักรกำลังสูงมีหน่วยในการวัดเป็นแหม่งแรงม้า(hp) หรือกิโลวัตต์ (kw)

$$\text{POWER} = \frac{\text{WORK}}{\text{TIME}}$$

ทอร์ก (Torque)

คือแรงบิดของเครื่องยนต์หรือแรงหมุนของเพลาช้อเหวี่ยง เช่น เราใช้ทอร์กกับฝาขวดเพื่อคลายเกลียวออกหรือเราให้ทอร์กกับพวงมาลัยรถยนต์เพื่อเลี้ยวรถยนต์หรือรถยนต์ถ่ายทอดทอร์กไปยังล้อขับเคลื่อนเพื่อหมุนล้อ ดังรูป ค่าของทอร์กจะมีมากในตอนต้นของจังหวะการจุดระเบิด(Power Stroke) แต่ค่าทอร์กเฉลี่ยของเครื่องยนต์จะน้อยลงเพราะจะต้องเฉลี่ยให้กับ 3 จังหวะที่เหลือ(สำหรับเครื่องยนต์ 4 จังหวะ)

สำหรับเครื่องยนต์หลายสูบค่าของทอร์กโดยเฉลี่ยจะสูงขึ้นเพราะเกิดขึ้นทุกสูบ ส่วนเครื่องยนต์สูบเดียวค่าทอร์กสูงสุดจะมากกว่าทอร์กเฉลี่ยประมาณ 8 เท่า ถ้าค่าทอร์กเฉลี่ยมีค่าใกล้เคียงกับทอร์กสูงสุดของเครื่องยนต์ เช่น เครื่องยนต์หลายสูบจะมีผลทำให้เครื่องยนต์เดินเรียบ

แรงบิด(Torque)เฉลี่ยของเครื่องยนต์จะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับกำลังและความเร็วของเครื่องยนต์ ทอร์กไม่เหมือนกับกำลังเพราะทอร์กเป็นแรงบิดซึ่งอาจมีผลต่อการเคลื่อนที่หรือไม่ก็ได้ แต่กำลังต้องมีการเคลื่อนที่ หน่วยของทอร์กคือ N.m. หรือ lb.ft

กำลังม้า (Horse Power)

คือกำลังของม้า 1 ตัว หรือ อัตราการทำงานของม้า 1 ตัว เช่น เครื่องยนต์ 10 hp ทำงานเท่ากับม้า 10 ตัว กำลังม้าสามารถวัดได้จากเพลาช้อของเครื่องยนต์หมุน ณ ความเร็วต่างๆ ด้วยเครื่องวัดแรงม้า ค่าแรงม้าที่ได้จะเป็นค่าหรือองค์ประกอบที่สำคัญเกี่ยวกับสมรรถนะของเครื่องยนต์ เพราะว่าเป็นกำลังที่จ่ายออกมาใช้ใช้งานจริง ๆ

$$1 \text{ กำลังม้า} = 33000 \text{ ft.lb/min}$$

ถ้าม้าเดิน 165 ft ใช้เวลา 1 นาที และสามารถยกน้ำหนักได้ 200 lb ปริมาณที่ทำได้อีกภายใน 1 นาที ก็คือ

$$165 \text{ ft} \times 200 \text{ lb} = 33000 \text{ lb} \cdot \text{ft}$$

สำหรับหน่วย SI Unit กำลังวัดเป็นวัตต์ (W) หรือ kW

$$\text{hp} = 0.746 \text{ kW}$$

$$= 746 \text{ W}$$

สูตรการคำนวณ กำลังม้าจากแรงบิด คือ

$$\text{hp} = \frac{2\pi NT}{33000} \quad (2.4)$$

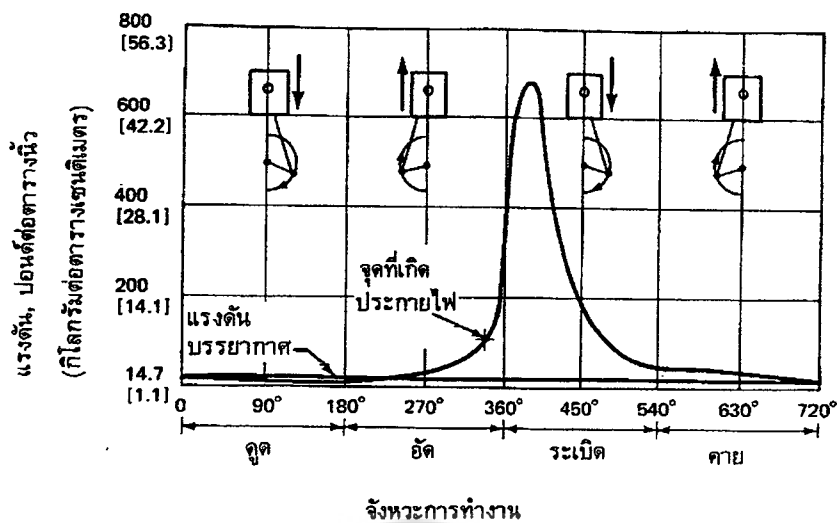
เมื่อ N = อัตรารอบ ต่อนาที

T = แรงบิด

กำลังม้าเป็นหน่วยที่ใช้วัดกำลัง ซึ่งเป็นอัตราที่ม้า 1 ตัวสามารถที่จะทำงานได้ในเวลาอันจำกัด กำลัง 1 กำลังม้า ในระบบ F.P.S. คือ กำลังที่สามารถยกน้ำหนัก 550 ปอนด์สูงขึ้นจากพื้นดิน 1 ฟุต ในเวลา 1 วินาที หรือกำลังที่สามารถยกน้ำหนัก 33,000 ปอนด์ สูงขึ้นจากพื้นดิน 1 ฟุต ในเวลา 1 นาที ดังรูปที่ 4.8 ส่วนในระบบ S.I. กำลัง 1 กำลังม้าจะมีค่าเท่ากับ 746 วัตต์ แต่เนื่องจากค่ามากเกินไปจึงนิยมเรียกเป็นกิโลวัตต์ ซึ่งกำลัง 1 กำลังม้าจะมีค่าเท่ากับ 0.746 กิโลวัตต์

กำลังม้าที่สำคัญของเครื่องยนต์ จำแนกออกได้ดังต่อไปนี้ คือ

1. กำลังม้าทางทฤษฎี (Indicated Horsepower) คือกำลังม้าที่ได้จากการคำนวณซึ่งใช้ในห้องทดลองเท่านั้น กำลังม้าประเภทนี้ได้มาจากกำลังดัน ซึ่งเกิดจากขบวนการเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิงกับอากาศภายในกระบอกสูบ รูปที่ 2.38 ด้านบนของรูปได้แสดงให้เห็นตำแหน่งตลอดจนทิศทางการเคลื่อนที่ของเพลาคือเหวี่ยงก้านสูบ และลูกสูบในรอบการทำงานของเครื่องยนต์ จะเห็นได้ว่าแรงดันภายในกระบอกสูบเมื่อเริ่มจังหวะดูดจะประมาณเท่ากับแรงดันของบรรยากาศ (14.7 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) แล้วจะตกลงเล็กน้อย หลังจากลูกสูบเริ่มเคลื่อนตัวลง ทั้งนี้ก็เนื่องจากเกิดความล่าช้าในการจัดส่งไอดีเข้าบรรจุภายในกระบอกสูบ (ประสิทธิภาพของการบรรจุไอดีน้อยกว่า 100 เปอร์เซ็นต์) เมื่อเริ่มจังหวะอัด แรงดันภายในกระบอกสูบจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆตามการเคลื่อนตัวของลูกสูบ ก่อนที่ลูกสูบจะเคลื่อนที่ขึ้นถึงศูนย์ตายบน (TDC) เล็กน้อย หัวเทียนจะจุดประกายไฟทำให้ไอดีซึ่งถูกอัดตัวอยู่ภายในกระบอกสูบเกิดการเผาไหม้ ณ จุดนี้จะเป็นจุดเริ่มต้นของจังหวะระเบิด แรงดันอันเกิดจากการเผาไหม้ของไอดีจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนถึงประมาณ 680 ปอนด์ต่อตารางนิ้วแล้วจึงเริ่มลดลง จังหวะนี้จะต่อเนื่องไปจนกระทั่งลูกสูบเคลื่อนตัวลงคล้อยหลังศูนย์ตายบน (TDC) ไปประมาณ 25 องศา แรงดันก็จะตกลงอย่างรวดเร็ว ในตอนปลายของจังหวะระเบิด จะยังคงมีแรงดันเหลืออยู่ประมาณ 50 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และเมื่อจังหวะคายเริ่มขึ้น แรงดันก็จะลดลงไปเรื่อยๆ จนเหลือเท่ากับแรงดันบรรยากาศในตอนปลายของจังหวะ



