به نام خدا

اصول و مبانی
طراحی موتورهای پیستونی

نویسنده :

هینز هسلر

مترجم :

علیرضا عابدی

انتشارات ارسطو
(چاپ و نشر ایران)
۱۴۰۱

سرشناسه : هایزلر، هاینز، ۱۹۳۵- م.
Heisler, Heinz, ۱۹۳۵-
عنوان و نام پدیدآور : اصول و مبانی طراحی موتورهای پیستونی/ نویسنده هینز هسلر؛ مترجم علیرضا عابدی.
مشخصات نشر : ارسطو (سامانه اطلاع رسانی چاپ و نشر ایران) ، ۱۴۰۱.
مشخصات ظاهری : ۶۹۸ ص.
شابک : ۵-۹۶۷-۴۳۲-۶۰۰-۹۷۸
وضعیت فهرست نویسی : فیپا
یادداشت : عنوان اصلی: Advanced vehicle technology,۲nd ed. ,۲۰۰۲
یادداشت : کتابنامه: ص.[۶۹۷]-۶۹۸.
موضوع : اتومبیل‌ها -- طراحی و ساخت
Automobiles -- Design and construction
شناسه افزوده : عابدی، علیرضا، ۱۳۵۶-(مترجم)
رده بندی کنگره : TL۲۴۰
رده بندی دیویی : ۶۲۹/۲۳
شماره کتابشناسی ملی : ۸۹۶۸۴۳۲
اطلاعات رکورد کتابشناسی : فیپا

نام کتاب : اصول و مبانی طراحی موتورهای پیستونی
نویسنده : هینز هسلر
مترجم : علیرضا عابدی
ناشر : ارسطو (سامانه اطلاع رسانی چاپ و نشر ایران)
تیراژ : ۱۰۰۰ جلد
نوبت چاپ : اول - ۱۴۰۱
چاپ : مدیران
قیمت : ۳۵۰۰۰۰ تومان
فروش نسخه الکترونیکی - کتاب‌رسان :
https://chaponashr.ir/ketabresan
شابک : ۵-۹۶۷-۴۳۲-۶۰۰-۹۷۸
تلفن مرکز پخش : ۰۹۱۲۰۲۳۹۲۵۵
www. chaponashr. ir

گفتار سعدی زمانی ماندگار شد که فرمود:
....در هرنفس دو نعمت موجود است و بر هر نعمت شکری واجب....
او در یک، دو دید و در دو، هزاران دید...
سپاس از آنها که بمن آموختند در یک، بیش از یک ببینم.

فهرست مطالب

عنوان

صفحه

پیشگفتار .....
فصل اول: چرخه هاي عملكرد موتور-پيستوني
1-1 مقدمه - موتوراحتراق-داخلی.....2
1-1-1 اجزا و واحدهای موتور.....3
1-1-2 سیکل چهارمرحله ای موتورجرقه ای ...7
1-1-3 دیاگرام هاي زمانبندی سوپاپ 11
1-2موتور بنزینی با کورس- دو- مرحله ای...12
1-2-1 جریان تخلیه-معکوس (اسچنورل) 15
1-2-2 کنترل ورودی سوپاپ بشقابی و سوپاپ تیغه-ای محفظه لنگ 17
1-2-3 مقایسه موتورهای بنزینی دو مرحله‌ای و چهار مرحله ای 19
1-3 موتور دیزل چهار مرحله ای اشتعال تراکمی 20
1-3-1 پیشینه تاریخی موتور اشتعال تراکمی.24
1-4 موتور دیزل دو مرحله ای.....26
1-4-1- مقایسه موتورهای دیزل دو و چهار مرحله ای 30
1-5 مقایسه موتورهای اشتعال جرقه ای و اشتعال تراکمی 31
1-6 عبارات فنی عملکرد موتور.....33
1-6-1 جابجایی پیستون یا حجم جابجایی 33
1-6-3 گشتاور موتور.....34
1-6-4 توان موتور.....35
1-6-5 حجم سیلندر موتور.....37
1-7 نسبت-تراکم.....39
فصل دوم : چیدمان موتور چند سیلندر
2-1 نیاز به بیش از یک سیلندر.....42
2-2 گشتاور سیکلی و سرعت نوسانی.....44
2-2-1 وظیفه فلایویل.....45
2-2-2 تاثیر فلایویل و نمودار گشتاور تناوبی 45
2-2-3 نمودارهای گشتاور-تناوبی موتورهای چند-سیلندر 47

