



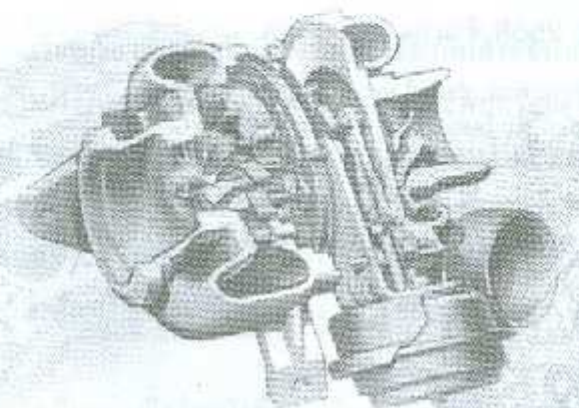
เครื่องยนต์สันดาปภายใน

ว่าที่ร้อยตรี ชัยยง ศิริพรมงคลชัย





เครื่องยนต์สันดาปภายใน



ว่าที่ร้อยตรี ชัยยง สิริพรมงกลชัย

Scan

เลขทะเบียน M 0151126

วันลงทะเบียน 7 ก.ย. 2560

เลขเรียกหนังสือ

621-43
64197
2558



สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์

วังบูรพา • 860-882 ถนนมหาไชย วังบูรพา กรุงเทพมหานคร 10200

โทร. 0-2221-0742, 0-2221-6567 แฟกซ์ 0-2226-3300

ปิ่นเกล้า • 1735-39 ถนนบรมราชชนนี บางกอกน้อย กรุงเทพมหานคร 10700

โทร. 0-2434-8814-5 แฟกซ์ 0-2424-0152



เครื่องดนตรีสันตปาภายใน

ว่าที่ร้อยตรี ชัยยง ศิริพรมงคสรชัย

ราคา 280 บาท

พิมพ์ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2558 จำนวน 1,000 เล่ม

หนังสือเล่มนี้ลงวนสิทธิสงวน พ.ร.ม. ถึงสิทธิ์ คุ้มครองดีกว่า 2557
สร้างผู้ใดละเมิดสิทธิ์ ฝากเตือน ส่วนไหนส่วนหนึ่งของหนังสือเล่มนี้
ไม่ว่าในรูปเล่มใด ๆ นอกจากจะได้รับการอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรมีไว้เฉพาะเท่านั้น

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของหอสมุดแห่งชาติ

ชัยยง ศิริพรมงคสรชัย.

เครื่องดนตรีสันตปาภายใน - กรุงเทพฯ : ไอซีเอสไอดี, 2558

376 หน้า.

1. เครื่องดนตรีสันตปาภายใน. I. ชัยยง.

621.43

ISBN 978-616-533-251-9

พิมพ์ที่ ไอ. เอส. พี. อินเตอร์เนชั่นแนล

113/13 ซอยวิชัยราษฎร์ ถนนบางนาแคว แขวงคลองเตย เขตคลองเตย กรุงเทพมหานคร 10700

เลขประจักษ์ สันตปาณา ผู้พิมพ์ ผู้โฆษณา พ.ศ. 2558

บรรณาธิการบริหาร: ประสาร สันตปาณา ที่ปรึกษาด้วยวิชาวาท: รองศาสตราจารย์ ดร. สันตปาณา ไชโย
บรรณาธิการวิชาการ: สุทธิณี พลายนนท์ กองบรรณาธิการ: เมตตา ราฟพงษ์ ศิริบุญวาณิชกุล ศาสตราจารย์ ดร. สุเมธ ฐิตินันท์
เพื่อรับแจ้ง: พิสูจน์อักษร: จักรกานต์ สักดิ์แก้ว ฝ่ายศิลปะการพิมพ์: สุวิทย์ เจริญพันธ์ บรรณาธิการ: ประสิทธิ์ ภาณุ
วิมล ศิริสวัสดิ์ งามะไพ พญานัก ชัยโชคไธวัช (ผู้พิสูจน์อักษร) เอดิชั่น: งามะไพ พญานัก และบรรณาธิการ: ประสงค์ ชัยมงคล
ลิขิตพิมพ์: เมฆวรรณ พลสวัสดิ์ ออกแบบปก: ทองสุกพันธ์ ช่างปะระ ประสานงานการผลิต: พิเศษวิชัย พิเศษเงิน

