

ทฤษฎีและปฏิบัติ

เครื่องยนต์ แก๊สโซลีน

เหมาะสำหรับนักศึกษา
ระดับ ปวช. ปวส. ปริญญาตรี
และเฝ้าสนใจทั่วไป



ประสานพงษ์ ทาเรือนชัย
นพตล คำมณี



คำนิยม

หนังสือ ทฤษฎีและปฏิบัติเครื่องยนต์แก๊สโซลีน เล่มนี้มีเนื้อหาครอบคลุมหลักการทำงานเบื้องต้นของเครื่องยนต์ และเทคโนโลยีใหม่ๆ สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน จึงเหมาะสมที่จะใช้เพื่อศึกษาหาความรู้ทั้งในด้านทฤษฎีและปฏิบัติได้เป็นอย่างดี เนื่องจากคณาจารย์ที่จัดทำหนังสือเล่มนี้มีความรู้และประสบการณ์เป็นอย่างดีในด้านการสอนวิชาแก๊สโซลีนโดยตรง อีกทั้งยังมีความอุตสาหะที่จะจัดทำหนังสือเล่มนี้ให้เป็นประโยชน์สำหรับนักเรียน นักศึกษา และผู้สนใจโดยทั่วไป

ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าหนังสือ ทฤษฎีและปฏิบัติเครื่องยนต์แก๊สโซลีน เป็นหนังสือที่มีเนื้อหาครอบคลุมครบตามหลักสูตรสำหรับนักศึกษา ปวช. ช่างยนต์

(นายศุภร บุญเนา)

ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคนครราชสีมา

คำนำ

เครื่องยนต์แก๊สโซลีนเป็นวิชาหลักสำหรับนักเรียน นักศึกษาวิชาช่างยนต์ ซึ่งปัจจุบันได้มีวิวัฒนาการทางเทคโนโลยีให้มีความสอดคล้องกับสภาพสิ่งแวดล้อมในสังคมยุคปัจจุบันที่ต้องการให้เครื่องยนต์มีสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่สูงขึ้น ประหยัดเชื้อเพลิง และจะต้องคำนึงถึงปัญหามลภาวะเป็นพิษที่เกิดจากเครื่องยนต์ เช่น อากาศและเสียงเป็นสำคัญ

ดังนั้นเนื้อหาภายในหนังสือเล่มนี้จึงได้รวบรวมหลักการทำงานเบื้องต้นของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ 2 จังหวะ ระบบการทำงานต่างๆ ของเครื่องยนต์ที่ทำงานสัมพันธ์กัน และนอกจากระบบการทำงานต่างๆ แล้ว ภายในหนังสือเล่มนี้ยังเพิ่มเนื้อหาของระบบฉีดเชื้อเพลิงควบคุมการทำงานด้วยอิเล็กทรอนิกส์ และระบบควบคุมมลภาวะ ซึ่งเป็นระบบที่รถยนต์นั่งในปัจจุบันพึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องติดตั้งให้กับรถยนต์ที่ผลิตใช้ภายในประเทศ เพื่อเป็นการควบคุมมลภาวะและรักษาสภาพสิ่งแวดล้อมตามกฎหมายข้อบังคับในปัจจุบัน

ส่วนในภาคผนวกยังได้เพิ่มเนื้อหาของระบบปรับความเร็วให้คงที่ในขณะที่เดินทางไกล (cruise control system) และระบบควบคุมการเปลี่ยนแปลงระยะองศาเปิด-ปิดของลิ้นควบคุมการทำงานด้วยอิเล็กทรอนิกส์ (VTEC) ซึ่งเป็นระบบที่ควบคุมการทำงานด้วยเทคโนโลยีขั้นสูง เพื่อเป็นการอำนวยความสะดวกและเพิ่มสมรรถนะที่สูงขึ้นให้กับผู้ขับขี่รถยนต์ในปัจจุบัน

เนื้อหาของหนังสือได้รวบรวมเนื้อหาทางภาคทฤษฎีและปฏิบัติไว้ภายในบทเดียวกัน ทั้งนี้ก็เพื่อสะดวกในการค้นคว้าข้อมูล โดยจะครอบคลุมเนื้อหาได้ครบตามหลักสูตรวิชาแก๊สโซลีนในระดับปวช. ของกรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ ทุกประการ

6 ทฤษฎีและปฏิบัติเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

คณะผู้จัดทำจึงขอขอบคุณบริษัทผู้ผลิตรถยนต์ Mazda, Honda, Nissan, Mitsubishi และ Toyota (โครงการ Toyota Technical Education Program) เป็นอย่างยิ่งที่ได้อนุญาตให้นำข้อมูลและรูปภาพบางส่วนของบริษัทลงพิมพ์ และขอขอบคุณคุณศุภร บุญเนาว์ ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคนครราชสีมา คุณประเทือง วิเศษเขตการณ์ ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคสุรนารี และคุณลิขิต พลเหลา ผู้อำนวยการวิทยาลัยการอาชีพ ห้วยผึ้ง ที่กรุณาให้การสนับสนุนและให้คำแนะนำ เพื่อให้หนังสือ *ทฤษฎีและปฏิบัติเครื่องยนต์แก๊สโซลีน* มีคุณภาพยิ่งขึ้น

สุดท้ายนี้คณะผู้จัดทำขอขอบคุณ กองบรรณาธิการฝ่ายตำราวิชาการ บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน) ที่ได้จัดทำหนังสือออกมาเป็นรูปเล่มที่สมบูรณ์แบบ

อนึ่ง หากหนังสือเล่มนี้มีความผิดพลาดหรือขาดตกบกพร่อง คณะผู้จัดทำขอภัยมา ณ ที่นี้ด้วย และพร้อมขออน้อมรับคำติชมเพื่อเป็นการแก้ไขปรับปรุงในการจัดทำในครั้งต่อไป