2-3 مزيت ها و محدوديت‌هاي موتور تک سيلندر و چند سيلندر 49
2-4 ترتيب احتراق سيلندر.....50
2-5 ترتيب موتور تک-سيلندر.....51
2-6 ترتيب در موتور خطی دو سيلندرردیفی پهلو به پهلو 52
2-7 ترتيب در موتور دو سيلندر خطی با 180^0 اختلاف فاز 54
2-8ترتيب در موتور دو سيلندر متقابل افقی.55
2-9 ترتيب موتور خطی سه سيلندر.....57
2-10 ترتيب موتور چهار سيلندرخطی 59
2-11طرح موتور چهار سيلندر افقی متقابل .61
2-12 ترتيب موتور 5 سيلندرخطی 64
2-13 ترتيب موتور شش سيلندرخطی 66
2-14 طرح موتور 6 سيلندر خوابيده افقی متقابل 69
2-15 ترتيب موتور هشت سيلندر خطی مستقيم ..72
2-16 طرح موتور دو سيلندر"V" شكل با زاويه° 90 74
2-17 طرح موتور چهار سيلندر"V" شكل با زاويه°60 76
2-18 ترتيب موتور شش-سيلندر"V" شكل°60 78
2-19 موتور"V" شكل 8 سيلندر با ميل لنگ تک-صفحه ای 81
2-20 موتور هشت سيلندر "V-شكل" 90° با ميل لنگ دو-صفحه يا صليبیشكل 84

فصل سوم : بالانس اجزاء رفت و برگشتی

3-1 حركت رفت و برگشتی.....90
3-1-1 بالانس موتور سه-سيلندر خطی.....91
3-1-2 بالانس موتور چهار سيلندر خطی 94
3-1-3 بالانس موتور دو سيلندر 90° 96
3-1-4 موتور شش سيلندر "V" 98
3-1-5 بالانس موتور هشت سيلندر "V" شكل 90° با ميل لنگ دو صفحه ای 99

3-2 موتور چهار سيلندری محرک زنجير با جفت شافت موازی بالانس کننده نيروی ثانويه 101
3-3 ارتعاش پيچشی ميل لنگ..... 104
3-3-1خفه کن ارتعاش پيچشی تنظيم کننده لاستيکی 105
3-3-2 ارتعاش گير پيچيشی سيال ويسکوز 107
3-3-3 رفتار ارتعاش پيچشی ميل لنگ..... 109
3-4 نيروهای وارده به پيستون 110
3-4-1 نيروی محوری و برخورد پيستون به ديواره 110
3-4-2 گژن-پين خارج از مرکز..... 111
3-5 ملاحظاتی در مورد بار ياتاقان‌هاي تکيه گاهی لنگ 113
3-5-1 اثرات ترکيبی نيروهای گاز و اينرسی ياتاقان‌هاي تحت بار 115
3-5-2 بارهای وارد بر ياتاقان محور سر-بزرگ 116
3-6 دسته‌هاي نگهدارنده موتور و گيربکس.... 118
3-6-1-آشفتگی‌هاي ديناميکی و احتراقی 118
3-6-2 محور نوسان 119
3-6-3 موقعيت دسته‌هاي موتور وگيربکس 119
3-6-4 انواع دسته‌هاي موتور و گيربکس 133
3-6-5 تکاليف نمونه حل شده..... 141

فصل چهارم: ساختار بلوکه سيلندر و سرسيلندر

4-1 بلوکه سيلندر 170
4-1-1 سيلندرهای خطی..... 171
4-1-2 سيلندرهای متقابل افقی 134
4-1-3 سيلندرهای رديفی V شکل 135
4-1-4 پوشش مايع خنک کننده 136
4-2 محفظه لنگ..... 138
4-3موقعيت و نگهداری ميل بادامک..... 139
4-4 مواد بلوکه-سيلندر..... 141
4-5 سرسيلندر..... 142
4-5-1 انواع طرح‌هاي سوپاپ و راهگاهها سرسيلندرژ 143