● สำนักพิมพ์ไอซีเอสไอดีขอเชิญผู้เชี่ยวชาญทางวิชาการและบุคคลทั่วไปทุกท่านส่งผลงานวิจัยในสาขาที่เกี่ยวข้อง ทางอีเมลเอกสาร
ประกอบการเสนอ เลขาฯ สำนักพิมพ์ ไอซีเอสไอดี กองบรรณาธิการ: เมตตา ราฟพงษ์ ศิริบุญวาณิชกุล พร้อมหลักฐานทางวิชาการ
ทุกสาขา และมีผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบผลงานถูกต้องตามหลักวิชาการให้ข้อคิดเห็น เพื่อปรับปรุงแก้ไขฉบับ ประจักษ์ สันตปาณา
และไอซีเอสไอดี เพื่อคุณภาพที่ดีต่อใจและคุณภาพงาน บรรณาธิการ: สำนักพิมพ์ไอซีเอสไอดี 1/35-39 ถนนบางนาแคว
แขวงคลองเตย เขตคลองเตย กรุงเทพมหานคร 10700 ●

▶ ในกรณีที่ท่านต้องการซื้อเป็นจำนวนมาก กรุณาติดต่อทางสำนักพิมพ์ ไอซีเอสไอดี โทร. 0-2434-8014-5
สาขากรุงเทพฯ โทร. 0-2221-0742, 0-2221-5568

คำนำ

วิชาเครื่องยนต์สันดาปภายใน (Internal Combustion Engine) เป็นวิชาทางด้านวิศวกรรม ที่มีการจัดการเรียนการสอนในสถานศึกษาหลายแห่งที่เปิดการเรียนการสอนสาขาวิชาช่างยนต์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง และสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ระดับปริญญาตรี

หนังสือเล่มนี้เรียบเรียงขึ้น โดยมีเนื้อหาสอดคล้องกับคำอธิบายรายวิชาเครื่องยนต์สันดาปภายใน ทั้งระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง และระดับปริญญาตรี โดยสามารถนำมาใช้ประกอบการเรียนการสอนได้ภายในหนังสือเล่มนี้ประกอบไปด้วยเนื้อหาภาพประกอบแบบต่างๆ รวมถึงแบบฝึกหัด ซึ่งได้เรียบเรียงจากความรู้และความสามารถโดยตรงประกอบกับประสบการณ์การการสอนภายในสถาบันอุดมศึกษาระยะเวลา กว่า 20 ปี และเพื่อให้เป็นประโยชน์แก่นักศึกษาและผู้สนใจทั่วไป ผู้เรียบเรียงจึงได้เขียนด้วยข้อความที่จะสามารถสื่อสารให้ผู้อ่านเข้าใจได้ง่าย

ผู้เรียบเรียงหวังเป็นอย่างยิ่งว่าหนังสือเล่มนี้จะเป็นประโยชน์แก่นักศึกษาและผู้สนใจทั่วไป ความดีของหนังสือเล่มนี้ขอมอบให้แก่นุรชาจารย์ทุกท่าน ซึ่งหมายถึงอาจารย์ 2 ประเภท คือ 1. บิดา มารดา ที่สอนลูกถึงทุกอย่างให้โดยไม่ต้องการคำตอบแทนใดๆ สอนโดยไม่มีวันหยุด และ 2. อาจารย์ที่อบรมสั่งสอนให้ความรู้ทางวิชาการรวมทั้งทักษะต่างๆ นอกจากนี้ผู้เรียบเรียงขอขอบพระคุณแหล่งข้อมูลต่างๆ ท่านเจ้าของข้อมูลทุกท่าน ที่ผู้เรียบเรียงได้นำข้อมูลมาใช้ในการเรียบเรียงหนังสือเล่มนี้ ทั้งที่ได้กล่าวถึงและไม่ได้กล่าวถึง ทั้งนี้ หากผู้อ่านหนังสือเล่มนี้พบข้อผิดพลาดประการใด ผู้เรียบเรียงยินดีน้อมรับข้อเสนอแนะ เพื่อที่จะนำมาแก้ไขและปรับปรุงให้ดียิ่งขึ้นในโอกาสต่อไป