ประสานพงษ์ หาเรือนชีพ

นพดล คำมณี

สารบัญ

บทที่ 1 ประวัติเครื่องยนต์	13
แบบฝึกหัด	16
บทที่ 2 โครงสร้างและการทำงาน	18
2.1 การทำงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ	18
2.2 ไดอะแกรมแสดงจังหวะการเปิดและปิดลิ้น	21
2.3 ไดอะแกรมแสดงแรงดันและปริมาตรของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ (P-V diagram)	23
2.4 การทำงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 2 จังหวะ	24
2.5 ไดอะแกรมการเปิด-ปิดของช่องทางไอดีและไอเสียของเครื่องยนต์ 2 จังหวะ	33
2.6 ไดอะแกรมแสดงแรงดันและปริมาตรของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 2 จังหวะ	34
2.7 สมรรถนะของเครื่องยนต์	35
แบบฝึกหัด	41
บทที่ 3 ประเภทของเครื่องยนต์	45
3.1 เครื่องยนต์สันดาปภายนอก	45
3.2 เครื่องยนต์สันดาปภายใน	46
แบบฝึกหัด	53
บทที่ 4 เครื่องยนต์โรตารี	55
4.1 โครงสร้างและการออกแบบ	56
4.2 การทำงานของเครื่องยนต์โรตารี	62
4.3 ปริมาตรความจุของเครื่องยนต์โรตารี	64
4.4 ระบบน้ำมันเชื้อเพลิง	64
4.5 ระบบจุดระเบิด	66
4.6 ระบบหล่อลื่น	66
4.7 ระบบระบายความร้อน	68
แบบฝึกหัด	71

บทที่ 5 โครงสร้างและชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ 74

5.1	ฝาสูบ	75	
5.2	ประเภทของห้องเผาไหม้		77
5.3	ปะเก็นฝาสูบ	80	
5.4	เสื้อสูบ	81	
5.5	กระบอกสูบ	81	
5.6	ปลอกสูบ	84	
5.7	อ่างน้ำมันเครื่อง	86	
5.8	ลูกสูบ	87	
5.9	สลักลูกสูบ	98	
5.10	แหวนลีดสลักลูกสูบ	99	
5.11	แหวนลูกสูบ	100	
5.12	ก้านสูบ	108	
5.13	เพลาช้อเหวี่ยง	110	
5.14	อุปกรณ์ด้านการสันและการบิดตัวของเพลาช้อเหวี่ยง		114
5.15	แบริ่งเพลาช้อเหวี่ยง	115	
5.16	ล้อช่วยแรง	117	
5.17	เพลาลูกเบี้ยว	119	
5.18	ลิ้นและชิ้นส่วนกลไกของลิ้น		124
5.19	ประกบลิ้น	130	
5.20	บาลัน	130	
5.21	สปริงลิ้น	131	
5.22	ปลอกนาลิ้น	132	
5.23	อุปกรณ์ขยับลิ้น	132	
5.24	อุปกรณ์ยกลิ้น	134	
5.25	ท่อย่วมไอดี	138	
5.26	ท่อย่วมไอเสีย	138	
5.27	การตรวจสอบชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ในระหว่างถอดแยก		139
5.28	การถอดส่วนประกอบของเครื่องยนต์	147	
5.29	การตรวจความโค้งของฝาสูบและเสื้อสูบ	149	
5.30	การตรวจสอบเพลาลูกเบี้ยว	151	
5.31	การตรวจสอบลิ้นและส่วนประกอบ	153	
5.32	การตรวจสอบลูกสูบและแหวนลูกสูบ	154	
5.33	การตรวจสอบเพลาช้อเหวี่ยง	157	
	แบบฝึกหัด	159	

บทที่ 6 ระบบจุดระเบิด 162

6.1	คอยล์จุดระเบิด	163	
6.2	คอยล์จุดระเบิดแบบมีความต้านทานภายนอก		166
6.3	จานจ่าย	169	
6.4	ชุดหน้าทองขาว	170	
6.5	มูมดวาล์ว	172	
6.6	คอนเดนเซอร์	175	
6.7	โรเตอร์	177	
6.8	ฝาครอบจานจ่าย	177	
6.9	การทำงานของระบบจุดระเบิด	178	
6.10	การควบคุมการจุดระเบิดล่วงหน้า	181	
6.11	กลไกปรับค่าออกเทน	189	
6.12	หัวเทียน	191	
6.13	ระบบจุดระเบิดทรานซิสเตอร์	204	
6.14	การแก้ไขปัญหาข้อขัดข้องของระบบจุดระเบิด		219
6.15	การตรวจสอบระบบจุดระเบิด	220	
6.16	การตรวจสอบจังหวะการจุดระเบิดล่วงหน้า		226
6.17	การถอด-ประกอบจานจ่าย	229	
6.18	การตรวจสอบจานจ่ายแบบทรานซิสเตอร์ลิ้น แบบฝึกหัด	234	231

บทที่ 7 ระบบเชื้อเพลิง 239

7.1	โครงสร้างของเชื้อเพลิง	239	
7.2	แหล่งน้ำมันดิบ	240	
7.3	น้ำมันเบนซิน	242	
7.4	การเผาไหม้	244	
7.5	ค่าออกเทน	247	
7.6	จุดมุ่งหมายของระบบเชื้อเพลิง	248	
7.7	ประเภทของระบบการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง		248
7.8	ส่วนประกอบของระบบเชื้อเพลิง	250	
7.9	คาร์บูเรเตอร์	258	
7.10	หลักการทํางานพื้นฐานของคาร์บูเรเตอร์		260
7.11	วงจรการทํางานของคาร์บูเรเตอร์ค็อคคอตแบบคงที่		267
7.12	ปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบเชื้อเพลิง	277	
7.13	การตรวจสอบระบบเชื้อเพลิง	279	
	แบบฝึกหัด	296	

บทที่ 8 ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์	300
8.1 คุณลักษณะเฉพาะของระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์	301
8.2 ชนิดของระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์	303
8.3 โครงสร้างพื้นฐานของระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์	305
8.4 ระบบน้ำมันเชื้อเพลิง	306
8.5 ระบบประจุอากาศ	322
8.6 ระบบควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์	330
8.7 หน้าที่ของคอมพิวเตอร์ในการควบคุมการฉีดเชื้อเพลิง	354
8.8 การจุดระเบิดล่วงหน้าด้วยอิเล็กทรอนิกส์	362
8.9 หน้าที่ของคอมพิวเตอร์ในการควบคุมการจุดระเบิดล่วงหน้า	367
8.10 ระบบการวิเคราะห์ปัญหาข้อขัดข้องของเครื่องยนต์	369
8.11 รหัสวิเคราะห์ปัญหาข้อขัดข้อง	370
8.12 สัญลักษณ์ชั่วคราวที่กล่อง ECU	376
8.13 การตรวจสอบระบบเชื้อเพลิง	378
8.14 ระบบประจุอากาศ	392
8.15 ระบบควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์	397
แบบฝึกหัด	406