4-5-2 محفظه ترموستات.....145
4-6 مواد سرسيلندر.....146
4-7 پيچ‌هاي ساده و دوسر رزوه در سوراخهای رزوه شده بلوكه سيلندر.....148
4-7-1 جنس پيچ ساده و دو سر رزوه.....150
4-7-2 توزيع تنش در يک پيچ اتصال سر سيلندر.....151
4-8 بستن پيچهای سرسيلندر.....152
4-8-1 روش تعويض و بستن سرسيلندر.....153
4-8-2 نكاتی حين بستن پيچهای سرسيلندر....154
4-8-3 آچار گشتاور (تورک متر).....156
4-8-4 اندازه گير گشتاور زاويه ای.....160
4-8-5 روش بستن پيچهای سرسيلندر.....161
4-9 واشرهای سر-سيلندر.....162
4-9-1 ضروريات واشر-سر-سيلندر.....163
4-9-2 انواع واشرهای سرسيلندر.....164
4-9-3 ملاحظاتی در انتخاب مواد واشر.....168
4-10 مخزن محفظه لنگ و صفحات تلاطم گير....170
4 -11 بوش‌هاي دهانه-سيلندر.....172
4-12 بوشهای خشك سيلندر.....173
4-12-1 نصب بوش در دهانه‌هاي سيلندر.....173
4-12-2 ماشين كاری بلوكه سيلندر جهت انتخاب بوش.....176
4-12-3 حد مجاز بيرون زدگی بوش دهانه-داخلی.....177
4-12-4 پرداخت سطح دهانه-داخلی بوش ها....177
4-13 بوشهای تر سيلندر.....177
4-13-1 محل بوش و نگهدارنده.....178
4-13-2 روش نصب بوشهای تر.....180
4-14 درآوردن يا جازدن بوشهای پرسی فيت...181
4-14-1 درآوردن بوشهای-پرسی نصب شده.....181
4-14-2 تعويض بوش سيلندر نوع پرسی فيت....184

فصل پنجم : طراحی احتراق و محفظه احتراق

5-1 فرآيند احتراق جرقه شمع.....186
5-1-1 كوبش.....188
5-1-2 عدد اكتان.....192
5-1-3 پيش جرقه.....192

5-1-4 قواعد عمومي‌طراحی محفظه احتراق موتورهای جرقه ای شمع دار 193
5-1-5 اصطلاحات طراحی محفظه احتراق 194
5-1-6 طبقه بندی محفظه‌هاي احتراق جرقه ای. 197
5-2 مراحل احتراق جرقه تراکمي(ديزل) 217
5-2-1 کوبش ديزل 219
5-2-2 عدد ستان 220
5-2-3 طبقه بندی محفظه‌هاي احتراق اشتعال تراکمی 221
5-2-4 مقايسه موتور اشتغال جرقه شمعی و موتور اشتغال تراکمي‌و مراحل احتراق در آنها 226
فصل ششم : مجموعه پيستون و شاتون
6-1 توزيع حرارت و اصطکاک مجموعه پيستون.. 228
6-2مواد پيستون 228
6-2-1 ملاحظات جرم 228
6-2-2 ملاحظات استحکام و فرسايش 230
6-2-3 ملاحظات رسانش-گرمايی 232
6-2-4 ملاحظات انبساط 232
6-3 علائم و مشخصات پيستون و ملاحظات طراحی. 234
6-3-1 نشيمنگاه کمربند-رينگ 234
6-3-2 دامنه 235
6-3-3 بازوهاي پيستون 237
6-3-4 نشيمنگاه گژن-پين 237
6-3-5 شکافهای حرارتی 238
6-3-6 خلاصی محور گژن پين 239
6-3-7 بيضويت دامنه 240
6-3-8 مخروطی بودن پيستون 240
6-3-9 ارتفاع تراکم 242
6-4 پيستون مقاوم بی متال (دوفلزی) 242
6-5 فرهنگ واژگان رينگ-پيستون 245
6-5-1 فاکتورهای موثر بر عملکرد رينگ..... 246
6-6 عمل رينگ-پيستون 247
6-6-1 عمل رينگ-کمپرس 248
6-6-2 عمل رينگ کنترل-روغن 249
6-6-3 انواع رينگ تراکمی 251
6-6-4 انواع رينگهای کنترل روغن 254