รูปที่ 2.38 แสดงแรงดันที่เกิดขึ้นภายในกระบอกสูบของเครื่องยนต์ขณะทำงาน (จังหวะดูด-อัด-ระเบิด-คาย)

สูตรเมื่อ

กำลังม้าทางทฤษฎีในระบบอังกฤษ มีสูตรดังต่อไปนี้

$$IHP = \frac{PLAN}{33,000}$$

(2.5)

IHP = กำลังม้าทางทฤษฎี, H.P. (กำลังม้า)

P = กำลังดันเฉลี่ยภายในกระบอกสูบ, lb/in.² (ปอนด์/ตารางนิ้ว)

L = ระยะชักของลูกสูบ, ft. (ฟุต)

A = พื้นที่หน้าตัดของลูกสูบ, in.² (ตารางนิ้ว)

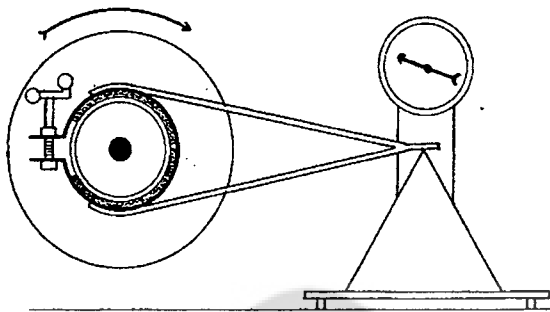
N = จำนวนครั้งในการจุดระเบิดของเครื่องยนต์ต่อนาที

= (จำนวนรอบของเครื่องยนต์ / 2) x จำนวนสูบ (เครื่องยนต์ 4 จังหวะ)

= จำนวนรอบของเครื่องยนต์ x จำนวนสูบ (เครื่องยนต์ 2 จังหวะ)

2. กำลังม้าสุทธิ(Brake Horsepower) กำลังม้าสุทธิบางที่เรียกกำลังม้าล้อช่วยแรง (flywheel horsepower) คือ กำลังม้าที่ได้จากเครื่องยนต์จริงๆ เป็นกำลังม้าที่ได้จากเครื่องวัดที่เรียกว่า ไดนาโมมิเตอร์ ซึ่งจะทำการวัดที่ความเร็วรอบอันหนึ่งในการระบุกำลังม้าประเภทนี้จึงต้องมีความเร็วรอบของเครื่องยนต์เข้ามาเกี่ยวข้องด้วย ดังนั้นจะเห็นได้ว่าเครื่องยนต์เครื่องเดียวกันจะมีกำลังม้าแตกต่างกันออกไปตามความเร็วรอบที่ทำการวัด สำหรับวิธีการวัดกำลังม้าสุทธิก็มีอยู่ด้วยกันหลายวิธีแต่ละวิธีจะแตกต่างกันออกไปตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการของผู้วัดเครื่องมือที่ใช้สำหรับวัดกำลังม้าอย่างง่าย ซึ่งปัจจุบันไม่เป็นที่นิยมใช้กันแล้วได้แก่

2.1. โพรนิเบรก ดังรูปที่ 2.39 โพรนิเบรกเป็นอุปกรณ์แบบง่ายๆ อันประกอบด้วยเบรกครัมที่ติดตั้งอยู่กับล้อช่วยแรง ที่เบรกครัมนี้จะมีแถบผ้าเบรกหุ้มอยู่หลายด้าน หนึ่งของแถบผ้าเบรกจะมีแขนต่อออกไปวางอยู่บนเครื่องชั่งส่วนปลายอีกด้านหนึ่งจะทำเป็นสกรู และค้ำหมุนใช้สำหรับเปลี่ยนแปลงความฝืดที่เกิดขึ้นระหว่างเบรกครัมกับแถบผ้าเบรก



รูปที่ 2.39 แสดงโพรนิเบรกที่ใช้วัดกำลังม้าสุทธิของเครื่องยนต์

สำหรับวิธีการทดสอบนั้น จะต้องให้เครื่องยนต์ซึ่งทำการทดสอบทำงานที่ตำแหน่งเดินเร่งเปิดสุด จากนั้นจึงทำการวัดด้วยการบีบแถบผ้าเบรกเข้ากับเบรกครัมที่ติดอยู่กับล้อช่วยแรงเป็นผลทำให้เครื่องยนต์มีความเร็วลดลง ความฝืดที่เกิดขึ้นระหว่างแถบผ้าเบรกกับเบรกครัมจะเป็นตัวรับแรงบิดทั้งหมดที่เครื่องยนต์สามารถผลิตได้ที่ความเร็วนั้นจึงทำให้แถบผ้าเบรกพยายามที่จะหมุนตามไปกับเบรกครัมด้วย ซึ่งผลจากการหมุนของแถบผ้าเบรกจะส่งผลทำให้แขนต่อกดลงบนเครื่องชั่งทำให้สามารถอ่านค่าได้ จากนั้นจึงนำค่าที่ได้มาคำนวณหากำลังม้าสุทธิ โดยใช้สูตรดังต่อไปนี้

$$\text{สูตร} \quad \text{BHP} = 2 \pi \cdot R \cdot L \cdot W. / 33,000 \quad (2.6)$$

$$\text{หรือ} \quad \text{BHP} = R \cdot L \cdot W. / 5252$$

$$\text{เมื่อ} \quad \text{BHP} = \text{กำลังม้าสุทธิ, HP (กำลังม้า)}$$

$$R = \text{ความเร็วรอบของเครื่องยนต์, rpm (รอบ/นาที)}$$

$$L = \text{ระยะจากจุดศูนย์กลางของล้อช่วยแรงถึงจุดที่แขนเครื่องวัดกดลง}$$

บน

$$\text{เครื่องชั่ง, ft. (ฟุต)}$$

$$W = \text{น้ำหนักที่แสดงบนเครื่องชั่ง, lb. (ปอนด์)}$$

2.2. ไคนาโมมิเตอร์แบบเชือกมัด เป็นไคนาโมมิเตอร์อีกแบบหนึ่ง เครื่องวัดแบบเชือกมัด(Rope Break) จะใช้เชือกหรือสายหนังหรือสายพานพันรอบล้อช่วยแรง ปลายข้างหนึ่งของเชือกต่ออยู่กับค้อนน้ำหนักโดยที่ปลายค้อนน้ำหนักมีส่วนที่ยึดติดกับโซ่อย่างหลวม ๆ อีกปลายข้างหนึ่งของเชือกจะถูกยึดไว้กับเครื่องชั่ง รูป 2.40 ประกอบ ปกติน้ำหนักที่แขวนจะไว้ด้านตรงข้ามกับการหมุนของล้อช่วยแรง การวัดแรงม้าทุกแบบจะต้องการระบายความร้อนด้วยน้ำที่รอบ ๆ ขอบของล้อช่วยแรง ในการหาค่าแรงบิดของเครื่องยนต์ ถ้าให้