บทที่ 9 ระบบหล่อลื่นและสารหล่อลื่น	412
9.1 จุดมุ่งหมายของการมีระบบหล่อลื่น	412
9.2 องค์ประกอบของน้ำมันเครื่อง	415
9.3 มาตรฐานน้ำมันเครื่อง	422
9.4 สาเหตุที่ทำให้น้ำมันเครื่องเสื่อมสภาพ	423
9.5 การเปลี่ยนน้ำมันเครื่องก่อนกำหนด	424
9.6 สาเหตุของการสิ้นเปลืองน้ำมันเครื่อง	425
9.7 สารหล่อลื่นสำหรับเครื่องยนต์	426
9.8 ชนิดของระบบหล่อลื่น	428
9.9 ส่วนประกอบที่สำคัญของระบบหล่อลื่น	432
9.10 ประเภทของการกรองน้ำมันเครื่อง	439
9.11 กรองน้ำมันเครื่องแบบแรงเหวี่ยง	440
9.12 เครื่องระบายความร้อนของน้ำมันเครื่อง	441
9.13 หลอดไฟเตือนและเกาต์แรงดันน้ำมันเครื่อง	444
9.14 เกาต์แรงดันน้ำมันเครื่องแบบขดลวดความร้อน	446
9.15 เหล็กกวัดระดับน้ำมันเครื่อง	448
9.16 ระบบระบายอากาศในอ่างน้ำมันเครื่อง	449
9.17 การตรวจสอบระบบหล่อลื่น	453
9.18 การตรวจสอบปั้มน้ำมันเครื่องแต่ละแบบ	457
9.19 การถอดประกอบชุดระบายความร้อนน้ำมันเครื่อง	463
แบบฝึกหัด	467

บทที่ 10 ระบบระบายความร้อน 470

10.1	ระบบระบายความร้อนด้วยอากาศ	471	
10.2	ระบบระบายความร้อนด้วยของเหลว	474	
10.3	ช่องทางน้ำหล่อเย็นในเสื้อสูบ	477	
10.4	ปั้มน้ำ	478	
10.5	พัดลมระบายความร้อน	479	
10.6	สายพานพัดลม	486	
10.7	หม้อน้ำรถยนต์	488	
10.8	ถังน้ำสำรอง	491	
10.9	ยางท่อน้ำ	492	
10.10	เทอร์โมสแตต	493	
10.11	ฝาหม้อน้ำ	500	
10.12	น้ำยาป้องกันกรังจ์ตัวของน้ำหล่อเย็น	502	
10.13	การระบายความร้อนของน้ำหล่อเย็นด้วยพัดลมไฟฟ้า	504	
10.14	เกจวัดอุณหภูมิความร้อนของน้ำหล่อเย็น	508	
10.15	การตรวจสอบระบบระบายความร้อนด้วยน้ำ	513	
10.16	การถอดปั้มน้ำเครื่องยนต์	528	
10.17	การตรวจสอบปั้มน้ำ	529	
10.18	การเปลี่ยนลูกปืนและซีลปั้มน้ำ	530	
10.19	การประกอบลูกปืนและซีลปั้มน้ำ	532	
10.20	การเปลี่ยนปลั๊กदान้ำ	534	
	แบบฝึกหัด	536	

บทที่ 11 ระบบไอเสีย 539

11.1	คำกำหนดระดับเสียงของเครื่องยนต์	539	
11.2	ส่วนประกอบของระบบไอเสีย	541	
11.3	ท่อร่วมไอเสีย	542	
11.4	ท่อไอเสีย	543	
11.5	หม้อปรับสภาพแก๊สไอเสีย	544	
11.6	ท่อพักไอเสีย	544	
11.7	เครื่องเทอร์โบชาร์จ	548	
11.8	อินเตอร์คูลเลอร์	554	
11.9	ระบบหล่อลื่นเครื่องเทอร์โบชาร์จ	560	
11.10	ระบบหล่อเย็นเครื่องเทอร์โบชาร์จ	561	
11.11	เครื่องวัดการเพิ่มแรงดันอากาศของเครื่องเทอร์โบชาร์จ	562	
11.12	การตรวจสอบระบบไอเสีย	570	
11.13	การถอดประกอบท่อไอเสียและท่อพักไอเสีย	571	
11.14	การตรวจสอบเทอร์โบชาร์จ	573	
	แบบฝึกหัด	576	

12 ทฤษฎีและปฏิบัติเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

บทที่ 12 ระบบควบคุมมลภาวะและการจำกัดไอเสียของรถยนต์ _____ 578

12.1	มลภาวะอากาศเป็นพิษ	579	
12.2	การเกิดของแก๊สไอเสียที่เป็นมลภาวะอากาศเป็นพิษ		580
12.3	แก๊สไอเสียจากรถยนต์ที่เป็นอันตรายต่อชีวิต	585	
12.4	สภาพของการขับที่รถยนต์และการเกิดแก๊สไอเสียที่เป็นมลภาวะอากาศเป็นพิษ		586
12.5	ระบบควบคุมมลภาวะ	591	
12.6	การตรวจสอบระบบควบคุมมลภาวะ	618	
	แบบฝึกหัด	627	

บทที่ 13 การวิเคราะห์ปัญหาและแก้ไขข้อขัดข้อง _____ 629

13.1	ข้อขัดข้องภายในเครื่องยนต์	629	
13.2	ข้อขัดข้องของระบบน้ำมันเชื้อเพลิง	632	
13.3	ข้อขัดข้องของระบบจุดระเบิด	639	
13.4	ข้อขัดข้องของระบบหล่อลื่น	644	
13.5	ข้อขัดข้องของระบบหล่อเย็น	647	
13.6	ข้อขัดข้องของระบบไอเสียรถยนต์	651	
13.7	ข้อขัดข้องของระบบควบคุมมลภาวะเป็นพิษ	653	
13.8	ข้อขัดข้องของเครื่องยนต์ฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงด้วยอิเล็กทรอนิกส์		655
13.9	การตรวจสอบระบบไฟจุดระเบิดด้วยเครื่องออสซิลโลสโคป	663	
	แบบฝึกหัด	686	