6-7 مواد رينگ-پيستون و روشهای ساخت 258
6-7-1 رينگ‌هاي پوشش فسفات 259
6-7-2 رينگ با لايه كرومی 260
6-8 لقی عملكردی پيستون و رينگ پيستون ...261
6-8-1 لقی جانبی رينگ-پيستون 261
6-8-2 ميزان خلاصی اتصال دهانه رينگ 262
6-8-3 لقی مجاز بين پيستون و ديواره سيلندر 264
6-9 پيستون و اتصالات گژن-پين شاتون 265
6-9-1 ثابت كننده هاي گژن-پين 266
6-10 طراحی شاتون، ساختار و مواد 270
6-10-1 موقعيت كپه-انتها-بزرگ شاتون و نگهداری آن 273
6-11 ياتاقان بندی پوسته ای شاتون 276
6-11-1 پرداخت سطح 276
6-11-2 بيرون زدگی آزاد ياتاقان 277
6-11-3 ياتاقانهای زبانه دار 277
6-11-4 پوسته ياتاقان غيرچرخان 278
6-11-5 ياتاقان با لبه پخ خورده 279
6-11-6 دايروی بودن محفظه ی ياتاقان 280
6-11-7بستن كپه سر-بزرگ 281
6-12 ياتاقانهای پوسته اي محور اصلی. 283
6-12-1 انتخاب مواد ياتاقان پوسته‌ای محوری 283
6-12-2 طبقه بندی مواد ياتاقان صفحه ای محور اصلی 285

فصل هفتم : ساختمان ميل لنگ

7 ساختمان ميل لنگ 290
7-1 فهرست علائم و اختصارات ميل لنگ.....290
7-2 بخشهای ميل لنگ.....292
7-3 وزنه هاي تعادل.....295
7-4 سوراخهای روغنكاری ميل لنگ.....297
7-5 اتصال تسمه-فن پولی-به-ميل لنگ.....298
7-6 كاسه نمد روغن جلو و عقب ميل لنگ ...302
7-6-1 كاسه نمد انتهای پولی ميل لنگ.....302
7-6-2 كاسه نمد-روغن انتهای-فلايويل ميل لنگ 303

7-7 اتصال فلايويل-به-ميل لنگ.....305
8-7 مواد ميل لنگ و عمليات حرارتی 307
1-8-7 فولاد منگنز-مولیبدنیوم 308
2-8-7 فولاد کروم-مولیبدنیوم 1% 308
3-8-7 فولاد نیکل-کروم-مولیبیدیوم 309
4-8-7 فولادهای کروم-مولیبدیوم 3% یا کروم – آلومینیوم-مولیبدیوم 310
5-8-7 چدن‌هاي گره دار 310
6-8-7 فرآیندهای سختی سازی-سطح از طریق شعله و القای الکتریکی 311
7-8-7 فرآیند سخت کاری-سطح با نیتریده کردن 312
8-8-7 مرحله سختی سازی-سطح با کربونیتریدی کردن 316
9-8-7 یاتاقانهای محور-اصلی میل لنگ.....317
1-9-7 یاتاقان‌هاي فشار محوری میل لنگ.....315
2-9-7 اندازه گیری لقی محوراصلی-تا-یاتاقان 317

فصل هشتم : دیاگرام زمانی سوپاپ، طراحی بادامک و متعلقات میل بادامک

1-8 دوره‌هاي زمانی باز و بسته شدن سوپاپ ورودی و خروجی 320
1-1-8 سوپاپ ورودی قبل از TDC باز مي‌شود .320
2-1-8 سوپاپ ورودی بعد از BDC بسته مي‌شود 320
3-1-8 سوپاپ خروجی قبل از BDC باز مي‌شود ..321
4-1-8 سوپاپ خروجی بعد از TDC بسته مي‌شود.322
5-1-8 همپوشانی سوپاپ (قیچی) 323
2-8 محدوده‌هاي پروفایل بادامک و محدوده‌هاي زمانی باز و بسته شدن سوپاپ 323
1-2-8 شیب ملایم بادامک.....326
2-2-8 گسترش خطی نیمرخ بادامک.....326
3-8 خصوصیات سوپاپ با کنترل ارتفاعی و زمانی متغیر 327
1-3-8 اصول عملکرد سوپاپ دوگانه متغیر زمانی و ارتفاعی 328