T = แรงบิดของเครื่องยนต์

D = เส้นผ่านศูนย์กลางของล้อหมุน

d = เส้นผ่านศูนย์กลางของเชือก

W = น้ำหนักที่ใช้แขวน

w = ค่าที่อ่านได้จากเครื่องชั่ง

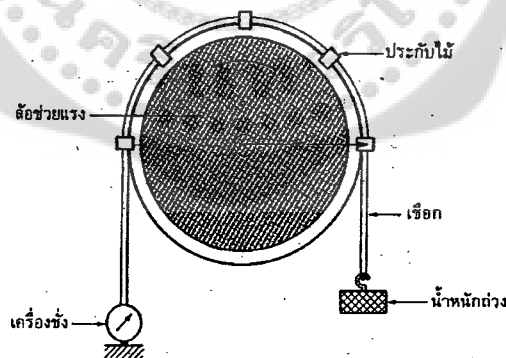
น้ำหนักที่แท้จริง = $W - w$

รัศมีที่แรงกระทำ = $\frac{D+d}{2}$

$$\text{ดังนั้น } T = (W - w) \left(\frac{D+d}{2} \right) \quad (2.7)$$

ในกรณีเชือกที่ใช้มีขนาดไม่โตมากเมื่อเปรียบเทียบกับขนาดของล้อหมุนจะได้

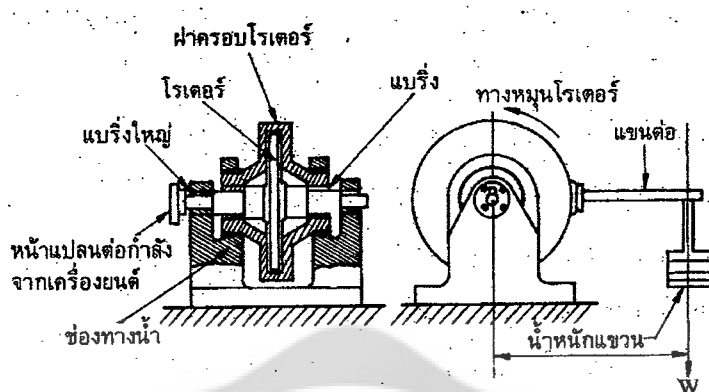
$$T = (W - w) \frac{D}{2} \quad (2.8)$$



รูปที่ 2.40 แสดงไคนาโมมิเตอร์แบบเชือกมัด

2.3. ไคนาโมมิเตอร์แบบไฮดรอลิก มีการออกแบบแตกต่างกันไป แต่อุปกรณ์ชิ้นส่วนพื้นฐานของไคนาโมมิเตอร์แบบไฮดรอลิก(Hydraulic Dynamometer)จะประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังรูปที่ 2.41 สำหรับรูป (ก) แสดงโดยผ่าให้เห็นส่วนประกอบภายใน ซึ่งมีโรเตอร์ (Rotor) เรือนเปลือกนอกหรือตัวถัง (Case) เป็นส่วนประกอบที่สำคัญ ภายในเรือนเปลือกนอกหรือตัวถังจะมีน้ำอยู่ ซึ่งเป็นตัวส่งกำลังระหว่างโรเตอร์กับตัวถังและรูป (ข) แสดงให้เห็นการต่อเพลลาจาก

ตัวถังไปยังน้ำหนักที่แขวน การหาแรงบิดของเครื่องยนต์สามารถหาได้โดยนำเครื่องยนต์มาต่อเข้ากับเพลาของโรเตอร์ เมื่อโรเตอร์หมุนก็จะทำให้น้ำหนักตามไปด้วย ทำให้ตัวถังเคลื่อนที่ ที่ปลายแขนจะมีน้ำหนักถ่วงไว้เพื่อมิให้ตัวถังหมุนตาม เราจึงสามารถคำนวณหาแรงบิดของเครื่องยนต์ได้



รูปที่ 2.41 แสดงไดนาโมมิเตอร์แบบไฮดรอลิก

โดยที่	W	= น้ำหนักที่ถ่วงไว้ที่ปลาย	
	r	= รัศมีจากกึ่งกลางของไดนาโมมิเตอร์กับน้ำหนักที่แขวน	
	T	= แรงบิดที่เกิดจากเครื่องยนต์	
นั่นคือ	T	= Wr	(2.9)

2.4. ไดนาโมมิเตอร์แบบไฟฟ้า เป็นไดนาโมมิเตอร์ที่ใช้งานง่ายและสะดวก ไดนาโมมิเตอร์แบบไฟฟ้า(Electric Dynamometer) มี 2 ลักษณะ คือ ไดนาโมมิเตอร์แบบกระแสตรง(DC Dynamometer)และไดนาโมมิเตอร์แบบกระแสวน(Eddy Current Dynamometer) สำหรับไดนาโมมิเตอร์แบบกระแสตรงจะใช้หลักการของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง(DC Generator)คือนำเครื่องยนต์มาต่อกับไดนาโมมิเตอร์นี้แล้วเครื่องยนต์จะหมุนแกนอาร์เมเจอร์ (Armature) ของไดนาโมมิเตอร์เพื่อผลิตไฟฟ้าออกมา ผลิตออกมาได้มากเท่าไรก็เป็นกำลังของเครื่องยนต์ที่วัดได้ ส่วนไดนาโมมิเตอร์แบบกระแสวนนั้นใช้กระแสไฟฟ้าเข้าไปสร้างเส้นแรงแม่เหล็กเพื่อดึงการหมุนของแกนโรเตอร์ซึ่งมีลักษณะคล้ายการทำงานของไดนาโมมิเตอร์แบบ ไฮดรอลิก ซึ่งที่ปลายตัวถังของไดนาโมมิเตอร์แบบนี้มีน้ำหนักถ่วงไว้เช่นกัน การคำนวณหาแรงบิดก็ทำได้ในลักษณะเดียวกันกับที่กล่าวมาแล้ว

3. กำลังม้าที่สูญเสียไปกับความฝืด(Friction Horsepower) คือ กำลังม้าที่ใช้เพื่อเอาชนะความฝืดซึ่งเกิดขึ้นในขณะที่เครื่องยนต์ทำงาน กำลังม้าประเภทนี้หาได้จากการใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขับเครื่องยนต์แล้ววัดกำลังม้าที่มอเตอร์ซึ่งใช้ขับ ในระหว่างทำการทดสอบเครื่องยนต์จะต้องอยู่ในอุณหภูมิทำงานตามปกติแต่ไม่มีน้ำมันเชื้อเพลิงในคาร์บูเรเตอร์ นอกจากนั้นลิ้นเร่งจะต้องอยู่ในตำแหน่งเปิดสุด จากการทดสอบจะเห็นได้ว่าที่ความเร็วต่ำความฝืดที่เกิดขึ้นค่อนข้างจะต่ำและความฝืดจะเพิ่มสูงขึ้นตามความเร็วรอบของเครื่องยนต์ด้วยกำลังม้าที่สูญเสียไปกับความฝืด จะแตกต่างกันออกไปตามการออกแบบเครื่องยนต์และลักษณะของการนำเครื่องยนต์ไปใช้ โดยทั่วไปจะอยู่ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์กำลังม้าประเภทนี้จะไม่คงที่แต่จะเพิ่มขึ้นตามความเร็วรอบของเครื่องยนต์ เช่นตามรูป ซึ่งแสดงข้างบนจะเห็นว่าที่ความเร็ว 1,000 รอบต่อนาที กำลังม้าประเภทนี้จะถูกใช้ไปประมาณ 4 กำลังม้า ที่ความเร็ว 2,000 รอบต่อนาที จะถูกใช้ไปประมาณ 10 กำลังม้า ที่ความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที และที่ความเร็ว 4,000 รอบต่อนาที กำลังม้าประเภทนี้จะถูกใช้ไปประมาณ 21 กำลังม้า และ 40 กำลังม้าตามลำดับ สาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดความฝืดในเครื่องยนต์ได้แก่ แหวนลูกสูบ ซึ่งความฝืดที่เกิดขึ้นระหว่างแหวนลูกสูบกับผนังกระบอกสูบ อาจสูงถึงประมาณ 75 เปอร์เซ็นต์ของความฝืดทั้งหมดที่เกิดขึ้นกับเครื่องยนต์ที่มีระยะชักสั้น (oversquare engine) จะน้อยกว่าความฝืดที่เกิดขึ้นกับเครื่องยนต์ที่มีระยะชักยาว(undersquare engine) ทั้งนี้เนื่องจากระยะทางที่แหวนลูกสูบเคลื่อนที่สั้นกว่า ดังนั้นการสูญเสียกำลังม้าไปกับความฝืดที่เกิดขึ้นกับเครื่องยนต์ชนิดนี้จึงน้อยกว่า ในการหา กำลังม้าที่สูญเสียไปกับความฝืดสามารถคำนวณได้จากสูตรดังต่อไปนี้

สูตร

FHP = IHP – BHP

(2.10)

เมื่อ

FHP = กำลังม้าที่สูญเสียไปกับความฝืด , กำลังม้า (H.P.)

IHP = กำลังม้าทางทฤษฎี , กำลังม้า (H.P.)

BHP = กำลังม้าสุทธิ ,กำลังม้า (H.P.)