บทที่ 14 การบำรุงรักษาเครื่องยนต์ _____ 688

14.1	การบำรุงรักษาเครื่องยนต์ตามระยะที่กำหนด	688	
14.2	การบำรุงรักษาเครื่องยนต์เพื่อเป็นการป้องกันปัญหาล่วงหน้า	720	
	แบบฝึกหัด	723	

ภาคผนวก ก. ระบบควบคุมความเร็วให้คงที่ขณะเดินทางไกลอัตโนมัติ _____ 725

ก.1	โครงสร้างและการทำงานของระบบควบคุมความเร็วให้คงที่ขณะเดินทางไกลอัตโนมัติ	728
-----	---	-----

ภาคผนวก ข. ระบบควบคุมการเปลี่ยนแปลงองศาการเปิด-ปิดของลิ้นด้วยอิเล็กทรอนิกส์ _____ 734

ข.1	องศาการปิด-เปิดของลิ้นไอดีและลิ้นไอเสีย	735	
ข.2	ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องยนต์ VTEC	735	
ข.3	องค์ประกอบของระบบการทำงานของเครื่องยนต์ VTEC	740	
ข.4	การทำงานของกลไกเปิดลิ้น	743	

บรรณานุกรม _____ 750

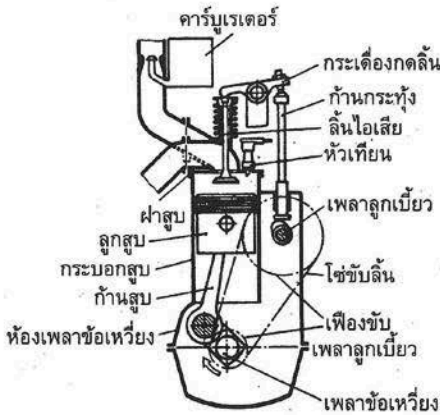
ประวัติเครื่องยนต์

วิวัฒนาการของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนเริ่มขึ้นตั้งแต่ศตวรรษที่ 17 เป็นต้นมา การพัฒนาของเครื่องยนต์ในครั้งแรกเริ่มขึ้นเมื่อ

- ปี ค.ศ. 1769 นายนิโกลัส คองนอง (Nicholas Cugnot) วิศวกรกองทัพบกฝรั่งเศส ได้พัฒนาเอาเครื่องจักรไอน้ำนำไปติดตั้งบนรถไอน้ำวิ่งบนท้องถนนเป็นครั้งแรก
- ปี ค.ศ. 1860 นายเลอโนวส์ (Lenoir) ชาวฝรั่งเศส ได้พัฒนาเครื่องยนต์สันดาปภายในด้วยการใช้แก๊สถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง ซึ่งทำให้เครื่องยนต์มีสมรรถนะเพียง 3 เพอร์เซ็นต์เท่านั้น
- ปี ค.ศ. 1867 นายออตโต (Otto) และนายลาร์เกิน (Largen) ได้ปรับปรุงเครื่องยนต์สันดาปภายในให้มีสมรรถนะสูงขึ้นถึง 9 เพอร์เซ็นต์
- ปี ค.ศ. 1878 นายออตโต (Otto) ชาวเยอรมัน ได้ประดิษฐ์เครื่องยนต์ 4 จังหวะโดยวิธีอัดไอตีให้มีแรงดันสูง
- ปี ค.ศ. 1878 นายดุกัลด์ เคลอร์ก (Dugald Clerk) ชาวสก๊อต ได้ประดิษฐ์เครื่องยนต์ 2 จังหวะด้วยวิธีการใช้ลูกสูบขับไล่อากาศออกจากช่องทางที่เจาะไว้ที่กระบอกสูบ
- ปี ค.ศ. 1883 นายกอตเท็บ เดมเลอร์ (Gottlieb Daimler) และนายวิลเลียม เม็บซ์ (William Maybach) ได้ทำการพัฒนาเครื่องยนต์ที่มีประสิทธิภาพที่ดีกว่าเครื่องยนต์ของนายออตโต
- ปี ค.ศ. 1885 นายกอตเท็บ เดมเลอร์ และนายคาร์ล เบนซ์ (Carl Benz) ได้ร่วมกันผลิตรถยนต์ออกขายในประเทศเยอรมัน ยี่ห้อเดมเลอร์เบนซ์

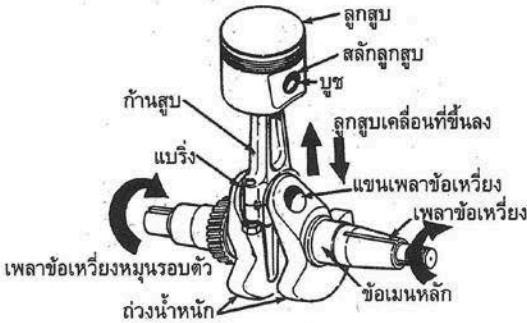
โครงสร้างและการทำงาน

เครื่องยนต์สันดาปภายใน พลังงานกลที่ได้เกิดจากการเปลี่ยนแปลงการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง ดังแสดงในรูปที่ 2.1 เครื่องยนต์จะดูดเอาไอดี (ส่วนผสมน้ำมันกับอากาศ) เข้ากระบอกสูบ และจะอัดไอดีโดยการเคลื่อนตัวของลูกสูบ หัวเทียนจะจุดประกายเผาไหม้ไอดีในกระบอกสูบ เกิดแก๊สที่มีแรงดันสูงดันให้ลูกสูบเคลื่อนตัว การเคลื่อนที่ขึ้นลงของลูกสูบภายในกระบอกสูบจะเปลี่ยนเป็นการหมุนที่เพลาช้อเหวี่ยงโดยส่งแรงผ่านก้านสูบ แก๊สที่เกิดจากการเผาไหม้จะทำให้เกิดกำลังงานและจะถูกระบายออกไปจากกระบอกสูบทางลิ้นไอเสีย สำหรับไอดีที่ถูกดูดเข้าภายในกระบอกสูบได้โดยผ่านทางลิ้นไอดีจากกระบวนการทำงานของเครื่องยนต์ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้นเรียกว่า *กลวัตร (cycle)*