4-8 محرک‌هاي تسمه-دنداته و چرخ زنجير ميل بادامک 335
1-4-8 نحوه درگيری ميل بادامک محرک زنجير . 335
2-4-8 تنظيمات تسمه محرک ميل بادامک رو ... 342
3-4-8 ترتيب دنباله چرخدنده هاي محرک ميل بادامک 348
فصل نهم : مكانيزمهاي عملكرد سوپاپ بشقابي
1-9 وظيفه سوپاپها و زمانبندی آنها 352
2-9 ميل بادامک کناری با مجموعه اسبک و ميله فشاری 352
1-2-9 ميل بادامک 353
2-2-9 پيرو بادامک (تپت) 357
3-2-9 ميله-فشاری 360
4-2-9 شافت-اسبک 361
5-2-9 بازوی اسبک 363
3-9 تنظيم لقی تپت در مكانيزم هاي ميله- فشاری 364
1-3-9 تنظيم انتهای-ميله-فشاری 364
2-3-9 تنظيم لولای-مرکزی 365
3-3-9 موقعيت ميل بادامک جهت تنظيم تپت ميله-فشاری 365
4-9 ميل بادامک رو (OHC) 367
1-4-9 ميل بادامک 367
2-4-9 پيروهای بازو- اسبکی- لولا شده 371
3-4-9 پيرو استکانی-معکوس لغزشی 374
5-9 تنظيم تپت در مكانيزم هاي حرکت مستقيم . 374
1-5-9 تنظيم از طريق بالشتک شيم 374
2-5-9 تنظيم پيچ-تپت 377
6-9 نکات و لوازم مكانيزم راه اندازی سوپاپ 377
7-9 مزايا و معايب مكانيزمهای گوناگون سوپاپ گوناگون 379
1-7-9 ميل بادامک جانبی بهمراه ميله فشاری و اسبک 379
2-7-9 ميل بادامک رو بهمراه پيرواستکانی معکوس لغزشی 379
3-7-9 ميل بادامک رو با اسبک لولا شده 380

9-8 سوپاپ بشقابکی.....381
9-8-1 زوایای مخروطی سوپاپ و نشیمنگاه 384
9-9 شرایط عملکرد سوپاپ بشقابکی.....385
9-9-1 نوک و ساق سوپاپ.....385
9-9-2 سرسوپاپ و گلويي.....386
9-9-3 بارگذاری سر-سوپاپ.....386
9-9-4 ضروریات سوپاپ 387
9-9-5 نکات قابل توجه سوپاپ.....387
9-10 مواد سوپاپ-بشقابکی 388
9-11 گایدهای سوپاپ.....390
9-12 سيت‌هاي حلقوی نصب شونده 392
9-12-1 مواد سيت-اتصال 395
9-12-2 میل بادامک رو و بازوی اسبک لولا شده مرکزی با واحد پیرو تپت هیدرولیکی خلاصی سوپاپ 395
9-13 نگهدارنده فنر-سوپاپ.....395
9-14 سوپاپ-چرخان و نگهدارنده فنر 396
9-14-1 سوپاپ-چرخان‌هاي غيراجباری 397
9-14-2 چرخش اجباری سوپاپ (کلاهک چرخشی) ...399
9-15 فنر-برگشتی تراکمي‌سوپاپ.....400
9-15-1 موج فنری 402
9-15-2 فنرهای گام-متغیر 403
9-15-3 فنرهای دوبل 403
9-15-4 پیش- تنش.....403
9-15-5 ساچمه-زنی 404
9-15-6 مواد فنر-سوپاپ 404
9-16 تنظیم خلاصی تپیت اتوماتیک از طریق اجزاء هیدرولیکی 405
9-16-1 بازوی اسبک انتهای لولایی میل بادامک رو بهمراه واحد جبران
کننده هیدرولیکی خلاصی سوپاپ 405
9-16-2 میل بادامک رو و بازوی اسبک لولا شده مرکزی با واحد پیرو تپت هیدرولیکی خلاصی سوپاپ 408
9-16-3 میل بادامک رو حرکت-مستقیم بهمراه واحد پیرو استکانی معکوس
جبران کننده لقی سوپاپ هیدرولیکی 410