บทที่ 3

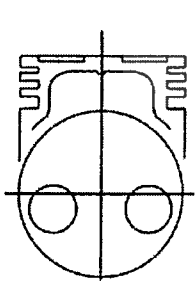
การคำนวณและการออกแบบ

ในการออกแบบและปรับปรุงเครื่องยนต์ดีเซลการเกษตรขนาดเล็กสูบเดียวให้สามารถใช้น้ำมันเชื้อเพลิงได้หลากหลายชนิดนั้น ได้นำเครื่องยนต์เล็ก KUBOTA KND-40 ซึ่งเป็นเครื่องยนต์เก่าสภาพพอใช้งานได้มาทำการถอดล้างทำความสะอาดและเปลี่ยนอุปกรณ์บางอย่างใหม่เช่น ปลอกสูบ ลูกสูบ แหวนลูกสูบและปะเก็น เป็นต้นจากนั้นจึงนำฝาสูบไปทำการออกแบบและปรับปรุงให้สามารถปรับอัตราส่วนกำลังอัดแปรผันได้ ซึ่งมีข้อมูลของเครื่องยนต์ KUBOTA KND-40 ดังนี้

แบบเครื่องยนต์	ดีเซล 4 จังหวะ 1 สูบนอน , ระบายความร้อนด้วยน้ำ
แบบเผาไหม้	มีห้องเผาไหม้ช่วย
ความกว้างกระบอกสูบ x ช่วงชัก	75 x 73 มม
กำลังสูงสุด	3000 W / 2100 rpm

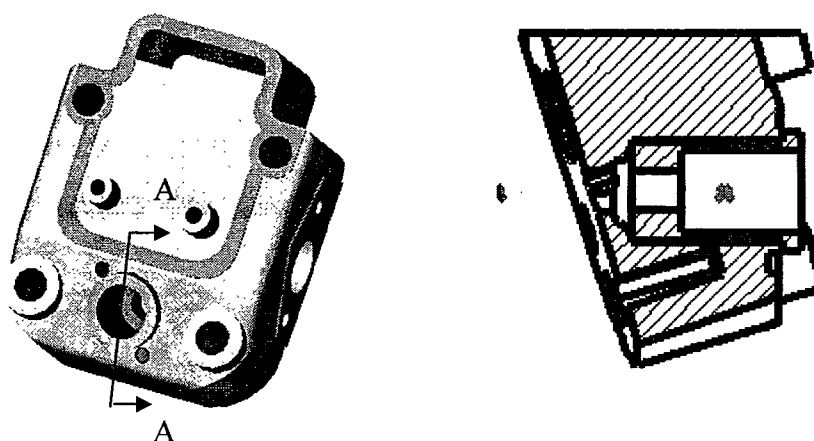
การออกแบบอัตราส่วนการอัดแปรผัน		
C.R เดิม	C.R สูงสุด	C.R ต่ำสุด
20 : 1	25 : 1	15 : 1

ตารางที่ 3.1 แสดงค่าการออกแบบอัตราส่วนการอัดแปรผัน

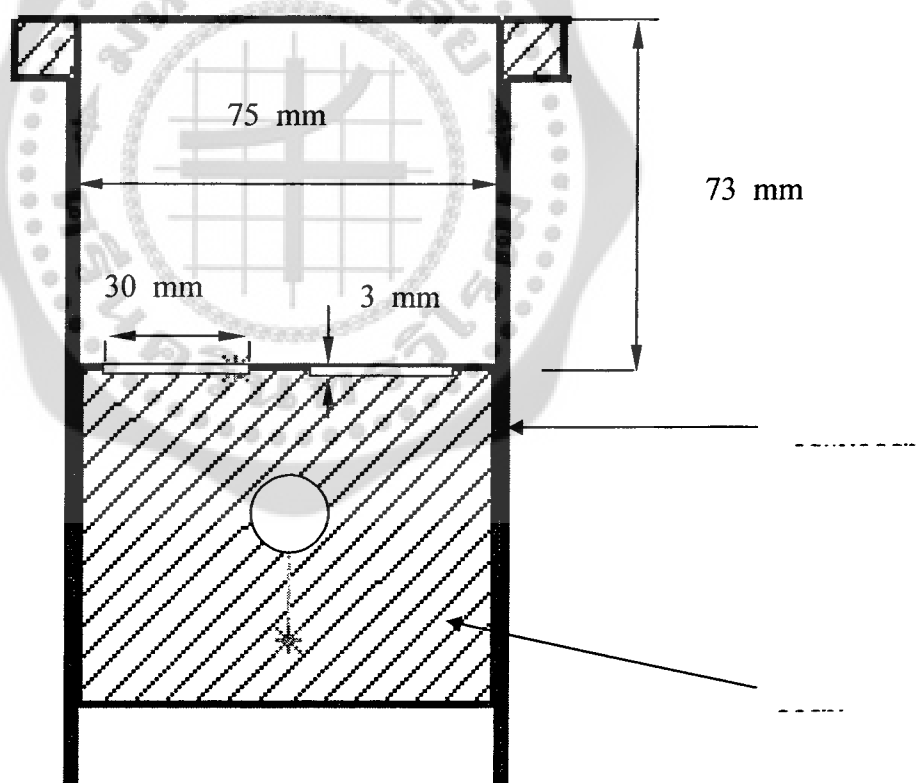


C.S NO	O.E.M REF.NO.	MODEL & DESCRIPTION	NO. CYL	CYL DIA	PISTON				PIN	
					LONG	COMP. DIST.	RING		DIA	LONG.
							COMP.	OIL		
51303	14111-21113	KND-3	1	68	83.0	44.7-2.4	3-2.5	2.4-4.0	25	57
51306	14109-21112	KND-40	1	75	83.0	44.9-2.5	3-2.5	2.5-4.0	25	64

ตารางที่ 3.2 ข้อมูลลูกสูบของเครื่องยนต์รุ่น KND-40



รูปที่ 3.1 ภาพตัดแสดงลักษณะของฝาสูบหลังจาก Modified



รูปที่ 3.2 ภาพตัดแสดงขนาดกระบอสูบและลูกสูบ

การคำนวณอัตราส่วนการอัด ณ ตำแหน่งการปรับที่ให้อัตราส่วนการอัดสูงสุด

$$V_c \text{ ฟาสูป} = \left(\frac{\pi (26)^2 + \pi (10)^2}{4} \right) (5) + \left(\frac{\pi (14)^2 + \pi (10)^2}{4} \right) (10) \quad (A)$$

$$= 1,523.67 + 1,162.39$$

$$= 2,686.06 \text{ mm}^3 = 2.69 \text{ CC.}$$

$$V_c \text{ ความหนาปะเก็น} = \frac{\pi (75)^2 (1.6)}{4} \quad (B)$$

$$= 7,068.58 \text{ mm}^3 = 7.07 \text{ CC.}$$

$$V_c \text{ ร่องบนหัวลูกสูบ} = \left(\frac{\pi (30)^2 (3)}{4} \right) (2) \quad (C)$$

$$= 4,241.15 \text{ mm}^3 = 4.24 \text{ CC.}$$

$$\begin{aligned} V_c &= (A) + (B) + (C) \\ &= 2,686.06 + 7,068.58 + 4,241.15 \\ &= 13,995.79 \text{ mm}^3 = 13.99 \text{ CC.} \end{aligned}$$

$$V_s \text{ ในกระบอกสูบ} = \left(\frac{\pi (75)^2 (73)}{4} \right) + (C) \quad (D)$$

$$= 322,504.12 + 4,241.15$$

$$= 326,745.27 \text{ mm}^3 = 326.75 \text{ CC.}$$

$$\begin{aligned} V_s &= (D) + (A) + (B) \\ &= 326,745.27 + 2,686.06 + 7,068.58 \\ &= 336,499.91 \text{ mm}^3 = 336.50 \text{ CC.} \end{aligned}$$

จาก

$$C.R = \frac{(V_s + V_c)}{V_c} = \frac{336,499.91 + 13,995.79}{13,995.79}$$

$$\text{ดังนั้นจะได้อัตราส่วนการอัด} = 25 : 1$$

การคำนวณตราส่วนการอัด ณ ตำแหน่งการปรับที่ให้อัตราส่วนการอัดต่ำสุด

$$V_c \text{ ฝาสูบ} = \frac{\pi (28)^2 (17)}{4} + \left(\frac{\pi (26)^2 + \pi (10)^2}{4} \right) (5) + \left(\frac{\pi (14)^2 + \pi (10)^2}{4} \right) (10)$$