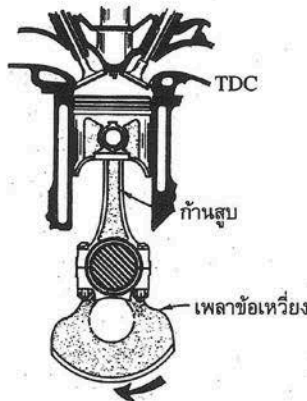
รูปที่ 2.1 โครงสร้างของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ

กลวัตรการทำงานของเครื่องยนต์แต่ละแบบย่อมมีความแตกต่างกันดังนี้ เครื่องยนต์ 2 จังหวะ การเคลื่อนที่ขึ้นและลงของลูกสูบหนึ่งครั้ง เฟลาข้อเหวี่ยงจะหมุน 1 รอบจะทำให้ได้งาน 1 ครั้ง สำหรับเครื่องยนต์ 4 จังหวะ ลูกสูบจะเคลื่อนที่ขึ้นและลงถึง 2 ครั้ง เฟลาข้อเหวี่ยงจะหมุน 2 รอบจึงจะได้งาน 1 ครั้ง ในรูปที่ 2.2 แสดงการเคลื่อนที่ของชิ้นส่วนเครื่องยนต์



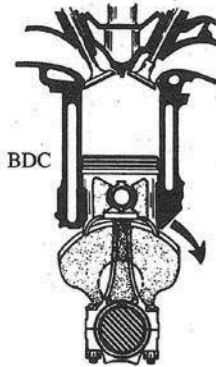
รูปที่ 2.2 การเคลื่อนที่ของชิ้นส่วนของเครื่องยนต์

ตำแหน่งที่ลูกสูบเคลื่อนตัวขึ้นสูงสุดภายในกระบอกสูบเรียกว่า จุดศูนย์ตายบน (top dead center หรือ TDC) ดังแสดงในรูปที่ 2.3 (ก) และตำแหน่งที่ลูกสูบเคลื่อนตัวลงต่ำสุดเรียกว่า จุดศูนย์ตายล่าง (bottom dead center หรือ BDC) ดังแสดงในรูปที่ 2.3 (ข)



(ก) ตำแหน่งจุดศูนย์ตายบน

รูปที่ 2.3 ตำแหน่งจุดศูนย์ตายบนและจุดศูนย์ตายล่าง



(ข) ตำแหน่งจุดศูนย์ตายล่าง

รูปที่ 2.3 (ต่อ) ตำแหน่งจุดศูนย์ตายบนและจุดศูนย์ตายล่าง

2.1 การทำงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ

เครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ จังหวะการทำงานใน 1 กลวัตรประกอบด้วยจังหวะดูด จังหวะอัด จังหวะระเบิดหรือจังหวะกำลัง และจังหวะคาย การประจุไอดีและคายไอเสียจะมีกลไก การเปิด-ปิดลิ้นไอดีและลิ้นไอเสีย เครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะจะทำงานครบรอบการทำงาน เมื่อเพลาค้อเหวี่ยงหมุน 2 รอบ การจุดระเบิดจะเกิดขึ้น 1 ครั้ง

การทำงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะมีดังนี้

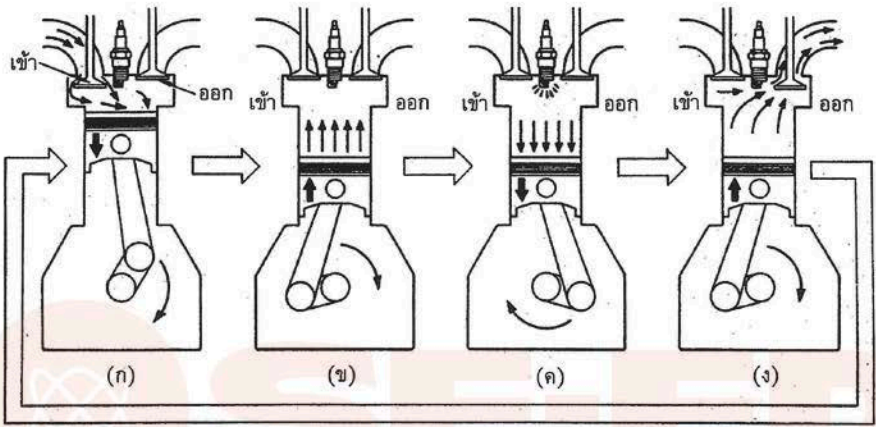
1. **จังหวะดูด (suction stroke)** ลิ้นไอดีจะเปิด ลิ้นไอเสียจะปิดสนิท ไอดีจะถูกดูดเข้า โดยการเคลื่อนตัวลงของลูกสูบ โดยจะเคลื่อนจากจุดศูนย์ตายบน (TDC) ลงสู่จุดศูนย์ตายล่าง (BDC) ไอดีจะไหลผ่านลิ้นไอดีเข้ากระบอกสูบ ดังแสดงในรูปที่ 2.4 (ก)

2. **จังหวะอัด (compression stroke)** ในจังหวะนี้ลูกสูบจะเคลื่อนตัวขึ้น เป็นการ ทำงานต่อเนื่องจากจังหวะดูด ลูกสูบจะเคลื่อนตัวจากจุดศูนย์ตายล่าง (BDC) ขึ้นสู่จุดศูนย์ตายบน (TDC) ลิ้นไอดีและลิ้นไอเสียจะถูกปิดด้วยกลไกของลิ้น ไอดีถูกอัดตัวให้มีปริมาตรที่น้อยลงทำให้เกิดกำลังดันและอุณหภูมิสูงขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 2.4 (ข)