فصل دهم : سيستم روغنكاري موتور

10-1 سيستم روغنكاری كارتر-تر 414
10-1-1 راهگاه اصلی روغن (شاهلوله) 414
10-1-2 روغنكاری ياتاقان اصلی و فرعی ميل لنگ 416
10-1-3 روغنكاری پيستون و سيلندر 418
10-1-4 روغنكاری سر-كوچک 421
10-1-5 روغنكاری ياتاقان-ميل بادامک 423
10-1-6 روغنكاری سطح لوب-ميل بادامک 425
10-1-7 روغنكاری سوپاپ-بشقابكی 427
10-1-8 روغنكاری مكانيسم بازوی اسبک سوپاپ 427
10-1-9 روغنكاری ميل بادامک-رو 432
10-1-10 روغنكاری چرخ دنده ها و زنجيرهای تايم 432
10-1-11سوئيچ فشار-روغن (فشنگی) 433
10-1-12مسيرهای روغن ميل لنگ 433
10-2 مكانيک اصطكاک و روغن كاری 437
10-2-1 اصطكاک 437
10-2-2 اصطكاک استاتيكی (اصطكاک ايستايی) . 437
10-2-3 اصطكاک جنبشی يا ديناميكی 437
10-2-4 اصطكاک لغزشی-درگير 438
10-2-5 ضريب اصطكاک 439
10- 2-6 روغنكاری شرايط مرزی 440
10-2-7 روغنكاری هيدروديناميک 442
10-2-8 مقاومت اصطكاكی، ضخامت لايه روغن و سرعت ياتاقان و محور 443
10-2-9 فشار روغن و توزيع آن 444
10-3 اويل-پمپهاي فشار-قوی 447
10-3-1 پمپ چرخدنده-ساده-خارجی 447
10-3-2 پمپ هلالی چرخ دنده-داخلی 449
10-3-3 پمپ دو-روتوری خارج از مركز 452
10-3-4 پمپ پره-لغزشی خارج از مركز 454
10-3-5 انواع قرارگيری اويل پمپ محرک 455
10-4 سوپاپ اطمينان كنترل فشار 458

10-4-1 انواع سوپاپ اطمینان-فشار 458
10-4-2 سوپاپ اطمینان نوع پیستونی با سوراخهای شعاعی 459
10-4-3 سوپاپ اطمینان پیستونی نوع قرقره ای 459
10-5 فیلتراسیون روغن 461
10-5-1 مواد فیلتر-روغن 462
10-5-2 واحدهای تمام-جریان فیلتر روغن ... 464
10-5-3 واحدهای کنار گذر فیلتر روغن 465
10-6 ممانعت از نشتی روغن موتور 466
10-6-1 آب بندهای استاتیکی 466
10-6-2 آب بندی دینامیکی 468
10-7 سیستم روغنکاری کارتر خشک با خنک کننده ی روغن مایع با مایع 473
10-7-1 پمپ جاروبکی 473
10-7-2 پمپ فشاربالا 473
10-7-3 خنک کننده روغن (مبدل حرارتی مایع به مایع) 474
10-7-4 مخزن ذخیره روغن 475
10-8 کنترل آلودگی محفظه لنگ 475
10-8-1 فرار-کمپرس رینگ پیستون 475
10-8-2 سیستم تهویه کارتر مثبت (PVC)..... 476
10-9 سوئیچ فشار روغن پایین و مدار لامپ اخطار 478
10-10خصوصیات و انتخاب ماده روانکار موتور 479
10-10-1 ویسکوزیته (گرانروی) 480
10-10-2 آغشتگی 480
10-10-3 طبقه بندی روغنها براساس شاخص SAE 480
10-10-4 شاخص ویسکوزیته، VI 483
10-10 -5 بالابرنده هاي شاخص ویسکوزیته 484

10-10-6 افزودنی‌هاي روغن موتور 485
10-11 نگهداری صحیح سطح روغن 486
10-12 آلودگی روغن و فواصل تعویض آن 487
10-12-1آلودگی خارجی 487
10-12-2 آلودگی احتراق 488
10-12-3 آلودگی داخلی 488
10-12-4 شرایط کار 489
10-12-5 دوره هاي تعويض روغن و فيلتر 489
فصل يازدهم: سيستمهای خنک کاری
11-1 توزیع حرارت موتور و لزوم سیستم خنک کاری 492
11-1-1 شرایط دمای کاری موتور 492
11-1-2 روشهای انتقال حرارت 494
11-2 انواع سیستمهای خنک کننده 495
11-2-1 سیستم هوا-خنک مستقیم 495
11-2-2 حرارت منتقل شده دریک سیستم موتور هوا-خنک نوع مستقیم 496
11-2-3 توصیف یک سیستم هوا-خنک 497
11-3 انتقال حرارتدر یک سیستم موتورمایع-خنک غیرمستقیم 500
11-3-1 سیستم خنک کن-مایع تومو-سیفون 502
11-3-2 توصیف یک سیستم آب-خنک 502
11-3-3 محدودیتهای سیستم خنک کننده توموسیفون 503
11-3-4 گردش پمپ جابجایی-اجباری 504
11-3-5 پمپ گردش مایع خنک کننده 506
11-4 مقایسه سیستمهای هوا-خنک و مایع-خنک 509
11-4-1 سیستم هوا-خنک 509
11-4-2 مایع-خنک 510
11-5 سيستم هاي خنک کننده دارای کنترل-ترمستات 511
11-5-1 انواع واحدهای سوپاپ ترموستات 512
11-5-2 عملکرد ترموستات نوع کیسه دمشی ... 512