(E)

$$= \frac{10,467.79}{2} + \frac{1,523.67}{2} + \frac{1,162.39}{2}$$

$$= 13,153.85 \text{ mm}^3 = 13.15 \text{ CC.}$$

$$V_c = (E) + (B) + (C)$$

$$= 13,153.85 + 7,068.58 + 4,241.15$$

$$= 24,463.58 \text{ mm}^3 = 24.46 \text{ CC.}$$

$$V_s = (D) + (E) + (B)$$

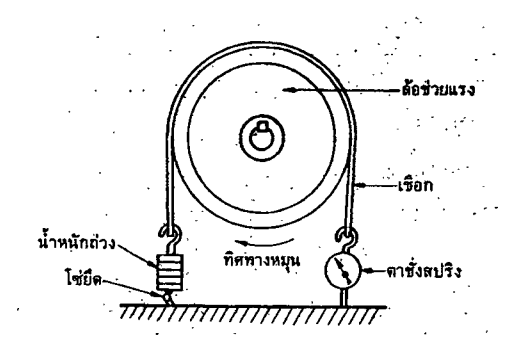
$$= 326,745.27 + 13,153.85 + 7,068.58$$

$$= 346,967.70 \text{ mm}^3 = 346.97 \text{ CC.}$$

$$\text{จาก } \frac{C.R}{-} = \frac{(V_s + V_c)}{V_c} = \frac{346,967.70 + 24,463.58}{24,463.58}$$

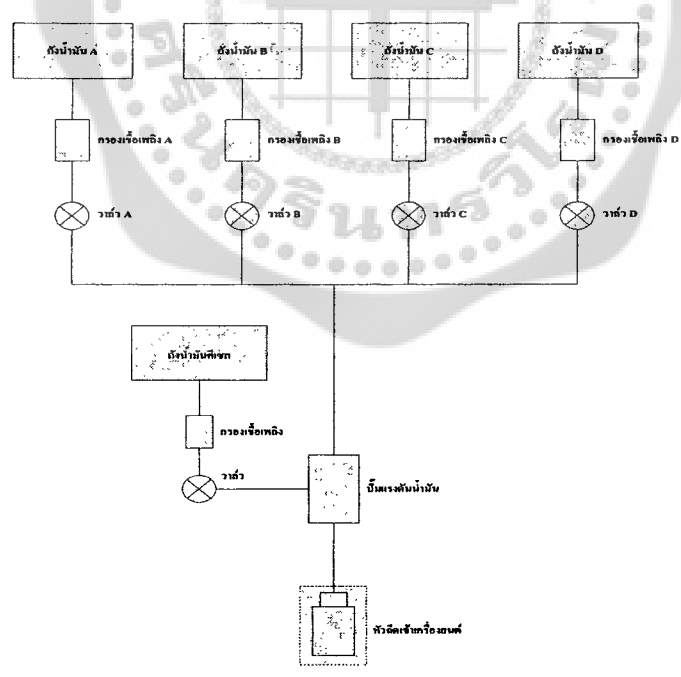
ดังนั้นจะได้อัตราส่วนการอัด = 15 : 1

การออกแบบเครื่องมือสำหรับวัดแรงบิดและแรงม้าของเครื่องยนต์

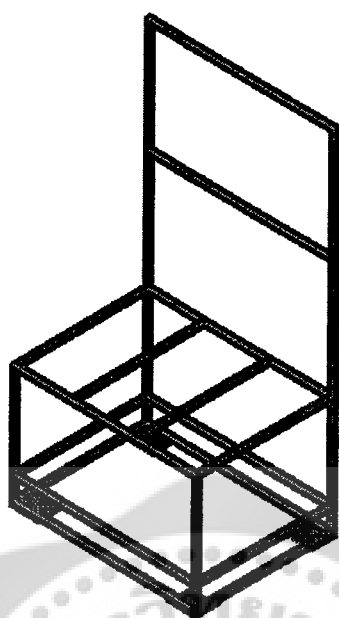


รูปที่ 3.3 ภาพเครื่องมือสำหรับวัดแรงบิดและแรงม้าของเครื่องยนต์

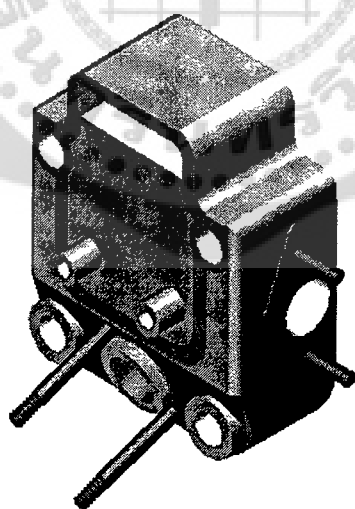
ใช้สายพานโรงสีข้าว = 25.4 x 5 mm
ความยาวสายพาน = 1.5 m



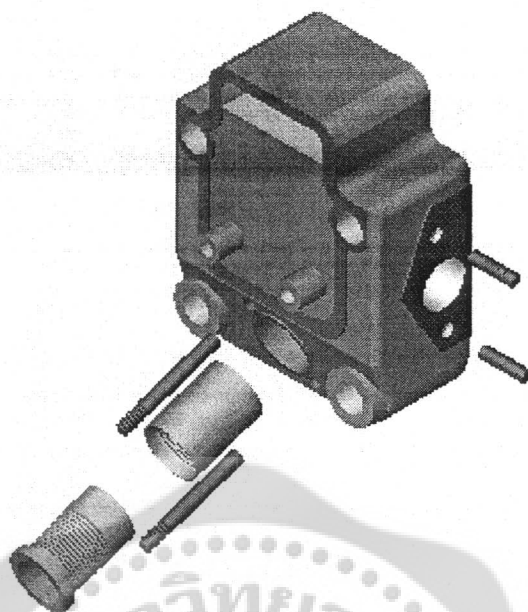
รูปที่ 3.4 แสดงไดอะแกรมวงจรน้ำมันเชื้อเพลิง