ว่าที่ร้อยตรี ชัยยง ศิริธรรมมงคลชัย



สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 คุณลักษณะการทำงานของเครื่องยนต์สันดาปภายใน	1
1.1 ชิ้นส่วนหลักของเครื่องยนต์	2
1.1.1 ชิ้นส่วนอยู่กับที่	4
1.1.2 ชิ้นส่วนเคลื่อนที่	6
1.2 เครื่องยนต์แก๊สโซลีน	9
1.2.1 เครื่องยนต์แก๊สโซลีน 4 จังหวะ	9
1.2.2 เครื่องยนต์แก๊สโซลีน 2 จังหวะ	11
1.2.3 เครื่องยนต์แก๊สโซลีนลูกสูบหมุน	12
1.3 เครื่องยนต์ดีเซล	16
1.3.1 เครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะ	16
1.3.2 เครื่องยนต์ดีเซล 2 จังหวะ	17
1.4 ระบบใบลิ้นวาล์ว	18
1.4.1 ระบบลิ้นวาล์ว	18
1.4.2 ระบบระบายความร้อน	20
1.4.3 ระบบจุดระเบิด	21
1.4.4 ระบบไอเสียและระบบไอเสีย	22
1.4.5 ระบบหล่อลื่น	23
1.4.6 ระบบอื่นๆ	24
แบบฝึกหัด	25
บทที่ 3 พื้นฐานทางเทอร์โมไดนามิกส์	26
2.1 พลังงาน	26
2.1.1 หน่วยมูลฐาน	26
2.1.2 หน่วยอนุพัทธ์	27
2.2 งาน	28
2.3 แรงแม่เหล็ก	28
2.4 น้ำหนัก	29
2.5 ความหนาแน่น	29
2.6 ปริมาตรจำเพาะ	30
2.7 โมเมนต์จำเพาะ	30

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.8 ความกว้างจำเพาะ	30
2.9 ความดัน	30
2.9.1 ความดันบรรยากาศ	30
2.9.2 ความดันยก	31
2.9.3 ความดันสัมบูรณ์	31
2.10 ศูนย์หภูมิ	32
2.11 ระบบทางเทอร์โมไดนามิกส์	33
2.11.1 ระบบเปิด	33
2.11.2 ระบบปิด	34
2.11.3 ระบบ ใดต่อเดี่ยว	35
2.12 สารทำงาน	36
2.13 สมบัติวิฤทธิ	36
2.14 สภาวะ	36
2.15 คุณสมบัติทางเทอร์โมไดนามิกส์	36
2.15.1 คุณสมบัติที่ไม่ขึ้นกับปริมาณ	37
2.15.2 คุณสมบัติที่ขึ้นกับปริมาณ	37
2.16 สมภาวะ	38
2.17 สมดุลทางเทอร์โมไดนามิกส์	38
2.17.1 สมดุลทางความร้อน	38
2.17.2 สมดุลทางกล	39
2.17.3 สมดุลทางเคมี	39
2.17.4 สมดุลทางสภาวะ	39
2.18 กระบวนการ	39
2.18.1 กระบวนการย้อนกลับได้	40
2.18.2 กระบวนการย้อนกลับไม่ได้	40
2.19 วัฏจักร	40
2.20 งาน	41
2.21 พลังงาน	41
2.22 พลังงาน	43

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.22.1 พลังงานศักย์	43
2.22.2 พลังงานจลน์	45
2.22.3 พลังงานภายใน	45
2.23 งานของระบบที่ไม่มีมวลไหล	44
2.24 งานหรือพลังงานจากการไหล	46
2.25 เอนทัลปี	47
2.26 ความจุความร้อนจำเพาะ	48
2.27 ความร้อน	49
2.27.1 ความร้อนสัมผัส	49
2.27.2 ความร้อนแฝง	49
2.27.3 ความร้อนจากปฏิกิริยาทางเคมี	50
2.28 กฎข้อที่ศูนย์ของเทอร์โมไดนามิกส์	51
2.29 กฎข้อที่หนึ่งของเทอร์โมไดนามิกส์	51
2.29.1 กฎข้อที่หนึ่งของเทอร์โมไดนามิกส์สำหรับระบบที่ไม่มีมวลไหลของมวล	52
2.29.2 กฎข้อที่หนึ่งของเทอร์โมไดนามิกส์สำหรับระบบเปิดที่มีการไหลของตัว	55
2.30 งานของระบบเปิดที่มีการไหลคงตัว และเป็นกระบวนการที่ย้อนกลับได้แบบฝึกหัด	54
บทที่ 3 ก๊าซอุดมคติ และกระบวนการของก๊าซอุดมคติ	57
3.1 ก๊าซอุดมคติ หรือก๊าซสมบูรณ์	57
3.1.1 สมการสถานะของก๊าซอุดมคติ	57
3.1.2 ค่าคงที่สากลของก๊าซและค่าคงที่เฉพาะของก๊าซ	61
3.1.3 ความสัมพันธ์ระหว่าง C_v , C_p , R และ k	61
3.2 เอนทัลปี	63
3.3 กระบวนการของก๊าซอุดมคติ	64
3.3.1 กระบวนการปริมาตรคงที่	65
3.3.2 กระบวนการความดันคงที่	70
3.3.3 กระบวนการอุณหภูมิตคงที่	74
3.3.4 กระบวนการไอเซนโทรปิก	79
3.3.5 กระบวนการโพลีโทรปิก	87
แบบฝึกหัด	94