11-5-3 عملكرد ترموستات نوع-گلوله ی-مومسان 513.....
11-6 درپوش‌هاي فشار راديـاتور.....516
11-6-1 دلايل استفاده از سيستم خنک کننده تحت فشار 516
11-6-2 عملکرد درپوش راديـاتور تحت فشار ..518
11-6-3 فشار کاری درپوش 521
11-7 سيستم‌هاي خنک کننده دارای مخزن انبساط 521.....
11-7-1 مزايای وجود يک منبع انبساط 521
11-7-2 عملکرد يک سيستم منبع-انبساط 521
11-7-3 مخزن انبساط خلائی 522
11-7-4 مخزن انبساط تحت فشار 522
11-8 محلولهای مبرد ضد يخ 524
11-8-1 مناسب سازي آب 526
11-8-2 بازدانده‌هاي خوردگی 527
11-8-3 خواص قابل قبول يک ضد يخ مناسب ..527
11-8-4 اندازه گيری مقاومت محلول ضد يخ ..528
11-9 پولکهای داخلی موتور 529
11-10 مراقبت‌هاي لازم جهت سيستم خنک کننده و اجزا 531
11-11 سيستم خنک کننده جريان-عرضی با خنک کن روغن مايع-با-مايع 532
11-11-1 راديـاتور جريان عرضی 532
11-11-2 ترمستات و واحدکنترل جريان عبوری 532
11-11-3 بخاری داخل اتاق 532
11-11-4 خنک کن‌هاي-روغن (مبدلهای حرارتی) 534
11-12 کوپلينگ فن ويسکوز حس کننده دما ی هوا 535.....
11-12-1 موتور سرد 536
11-12-2 موتورگرم) 537
11-13 رله فن خنک کننده و مدار سوييچ دمايی 538.....
11-14 سيستم تهويه و گرمايش داخلی 540
11-14-1 طرح سيستم تهويه و بخاری 540
11-14-2 مدار الکتريکی سيستم تهويه و بخاری 540.....

11-15 تهويه هوا 542
11-15-1 كمپرسور 542
11-15-2 اواپراتور 545
11-15-3 كندانسور 545
11-15-4 گيرنده-خشک کن 546
11-15-5 سوپاپ انبساط ترموستاتيکی 546
11-15-6 فن دمنده 548
11-15-7 سوئيچ دوگانه فشار 549
11-15-8 مايع مبرد 549
11-15-9 سيکل تبريد کمپرس-بخار 550

مقدمه

اختراغ چرخ در حدود پنج هزار سال پیش از میلاد اولین پیدایش شگرف در سیر تحولات ذهنی بشر محسوب می شود. زمانی که او متوجه شد با بکار بردن این وسیله می تواند غلبه چشمگیری بر نیروهای مقاوم داشته باشد، اینده روشنی پیش رویش مجسم شد. زمانی که نیکلاس کاگموت که یک مهندس نظامی بود از یک سه چرخه برای حمل ادوات جنگی استفاده کرد دورنمای وسیله نقلیه جهت حمل و نقل در ذهن بشر نقش بست و این موضوع به سال 1796 میلادی برمی گردد. موتور بخار توسط جیمز وات در 1874 ساخته شد تا تمرکز بر نیروی محرکه خودرو وارد مرحله جدیدی شود. در 1876 نیکلاس اتو یک موتور احتراق داخلی را با موفقیت بظهور رساند. در سال 1886 نخستین سواری های بنزین سوز عمدتا توسط بنز و دایملر که دو شرکت مستقل را مدیریت می کردند وارد بازار شدند.