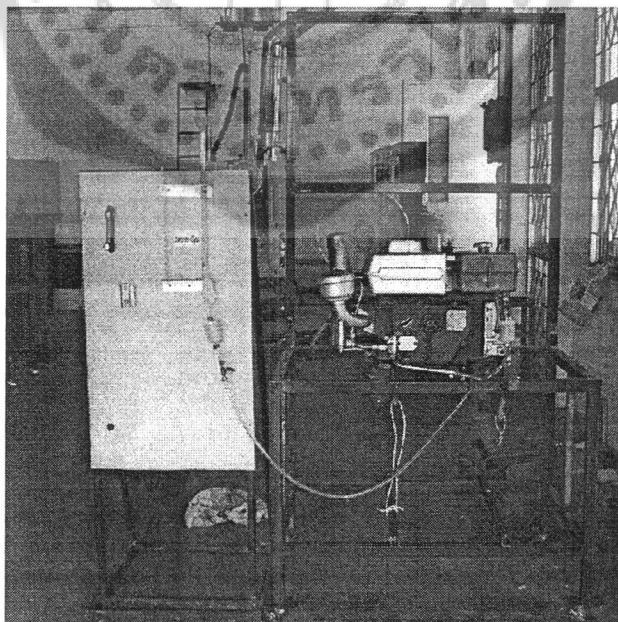
รูปที่ 3.5 โครงยึดเครื่องยนต์และอุปกรณ์



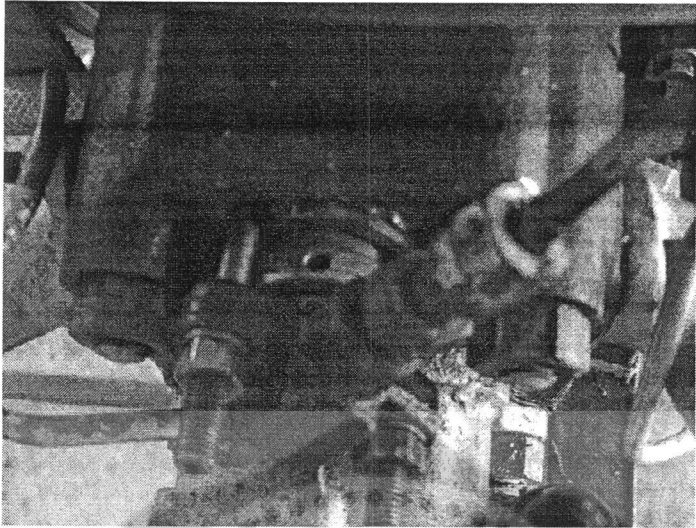
รูปที่ 3.6 แสดงภาพการออกแบบฝาสูบ



รูปที่ 3.7 ภาพระเบิดปลอกปรับอัตราส่วนการอัด



รูปที่ 3.8 แสดงการติดตั้งเครื่องขนัด



รูปที่ 3.9 การติดตั้งหัวฉีดและปลอกกับฝาสูบ



บทที่ 4

อุปกรณ์และผลการทดลอง

วัสดุและอุปกรณ์ในการทดลอง

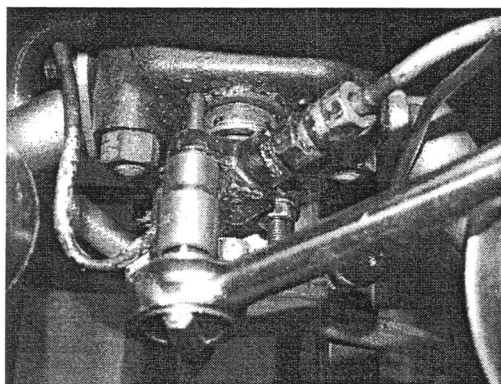
1. เครื่องยนต์ดีเซลเล็ก KUBOTA KND-40 ที่ได้ปรับปรุงแล้ว
2. เครื่องมือปรับตั้งอัตราส่วนการอัด
3. เครื่องมือวัดกำลังอัด
4. หลอดบรรจุน้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อวัดปริมาณการกินเชื้อเพลิง
5. น้ำมันเชื้อเพลิง
6. ชุดเขวนน้ำหนัก
7. สายพานโรงสีข้าว
8. น้ำหนักถ่วง
9. เครื่องมือวัดรอบเครื่องยนต์
10. เครื่องมือวัดไอเสีย

เงื่อนไขในการทดสอบ

1. ทำการทดสอบหาอัตราส่วนการอัดที่เหมาะสมกับน้ำมันเชื้อเพลิงแต่ละชนิด
2. ทำการวัดกำลังอัดด้วยเครื่องมือวัดกำลังอัด
3. ทำการทดสอบอัตราการกินน้ำมันเชื้อเพลิง
4. ทำการทดสอบแรงบิดและแรงม้า
5. ทำการวัดค่าสารที่เป็นมลพิษจากไอเสีย

การทดสอบหาค่าอัตราส่วนการอัดที่เหมาะสมกับน้ำมันเชื้อเพลิงแต่ละชนิด

1. จัดเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ให้พร้อม
2. ตรวจสอบความพร้อมของเครื่องยนต์ เช่น น้ำมันหล่อลื่น น้ำหล่อเย็น ฯ
3. ทำการคลายน็อตยึดหัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง



รูปที่ 4.1 การคลายน็อตยึดหัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง

4. ทำการปรับตั้งอัตราส่วนการอัดสำหรับน้ำมันดีเซล ตามข้อมูลเดิมด้วย
เครื่องมือปรับตั้งอัตราส่วนการอัด

5. ทำการขันน็อตยึดหัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงให้แน่นดังเดิม



รูปที่ 4.2 การสตาร์ทเครื่องยนต์ด้วยมือหมุนสตาร์ท

6. ดึงคันยกวาล์วแล้วทำการสตาร์ทเครื่องยนต์ด้วยมือหมุนสตาร์ทจนได้รอบที่เหมาะสมแล้วปล่อยคันยกวาล์ว

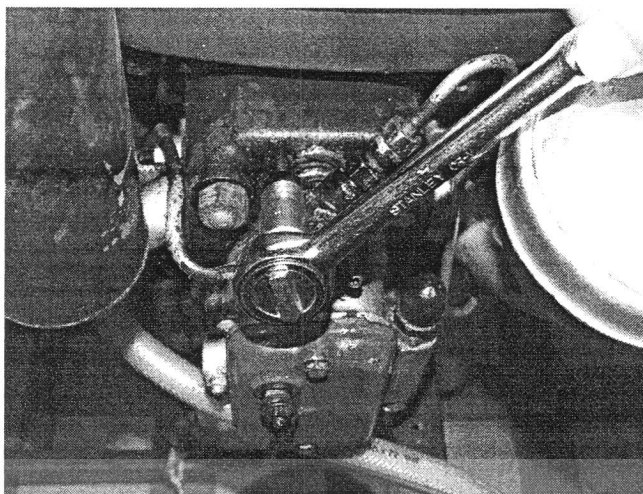
7. ปรับเครื่องยนต์ที่รอบเดินเบาต่ำสุด เครื่องยนต์จะต้องเดินเบาได้เรียบปกติ และสามารถเร่งความเร็วรอบจากรอบเดินเบาไปจนถึงรอบสูงสุดได้ดีไม่สะดุดและไม่มีเสียงเครื่องยนต์น็อก (ปรับตั้งจนกว่าจะได้ตำแหน่งที่เหมาะสม ทำการวัดตำแหน่งและบันทึกค่า

8. เมื่อได้ตำแหน่งที่เหมาะสมแล้ว ดับเครื่องยนต์ คลายน็อตยึดหัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง เพื่อทำการทดสอบปรับเพิ่มอัตราส่วนการอัดจากตำแหน่งที่เหมาะสมไปจนถึงตำแหน่งที่มีการอัดกระแทกที่ฝาสูบหรือเมื่อมีเสียงเครื่องยนต์น็อก ทำการวัดตำแหน่งและบันทึกค่า (ทดสอบปรับเพิ่มทีละครึ่งเกลียว)

9. ดับเครื่องยนต์ คลายน็อตยึดหัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง เพื่อทำการทดสอบปรับลดอัตราส่วนการอัด จากตำแหน่งที่เหมาะสมไปจนถึงตำแหน่งที่เครื่องยนต์เดินไม่เรียบหรือเครื่องยนต์ดับ ทำการวัดตำแหน่งและบันทึกค่า

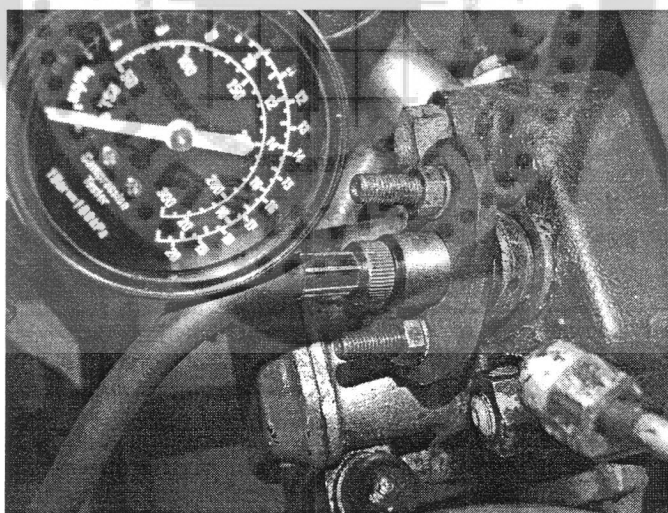
10. ทำการปรับตั้งอัตราส่วนการอัดตามชนิดของน้ำมันที่ต้องการทดสอบ โดยทำตามขั้นตอนที่ 1-10 ซึ่งตำแหน่งการปรับอัตราส่วนการอัดเริ่มต้นนั้น พิจารณาจากความหนืดของน้ำมันที่ทดสอบเปรียบเทียบกับน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลที่ได้ทดสอบค่าอัตราส่วนการอัดที่เหมาะสมแล้ว

11. ทำการถอดหัวฉีดและป्लอกชันปรับอัตราส่วนการอัดออกจากเครื่องยนต์



รูปที่ 4.3 การถอดหัวฉีดและป्लอกชันปรับอัตราส่วนการอัดออกจากเครื่องยนต์

12. ขันป्लอกวัดกำลังอัดเข้าไปแทนที่ ป्लอกชันปรับอัตราส่วนการอัด



รูปที่ 4.4 การติดตั้งป्लอกวัดกำลังอัด

13. ทำการวัดกำลังอัดโดยทำการปรับตั้งตำแหน่งต่างๆ ตามที่ได้บันทึกไว้ โดยทำการหมุนเครื่องยนต์แล้วอ่านค่าจากที่วัดกำลังอัด บันทึกค่า