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 วัฏจักรอากาศมาตรฐานทางอุดมคติ	97
4.1 วัฏจักรกักตัง	97
4.2 วัฏจักรคาร์โนต์	99
4.3 วัฏจักรรีฟริจัน	106
4.4 วัฏจักรเรเตอร์ลิง	111
4.5 วัฏจักรออสโต	120
4.6 วัฏจักรดีเซล	128
4.7 วัฏจักรผสม	136
4.8 วัฏจักรเบรย์ตัน	146
4.9 การเพิ่มประสิทธิภาพของวัฏจักรเบรย์ตันแบบเปิด	166
แบบฝึกหัด	194
บทที่ 5 สมรรถนะของเครื่องยนต์และการทดสอบ	203
5.1 การคำนวณแรงเครื่องยนต์	204
5.2 เงื่อนไขพื้นฐานที่ทำให้เครื่องยนต์มีประสิทธิภาพสูง	212
5.3 ปัจจัยคิดความถี่เกี่ยวกับการทำงานของเครื่องยนต์ถูกสูบลิ้น	215
5.4 จีวแปรที่เกี่ยวข้องกับสมรรถนะของเครื่องยนต์	217
5.4.1 อัตราเร็วเฉลี่ยของลูกสูบ	217
5.4.2 แรงบิด	218
5.4.3 กำลังมรพ	219
5.4.4 กำลังบ่งชี้	220
5.4.5 กำลังในการปั่น	225
5.4.6 กำลังเสียดทาน	226
5.4.7 ประสิทธิภาพจริงกล	226
5.4.8 ความสิ้นเปลือง	226
5.4.9 ความสิ้นเปลืองที่คงที่เฉพาะ	229
5.4.10 อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง	230
5.4.11 ประสิทธิภาพทางความร้อน	231
5.4.12 ประสิทธิภาพเชิงปริมาตร	232

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.4.13 ประสิทธิภาพสัมพัทธ์	235
5.4.14 กำแพงฉนวน	237
5.5 เครื่องทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์	240
5.5.1 ไดนาโมมิเตอร์แบบเชือกวัด	240
5.5.2 ไดนาโมมิเตอร์แบบหัวเข็มวัด	241
5.5.3 ไดรอลิกไดนาโมมิเตอร์	242
5.5.4 ไดนาโมมิเตอร์แบบไฟฟ้า	243
5.5.5 เซลล์ไดนาโมมิเตอร์	244
5.6 การทดสอบเครื่องยนต์	244
5.6.1 การทดสอบแบบมอร์ส	245
5.6.2 การทดสอบแบบดอร์ส	247
5.7 การควบคุมความร้อน	248
5.7.1 พลังงานความร้อนของเชื้อเพลิงที่ให้แก่เครื่องยนต์	248
5.7.2 พลังงานความร้อนที่เปลี่ยนรูปเป็นกำลังปรก	248
5.7.3 พลังงานความร้อนที่สูญเสียไปกับระบบระบายความร้อน	248
5.7.4 พลังงานความร้อนที่สูญเสียไปกับไอเสีย	249
5.7.5 พลังงานความร้อนที่สูญเสียไปกับสิ่งแวดล้อมและกาวผนังรังสี	249
เลขฉีกหน้า	253
บทที่ 6 การสันดาป	258
6.1 พื้นฐานทางเคมี	258
6.1.1 วัสดุ	258
6.1.2 สารว่องกอบ	258
6.1.3 สารผสม	258
6.1.4 กระบวนการ	258
6.1.5 โหมดการ	258
6.1.6 ขบวนการ	259
6.2 การสันดาปเชิงพลิง	260
6.2.1 รูปแบบการวิเคราะห์ข้อมูลพลิง	260
6.2.2 สมการการสันดาป	260