3. **จังหวะระเบิดหรือจังหวะกำลัง (power stroke)** ก่อนที่ลูกสูบจะเคลื่อนตัวขึ้นจุด ศูนย์ตายบน (TDC) หัวเทียนจะจุดประกายไฟเผาไหม้ไอดี ไอดีถูกเผาไหม้มีลูกกลมอย่างรวดเร็ว เกิดแรงดันดันให้ลูกสูบเคลื่อนตัวลงสู่จุดศูนย์ตายล่าง (BDC) อย่างรุนแรง เกิดกำลังงานขับเคลื่อน เครื่องยนต์ ดังแสดงในรูปที่ 2.4 (ค)

4. จังหวะคายไอเสีย (exhaust stroke) แก๊สที่เกิดจากการเผาไหม้จะถูกขับไล่ออกไปจากกระบอกสูบ ลิ้นไอเสียจะถูกเปิด ลูกสูบจะเคลื่อนตัวจากจุดศูนย์ตายล่าง (BDC) ขึ้นสู่จุดศูนย์ตายบน (TDC) ขับไล่ออกไอเสียออกไปจากกระบอกสูบ ดังแสดงในรูปที่ 2.4 (ง)

การทำงานของเครื่องยนต์จะหมุนเวียนกันอย่างต่อเนื่องเป็นวงจรติดต่อกันไป



รูปที่ 2.4 กลวัตรการทำงานของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ

2.2 ไตอะแกรมแสดงจังหวะการเปิดและปิดลิ้น

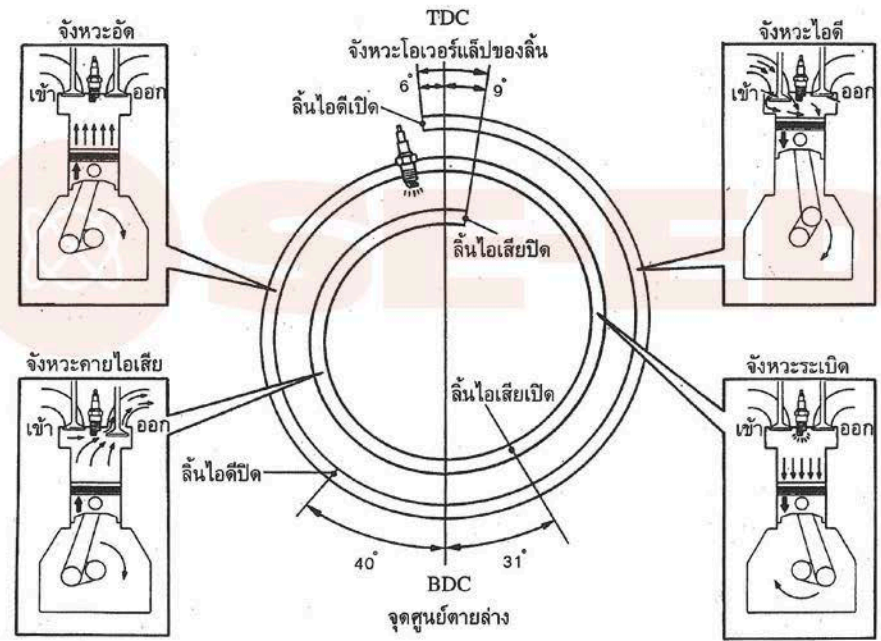
เครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ ลิ้นไอดีและลิ้นไอเสียจะต้องออกแบบให้ทำงานถูกต้องตามกลวัตรการทำงานของเครื่องยนต์ โดยลิ้นไอดีจะถูกเปิดก่อนที่ลูกสูบจะเริ่มทำงานในจังหวะดูดก่อนจุดศูนย์ตายบน (BTDC) และจะปิดลงหลังจากจุดศูนย์ตายล่าง (ABDC) ก่อนที่จะเริ่มในจังหวะอัด ลิ้นไอเสียจะถูกเปิดก่อนที่ลูกสูบจะเคลื่อนตัวขึ้นจากจุดศูนย์ตายล่าง (BBDC) ในจังหวะคายไอเสีย และจะถูกปิดลงหลังจุดศูนย์ตายบน (ATDC)

ลิ้นไอดีจะมีช่วงระยะเวลาในการเปิดและปิดของลิ้นที่มากกว่าลิ้นไอเสีย ก็เนื่องมาจากความต้องการให้เครื่องยนต์มีสมรรถนะในการทำงานสูง จึงจำเป็นต้องการดูดไอดีเข้าภายในกระบอกสูบให้มีปริมาตรที่มาก ในรูปที่ 2.5 แสดงจังหวะการเปิดและปิดลิ้นเครื่องยนต์ 4 จังหวะใน 1 กลวัตร

ลิ้นไอดี เปิดก่อนจุดศูนย์ตายบน 6 องศา (6 BTDC) และจะปิดหลังจุดศูนย์ตายล่าง 40 องศา (40 ABDC) ดังนั้นระยะเวลาการเปิดของลิ้นไอดีในจังหวะดูดเท่ากับ $6 + 180 + 40 = 226$ องศา

- ลิ้นไอเสีย เปิดก่อนจุดศูนย์ตายล่าง 31 องศา (31 BBDC) และจะปิดหลังจุดศูนย์ตายบน 9 องศา (9 ATDC) ดังนั้นระยะการเปิดของลิ้นไอเสียในจังหวะคายเท่ากับ $31 + 180 + 9 = 220$ องศา

ในขณะที่ลิ้นไอเสียเปิดให้แก๊สไอเสียออกไกลจะสิ้นสุดในจังหวะคายไอเสีย ลิ้นไอดีจะถูกเปิดในจังหวะดูดเพื่อให้ไอดีเข้าบรรจุในกระบอกสูบและขับไล่ไอเสียทำให้ลิ้นทั้งสองเปิดพร้อมกัน ช่วงจังหวะการเปิดของลิ้นทั้งสองนี้เรียกว่า จังหวะโอเวอร์แล็ป (over lap) โดยปกติแล้วเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะจะต้องการจังหวะโอเวอร์แล็ปของลิ้นมาก เพื่อเพิ่มสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ความเร็วสูง แต่จะทำให้เครื่องยนต์เดินไม่เรียบ