ผลการทดสอบ

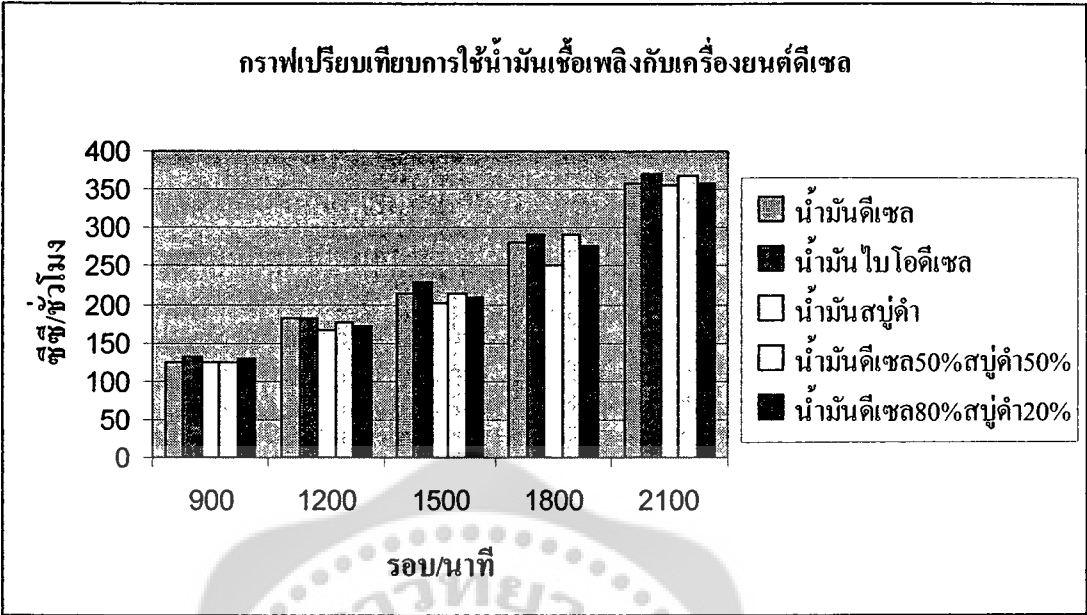
น้ำมันเชื้อเพลิง	เดินไม่เรียบ/น็อก		เหมาะสม		เดินไม่เรียบ	
	C.R.	กำลังอัด	C.R.	กำลังอัด	C.R.	กำลังอัด
		(kg/cm ²)		(kg/cm ²)		(kg/cm ²)
น้ำมันดีเซล	20.66 :1	17.2	19.13 :1	14.5	17.37 :1	11.6
น้ำมันสบู่ดำ	21.98:1	19.4	20.90:1	16.4	18.78:1	14
น้ำมันไบโอดีเซล	20.57:1	18.6	19.34:1	16	18.01:1	14.2
สบู่ดำ 50 % ดีเซล 50 %	21.23:1	18.2	19.63:1	15.3	18.26:1	14.5
สบู่ดำ 80 % ดีเซล 20 %	21.61:1	17.4	20.24:1	15.8	18.52:1	14.7

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดสอบหาค่าอัตราส่วนการอัด(C.R) และกำลังอัดของเครื่องยนต์ที่เหมาะสมกับชนิดของน้ำมันเชื้อเพลิง

จากตารางเป็นการทดสอบหาค่าอัตราส่วนการอัด (C.R) และกำลังอัดที่เครื่องยนต์ที่เหมาะสมกับชนิดของน้ำมันเชื้อเพลิง โดยการตำแหน่งที่เหมาะสมกับชนิดของเชื้อเพลิง เดินเรียบสม่ำเสมอ สามารถเร่งเครื่องยนต์ได้ตามปกติ มีอัตราเร่งที่ดี ซึ่งเมื่อได้ (C.R) ที่เหมาะสมกับน้ำมันเชื้อเพลิงแต่ละชนิดแล้วจึงทำการทดลองปรับตั้งให้ (C.R) เพิ่มสูงขึ้นไปจนกระทั่งพบตำแหน่ง (C.R) ที่มีอาการเดินไม่เรียบอย่างชัดเจนหรือมีเสียงดัง และเช่นเดียวกันจากตำแหน่ง (C.R) ที่เหมาะสมทำการปรับตั้งค่าให้ (C.R) ลงไปจนกระทั่งพบตำแหน่ง (C.R) ที่มีอาการเดินที่ไม่ราบเรียบอย่างชัดเจนหรือสตาร์ทไม่ติด

จากการทดสอบค่าอัตราส่วนอัด (C.R) และกำลังอัดของเครื่องยนต์ พบว่าสามารถปรับตั้งให้ค่าที่เหมาะสมตามชนิดของน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล สบู่ดำ ไบโอดีเซล ดีเซลผสมสบู่ดำ 20% และ 80% เครื่องยนต์เดินเรียบสม่ำเสมอสามารถปรับเร่งเครื่องยนต์ได้ตามปกติ มีอัตราเร่งที่ดี ซึ่งชนิดของน้ำมันเชื้อเพลิงที่นำมาทดลองครั้งนี้ น้ำมันที่มีอัตราส่วนการอัดสูงสุดคือ สบู่ดำที่ 20:90 น้ำมันที่มีอัตราส่วนการอัดต่ำสุดคือดีเซลที่ 19:13

การทดสอบอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

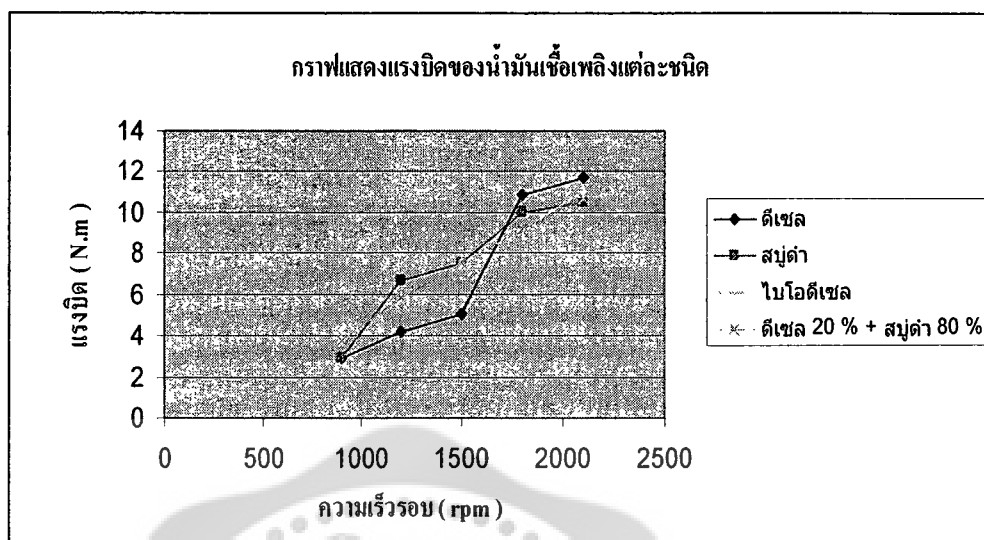


รูปที่ 4.6 กราฟแสดงผลการเปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์

จากการทดสอบพบว่าที่ทุกความเร็วรอบ เครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันน้ำมันสบูดำเป็นเชื้อเพลิงจะมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงต่ำที่สุด เมื่อเทียบกับน้ำมันชนิดอื่น ๆ ส่วนเครื่องยนต์ที่ใช้น้ำมันไบโอดีเซลจะมีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสูงที่สุด

จากการทดลองเราจะเลือกน้ำมันดีเซล น้ำมันสบูดำ น้ำมันไบโอดีเซลและน้ำมันดีเซล 80 % น้ำมันสบูดำ 20 % เพราะเนื่องจากที่ทุกความเร็วรอบอัตราการกินเชื้อเพลิง น้ำมันดีเซล 50 % น้ำมันสบูดำ 50 % มีอัตราสูงกว่า น้ำมันดีเซล 80 % น้ำมันสบูดำ 20 % เมื่อความเร็วรอบสูงขึ้นอัตราการกินเชื้อเพลิงของน้ำมันดีเซล 80 % น้ำมันสบูดำ 20 % และ น้ำมันไบโอดีเซล จะใกล้เคียงกัน ซึ่งจะต้องพิจารณาถึงแรงบิด แรงม้าเบรก กำลัง เครื่องยนต์ เพื่อประเมินสมรรถนะของเครื่องยนต์