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
6.2.3 การวิเคราะห์การสั่นคลอน	261
6.2.4 การสั่นคลอนเชิงเพื่องคาร์บอน	263
6.2.5 การสั่นคลอนเชิงเพื่องไฮโดรคาร์บอน	265
6.2.6 การเปรียบเทียบวิเคราะห์ระหว่างกาวิเคราะห์โดยมวลและการวิเคราะห์โดยปริมาตร	267
6.2.7 อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง	268
6.2.8 ปริมาณอากาศขอลีเผาไหม้	269
6.2.9 อัตราส่วนสมมูล	269
6.2.10 เฟอร์เงินต์ย มณฑลยูนู	270
6.2.11 เฟอร์เงินต์อากาศส่วนเกิน	270
6.3 ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง	271
6.3.1 ค่าความร้อนสูง	271
6.3.2 ค่าความร้อนต่ำ	271
แบบฝึกหัด	284
บทที่ 7 การผสมและการจ่ายเชื้อเพลิง	286
7.1 คาร์บูเรเตอร์	286
7.1.1 หลักการของคาร์บูเรเตอร์อย่างง่าย	286
7.1.2 ชนิดของคาร์บูเรเตอร์	288
7.2 การคำนวณเกี่ยวกับคาร์บูเรเตอร์อย่างง่าย	289
7.2.1 ความเร็วของอากาศผ่านคอขวด	290
7.2.2 อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศผ่านคอขวด	293
7.2.3 อัตราการไหลเชิงมวลของเชื้อเพลิงผ่านนมหนู	294
7.2.4 อัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง	295
7.2.5 การไหลของอากาศผ่านคอขวดเนื่องจากความดันสถิต	300
7.2.6 อากาศไหลผ่านคอขวดแบบอัดตัวได้	302
7.2.7 การหาอัตราไหลเชิงมวลของอากาศเข้าสู่ระบบดูดที่ความเร็ววาล์วต่างๆ	305
7.3 สมบัติการที่ใช้ในกรณีพิเศษเกี่ยวกับคาร์บูเรเตอร์อย่างง่าย	306
7.3.1 สมบัติการไหลแบบอัดตัวไม่ได้	306
7.3.2 สมบัติการไหลแบบอัดตัวได้	307
7.3.3 เบนทรานาชาคอขวด	307

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
7.3.4 สมการหาขนาดอนุกรม	307
7.4 คาร์บูเรเตอร์ที่ใช้งานจริง	309
7.4.1 วงจรดูดกลอย	309
7.4.2 วงจรคืนเบนและความเร็วต่ำ	310
7.4.3 วงจรหลัก	311
7.4.4 วงจรกำลัง	312
7.4.5 วงจรป้อนเร่ง	313
7.4.6 วงจรใช้ถ	313
7.5 ระบบฉีดเชื้อเพลิง	315
7.5.1 ระบบฉีดเชื้อเพลิงแบบกลไก K-Jetronic	315
7.5.2 ระบบฉีดเชื้อเพลิงแบบกลไกร่วมกับอิเล็กทรอนิกส์ KE-Jetronic	316
7.5.3 ระบบฉีดเชื้อเพลิงแบบอิเล็กทรอนิกส์	317
7.5.4 ระบบฉีดเชื้อเพลิงด้วยกลไกแบบร่วม	323
แบบฝึกหัด	326
บทที่ 8 การซูเปอร์ชาร์จและการกลด้างไอเสีย	328
8.1 การซูเปอร์ชาร์จ	328
8.1.1 ระบบซูเปอร์ชาร์จเจอร์	328
8.1.2 ระบบเทอร์โบชาร์จเจอร์	330
8.2 การกลด้างไอเสีย	335
8.2.1 กวาลด้างไอเสียแบบไหลตรงข้าม	336
8.2.2 กวาลด้างไอเสียแบบไหลย้อนกลับ	336
8.2.3 กวาลด้างไอเสียแบบยูนิโฟลว์	336
แบบฝึกหัด	339
บรรณานุกรม	341
ภาคผนวก	343
ดัชนีค้นค่า	351
ประวัติผู้เรียบเรียง	359