รูปที่ 2.5 โคจรการเปิดและปิดลิ้นไอดีและลิ้นไอเสีย

2.3 ไดอะแกรมแสดงแรงดันและปริมาตรของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

4 จังหวะ (P-V diagram)

ในรูปที่ 2.6 เป็นไดอะแกรมที่ได้จากเครื่องวัดอินดิเคเตอร์ (indicator) ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันและปริมาตรของไอที่บรรจุภายในกระบอกสูบ แรงดันและปริมาตรจะมีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามกลวัตรการทำงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะใน 1 กลวัตรดังนี้

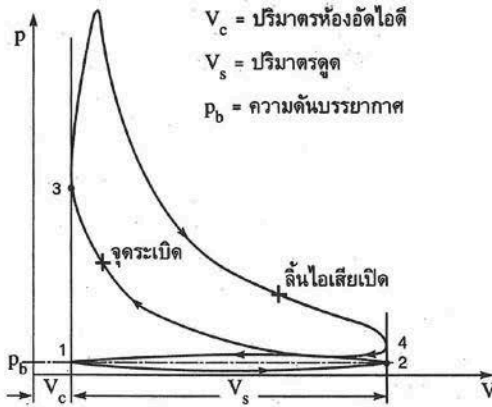
กำหนดให้แนวตั้งเป็นแรงดันที่เกิดขึ้นในกระบอกสูบ แนวนอนเป็นปริมาตรของไอที่บรรจุในกระบอกสูบ

1. จังหวะดูด 1-2 ลูกสูบจะเคลื่อนตัวจากจุดศูนย์ตายบนลงสู่จุดศูนย์ตายล่าง ซึ่งจะทำให้เกิดสูญญากาศขึ้นภายในกระบอกสูบดูดเอาปริมาตรไอเข้ากระบอกสูบ ในจังหวะนี้แรงดันภายในกระบอกสูบจะต่ำกว่าแรงดันบรรยากาศประมาณ 0.1 ถึง 0.2 บาร์ ส่วนปริมาตรจะมีมากขึ้นเนื่องจากบรรจุไอเข้ากระบอกสูบ

2. จังหวะอัด 2-3 ลูกสูบจะเคลื่อนตัวจากจุดศูนย์ตายล่างขึ้นสู่จุดศูนย์ตายบน ลิ้นไอตีและลิ้นไอเสียปิดสนิท แรงดันจะสูงถึงประมาณ 30 บาร์ และอุณหภูมิความร้อนจะสูงจาก 400 ถึง 500 องศาเซลเซียสขึ้นเรื่อยๆ ลูกสูบจะเคลื่อนตัวอัดปริมาตรไอให้น้อยลง

3. จังหวะระเบิด 3-4 ก่อนที่ลูกสูบจะเคลื่อนตัวขึ้นจุดศูนย์ตายบนเพียงเล็กน้อย (ประมาณ 4 ถึง 10 องศา) หัวเทียนจุดประกายไฟเผาไหม้ส่วนผสมไอตีให้ลุกไหม้เกิดพลังงาน ในจังหวะนี้ จะเกิดแรงดันสูงประมาณ 30 ถึง 60 บาร์ และความร้อนสูงสุดถึง 2000 ถึง 2500 องศาเซลเซียส และจะเริ่มลดลงประมาณ 900 ถึง 800 องศาเซลเซียสเมื่อลูกสูบเคลื่อนตัวลงสู่จุดศูนย์ตายล่าง

4. จังหวะคาย 4-1 เมื่อลูกสูบเคลื่อนตัวก่อนสู่จุดศูนย์ตายล่าง ลิ้นไอเสียเปิดให้ไอเสียที่เกิดจากการเผาไหม้จะมีแรงดันประมาณ 3 ถึง 5 บาร์ และความร้อนสูงไหลออกสู่ภายนอกอย่างรวดเร็ว เป็นการลดแรงดันของไอเสียและลูกสูบจะเคลื่อนตัวขึ้นสู่จุดศูนย์ตายบน เป็นการขับไล่ให้ไอเสียออกจากกระบอกสูบ ในช่วงนี้แรงดันของไอเสียภายในกระบอกสูบจะสูงกว่าบรรยากาศปกติเล็กน้อย



รูปที่ 2.6 โดอะแกรมแรงดันและปริมาตรของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ (P-V diagram)

2.4 การทำงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน 2 จังหวะ

เครื่องยนต์แก๊สโซลีน 2 จังหวะจะมีกลวัตรในการทำงานคือ จังหวะดูด จังหวะอัด จังหวะระเบิด และจังหวะคายเช่นเดียวกับเครื่องยนต์ 4 จังหวะ แต่จังหวะดูดกับจังหวะอัดจะเกิดขึ้นพร้อมกัน ส่วนจังหวะระเบิดกับจังหวะคายจะเกิดขึ้นพร้อมกัน ซึ่งจะทำให้จังหวะการทำงานมีเพียง 2 จังหวะเท่านั้น

เครื่องยนต์แก๊สโซลีน 2 จังหวะมีระบบบรรจุไอดีได้ 5 แบบดังนี้คือ

2.4.1 ระบบการบรรจุไอดีและคายไอเสียด้วยลูกสูบ (piston type)

การทำงานของระบบการบรรจุไอดีและคายไอเสียด้วยลูกสูบบ้างนี้ เมื่อลูกสูบเคลื่อนตัวขึ้น ส่วนล่างของลูกสูบจะเปิดช่องไอดี ภายในห้องของเพลาช้อเหวี่ยงจะเกิดสุญญากาศ ทำให้ดูดไอดีเข้าบรรจุในห้องเพลาช้อเหวี่ยง ส่วนบนของลูกสูบจะปิดช่องส่งไอดีและช่องไอเสีย จากนั้นลูกสูบจะเคลื่อนขึ้นอัดไอดีต่อไปเพื่อให้ไอดีมีปริมาตรลดลง ดังแสดงในรูปที่ 2.7 (ก)