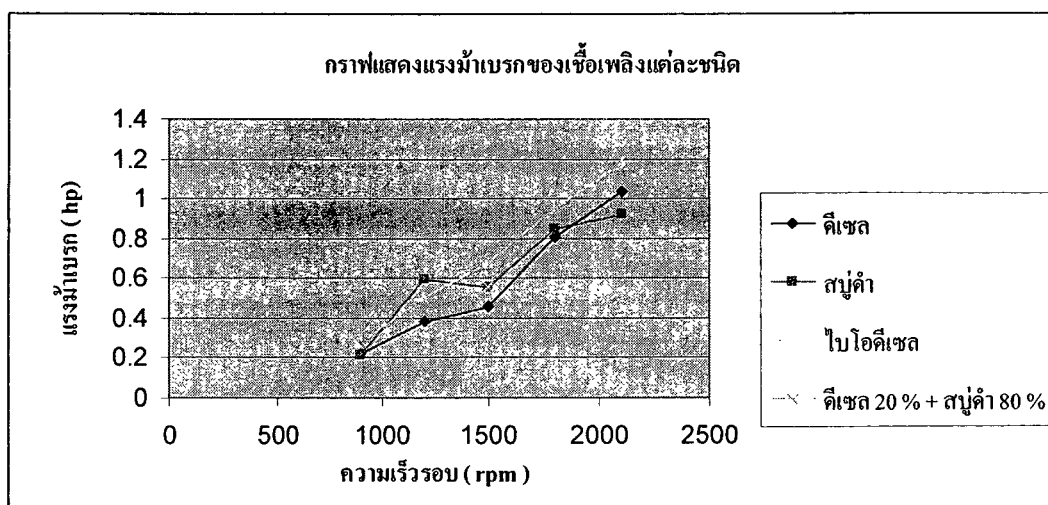
การทดสอบแรงบิด



รูปที่ 4.47 กราฟแสดงแรงบิดของแต่ละน้ำมันเชื้อเพลิง

จากกราฟผลการทดสอบแรงบิดเมื่อใช้น้ำมันเชื้อเพลิงทั้ง 4 ชนิดมีค่าแรงบิดสูงสุด และต่ำสุดนี้พบว่า ที่ 900 rpm น้ำมันไบโอดีเซลและน้ำมันดีเซล 80 % สบู่ดำ 20 % ให้แรงบิดสูงสุดใกล้เคียงกันในขณะที่น้ำมันดีเซลและสบู่ดำมีแรงบิดต่ำกว่า ที่ 1200 rpm น้ำมันสบู่ดำมีแรงบิดสูงสุดในขณะที่น้ำมันดีเซลมีแรงบิดต่ำสุด. ที่ 1500 rpm น้ำมันสบู่ดำ น้ำมันไบโอดีเซลและน้ำมันดีเซล 80 % สบู่ดำ 20 % มีแรงบิดใกล้เคียงกัน ในขณะที่ดีเซลมีแรงบิดต่ำสุด ที่ 1800 rpm น้ำมันดีเซลจะมีแรงบิดสูงสุดในขณะที่น้ำมันไบโอดีเซลและน้ำมันดีเซล 80 % สบู่ดำ 20 % มีแรงบิดต่ำสุด ที่ 2100 rpm น้ำมันสบู่ดำ น้ำมันไบโอดีเซลและน้ำมันดีเซล 80 % สบู่ดำ 20 % จะมีแรงบิดใกล้เคียงกัน ในขณะที่ดีเซลมีแรงบิดต่ำสุด

การทดสอบแรงม้าเบรก



รูปที่ 4.48 กราฟแสดงแรงม้าเบรกของแต่ละน้ำมันเชื้อเพลิง

จากกราฟการทดสอบแรงม้าเบรกเมื่อใช้น้ำมันเชื้อเพลิงทั้ง 4 ชนิด มีค่าแรงม้าเบรกสูงสุดและต่ำสุดดังนี้ ที่ 900 rpm น้ำมันเชื้อเพลิงทั้ง 4 ชนิดจะมีแรงม้าเบรกที่ใกล้เคียงกัน แต่ น้ำมัน สบู่ดำและน้ำมันดีเซลมีค่าต่ำสุด ที่ 1200 rpm น้ำมันดีเซลและสบู่ดำมีแรงม้าเบรกที่ใกล้เคียงกัน

ในขณะที่น้ำมันดีเซล 20 % สบู่ดำ 80 % จะให้แรงม้าเบรกต่ำสุด ที่ 1500 rpm น้ำมันดีเซล สบู่ดำและไบโอดีเซลจะมีแรงม้าเบรกสูงแต่ น้ำมันดีเซล 20 % สบู่ดำ 80 % จะให้แรงม้าเบรกต่ำสุด ที่ 1800 rpm น้ำมันดีเซล 20 % สบู่ดำ 80 % จะให้แรงม้าเบรกสูงสุด ส่วนน้ำมันสบู่ดำจะให้แรงม้าเบรกต่ำสุด ที่ 2100 rpm น้ำมันดีเซลจะให้แรงม้าเบรกสูงสุด ส่วนส่วนน้ำมันสบู่ดำจะให้แรงม้าเบรกต่ำสุด

การทดสอบการปลดปล่อยมลภาวะ

RPM	น้ำมันดีเซล			น้ำมันสบูดำ			น้ำมันไบโอดีเซล			น้ำมันดีเซล 20 %+ น้ำมันสบูดำ 80 %		
	CO ₂ (%)	NOx (ppm)	CO (ppm)	CO ₂ (%)	NOx (ppm)	CO (ppm)	CO ₂ (%)	NOx (ppm)	CO (ppm)	CO ₂ (%)	NOx (ppm)	CO (ppm)
900	1.79	38	51	2.07	29	63	1.87	37	43.3	1.45	49	48.9
1200	1.68	27	39	1.89	27	46	1.99	50	70.6	1.5	37	39.1
1500	1.79	33	31	2.2	22	68	1.87	47	56	1.97	54	52.3
1800	2.1	39	47	2.29	27	53	1.4	29	31	1.89	43	58.4
2100	2.29	41	49	2.6	27	57	1.23	16	70.5	2.4	31	64.5

ตาราง 4.2 ผลการวัดค่า CO , CO₂ , NOx จากไอเสียเครื่องยนต์

จากตารางที่ 4.2 จะแสดงผลการวัดค่า CO , CO₂ , NOx จากไอเสียเครื่องยนต์ที่ใช้ น้ำมันเชื้อเพลิงที่แตกต่างชนิดกัน จะเห็นได้ว่า น้ำมันดีเซลจะมีค่า CO สูงสุดที่ความเร็วรอบ 900 รอบ/นาที่ ซึ่งอยู่ในมาตรฐาน มอก ระดับที่ 1 แต่ค่า NOx จะมีค่าเกินมาตรฐานที่ มอก กำหนด ส่วนน้ำมันสบูดำจะมีค่า CO สูงสุดอยู่ที่ความเร็วรอบ 1500 รอบ/นาที่ ซึ่งอยู่ในมาตรฐาน มอก ระดับที่ 1 แต่ค่า NOx จะมีค่าเกินมาตรฐานที่ มอก กำหนด น้ำมันไบโอดีเซลจะมีค่า CO สูงสุดที่ความเร็วรอบ 1200 รอบ/นาที่ซึ่งอยู่ในมาตรฐาน มอก ระดับที่ 1แต่ค่า NOx จะมีค่าเกินมาตรฐานที่ มอก กำหนด และน้ำมันดีเซล 20 % + น้ำมันสบูดำ 80 % จะมีค่า CO สูงสุดที่ความเร็วรอบ 2100 รอบ/นาที่ ซึ่งอยู่ในมาตรฐาน มอก ระดับที่ 1แต่ค่า NOx จะมีค่าเกินมาตรฐานที่ มอก กำหนด

เอกสารอ้างอิง

1. U.S. Department of Energy, 1999, Guidebook for Handling, Storing and Dispensing Fuel Ethanol, Center for Transportation Research, Chicago, pp. 11-13. (www.afdc.doe.gov)
2. Birrell, J.S., 1982, " Ethanol as a Petrol Extender in Spark Ignition Engines," Paper 825026 presented at the XIX International Fisita Congress, Melbourne, Australia, pp. 59-63.
3. King, E.T. and Chui G.K., 1984, "Hardware effects on the wear of methanol fueled engine," VI International Symposium on Alcohol Fuel Technology ,Ottawa Canada, May 21- 25, 1984, pp. 242-251.
4. Myung , C.L., et al, 1993, "Research and Development of Hyundai Flexible Fuel Vehicles (FFVs)," Future Fuels and Emission System, Society of Automotive Engineers (SAE), pp. 91-97.
5. สุรัชย์ บวรเศรษฐนันท์, 2526, "การสึกหรอของเครื่องยนต์ดีเซลที่ใช้แอลกอฮอล์เป็นเชื้อเพลิงเสริม" วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
6. Pramanik. K, 2003, "Properties and use of jatropha curcas oil and diesel fuel blends in compression ignition engine" Renewable Energy, 28, pp.239-248.