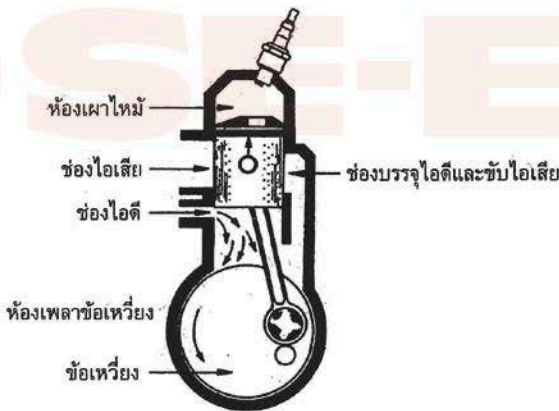
ก่อนที่ลูกสูบจะเคลื่อนที่ถึงจุดศูนย์ตายบนเพียงเล็กน้อย หัวเทียนจะจุดประกายไฟเผาไหม้ไอดี เกิดแรงระเบิดดันลูกสูบให้เคลื่อนตัวลงในจังหวะระเบิด จนกระทั่งขอบบนของลูกสูบเปิดช่องไอเสีย (ส่วนบนของช่องไอเสียจะอยู่สูงกว่าส่วนบนของช่องไอดี) ไอเสียจะไหลออกจากห้องเผาไหม้ขณะเดียวกันไอดีในห้องเพลาช้อเหวี่ยงก็จะถูกอัดตัว ดังแสดงในรูปที่ 2.7 (ข)

และเมื่อลูกสูบเคลื่อนตัวลงไปเรื่อยๆ ส่วนบนของลูกสูบจะเปิดช่องไอดี ไอดีจะถูกอัดผ่านช่องทางไอดีขึ้นมาบนหัวลูกสูบเพื่อขับไล่ไอเสียออกไปและเข้าแทนที่ไอเสียในห้องเผาไหม้ ดังแสดงในรูปที่ 2.7 (ค)

เมื่อลูกสูบเคลื่อนเลยจุดศูนย์ตายล่างและเริ่มขึ้นสู่จุดศูนย์ตายบน ก็จะทำให้ส่วนบนของลูกสูบปิดช่องส่งไอดี ไอดีจะหยุดไหลขึ้นบนหัวลูกสูบ และเมื่อลูกสูบเคลื่อนขึ้นต่อไป ส่วนบนของลูกสูบจะปิดช่องไอเสียทำการอัดไอดี ส่วนล่างของลูกสูบจะเปิดช่องไอดี ไอดีก็จะถูกดูดเข้าห้องเพลาช้อเหวียง ดังแสดงในรูปที่ 2.7 (ง)

การทำงานจะเป็นไปอย่างต่อเนื่องซึ่งจังหวะการทำงานจะสัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ของลูกสูบ ดังนี้

- จังหวะดูดและอัดเป็นจังหวะที่ลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้น
- จังหวะระเบิดและคายเป็นจังหวะที่ลูกสูบเคลื่อนที่ลง



(ก) จังหวะดูดและอัด

รูปที่ 2.7 กลวัตรการทำงานของเครื่องยนต์ 2 จังหวะที่บวรวูไอดีและคายไอเสียด้วยลูกสูบ

ทฤษฎีและปฏิบัติ

เครื่องยนต์ แก๊สโซลีน

หนังสือเล่มนี้สำหรับ

- ▼ ปวช. ▼ ปริญญาตรี
- ▼ ปวส. ▼ นุคศททั่วไป

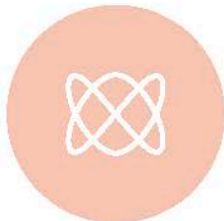
หมวดรถยนต์-เครื่องยนต์

เครื่องยนต์ เป็นหัวใจที่สำคัญอย่างหนึ่งที่ทำให้เกิดกำลังงานที่ใช้ในการขับเคลื่อนรถยนต์เพื่อทำให้เกิดการเคลื่อนที่ ในรถยนต์นั้น ขนาดเล็กและรถยนต์นั่งโดยทั่วๆ ไปส่วนมากจะใช้เครื่องยนต์แก๊สโซลีน เป็นเครื่องต้นกำลังเพื่อทำการขับเคลื่อน เพราะสามารถตอบสนองได้ดี ทั้งทางด้านสมรรถนะและความเร็วได้อย่างเหมาะสมที่สุด

ปัจจุบันนี้เทคโนโลยียานยนต์ได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง โดยบริษัทผู้ผลิตรถยนต์ชั้นนำ เป็นผลพวงให้เครื่องยนต์ ได้มีพัฒนาการอย่างต่อเนื่องอยู่ตลอดเวลาเช่นกัน

ดังนั้นการศึกษาหาความรู้เกี่ยวกับเครื่องยนต์แก๊สโซลีนจึงจำเป็นอย่างยิ่ง ที่จะต้องพัฒนาให้ทันต่อเทคโนโลยีอันทันสมัยของยานยนต์ในปัจจุบัน ทำให้ต้องมีการพัฒนาในการตรวจซ่อมเครื่องยนต์ และการบำรุงรักษาให้เป็นไปอย่างถูกต้อง เพื่อเครื่องยนต์นั้น จะสามารถมีอายุในการใช้งานที่ยาวนานและคุ้มค่ากับค่าใช้จ่าย ที่เสียไปอีกด้วย

ด้วยเหตุนี้ หนังสือ **ทฤษฎีและปฏิบัติเครื่องยนต์แก๊สโซลีน** เล่มนี้ จึงได้บรรจุเนื้อหาในภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติที่ถูกต้องทุกขั้นตอน ในการประกอบและตรวจสอบ ภายในจะประกอบด้วยรูปภาพแสดง การประกอบและการตรวจสอบทุกขั้นตอนของระบบต่างๆ ของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน รวมทั้งเทคโนโลยีใหม่ๆ เช่น ระบบฉีดเชื้อเพลิงควบคุมด้วยอิเล็กทรอนิกส์ เทอร์โบชาร์จ และระบบการควบคุมการเปิด-ปิดของลิ้นกัวยอิเล็กทรอนิกส์ (VTEC) เป็นต้น ทำให้ผู้ศึกษาเครื่องยนต์แก๊สโซลีนสามารถเข้าใจถึงหลักการทำงาน และสามารถปฏิบัติได้ด้วยตนเองอย่างถูกต้อง



ISBN 974-512-638-1



9 789745 126381
162 250 บาท