موتور آنها نوعی موتور سبک با سرعت بالا در حدود ۹۰۰ RPM بود که نسبت به موتورهای احتراق داخلی آن زمان که حداکثر دورشان ۲۰۰ RPMبود نوعی موفقیت محسوب می‌شد. موتور ساخت دایملر کم‌کم از صورت تک سیلندر به نوع دو سیلندر V شکل مبدل گردید که مجهز به کاربراتور بود .کاربراتور موتور دایملر را مای باخ طراحی کرد. دایملر سیستم جرقه زنی بدیعی را به خدمت گرفت که به سیستم جرقه زنی لوله داغ موسوم بود. در این روش عمل ایجاد جرقه توسط یک لوله پلاتینی که در بالای سیلندر قرار داشت و انتهای دیگرش توسط شعله سرخ نگه داشته می‌شد، انجام می‌گردید. کارل بنز آلمانی که ده سال از دایملر جوان تر بود درسیستم جرقه زنی خود از الکتریسته استفاده کرد. او یک موتور چهار سیلندر طراحی و روی یک وسیله نقلیه سه چرخ نصب کرد. دو اثر دیگر از این دانشمند آلمانی یعنی سوپاپ قارچی

شکل و سیستم خنک کاری با آب، هنوز مورد استفاده قرار می‌گیرند. سیستم خنک کاری که توسط دایملرطراحی شد به آب حرکت چرخشی اجباری نمی‌داد بلکه مخزن آبی در سطح بالاتر از موتور قرار داشت و آب گرم به علت سبک شدن بطرف بالا و آب سرد به جهت سنگینی بطرف پایین حرکت می کرد، که به این سیستم ترموسیفون می‌گویند. دایملر یک وسیله نقلیه چهار چرخ و در سال‌های بعد بنز به عنوان تجارت وسیله نقلیه سه چرخ را به بازار عرضه کرد و به این ترتیب اولین اتومبیل به همراه سر و صدا و مشکلات فراوان وارد بازار شد. دایملر با عرضه اتومبیل خود صنعت اتومبیل‌سازی را مرحله جدیدی کرد تا این صنعت با سرعت بیشتر وارد قرن بیستم شود.

مهندسی خودرو با نام Automotive engineering زیر بنای کلیه رشته‌های منشعب از مهندسی مکانیک شناخته می‌شود زیرا مهندسی مکانیک با صنعت خودرو آغاز گردید و سازوکارها، فنون و تجربیات حاصل از آن در بخش‌های دیگر بکار گرفته شد. هم اکنون این رشته تا سطح دکترا و در شاخه‌های گوناگون توسعه یافته است. ورود نرم افزاربه صنعت خودرو آنرا از حالت تجربی و کلی گویی های صرف خارج کرده و اثبات نمود که ورود به این شاخه ازمهندسی نیازمند آموزش و تلاش مستمر می باشد. در مدیریت نرم افزاری هربخش بصورت مستقل یا در ارتباط با دیگر بخش ها تحت نظارت قرار گرفته و با ارزیابی مقادیر خروجی تحت کنترل قرار می گیرد و شرایط ارتقا آن فراهم می شود. هر زمان که با عبارت " کار نیست" مواجه شدید به شاخه برنامه نویسی از علوم مهندسی در دنیای رو به رشد فکر کنید و با فراگیری بخشی از آن عبارت بالا را به عبارت " متخصص نیست" تغییر دهید.

در خودروی هوشمند بر اساس دریافت ورودی هر بخش شروع بکار کرده و با ثبت مقادیر خروجی و نمونه برداری از آن امکان

بهبود و اصلاح سیستم در حال کار در محدوده دقت مورد نیاز فراهم می شود.

انجام کارها با شور و اشتیاق درونی همراه است و این شوق برای نویسنده با دسترسی به کتابهای نویسنده محترم Heinz heisler که حاوی تصاویر گویا و حیرت انگیز در فهم مطالب بوده، فراهم آمده است. اما عشق درونی در این رشته را مدیون استاد محترم روانشاد سید محمد نبوی هستم که هرانچه تدریس می کرد، ساخته و مورد آزمایش قرار داده بود. او بود که با کمترین امکانات، اسلایدهای مباحث مربوطه را فراهم می ساخت و با نمایش آنها در کلاسهای تاریک خود، در گسترش نور فهم و ادراک فراگیران نقش اساسی داشت. پروژه ساخت موتوردرزمان تحریم لوازم موتورخودرو تویوتا لندکروز سری40 در سال 1368، به دانشگاهها ارجاع می شود و موتورشش سیلندر یک ردیفه موسوم به موتور فتح 160 در سال 1372 توسط استاد به همکاری آقای محمد حسن فرخ نیا در ساعت یک و نیم بعد از ظهر روز سه شنبه در آزمایشگاه دانشگاه علم و صنعت ایران روشن شده ومورد آزمایش قرار می گیرد.

کتاب حاضر مبانی و خمیرمایه طراحی و ساخت یک موتور پیستونی را پیش روی فراگیران قرار می دهد. در بیان مطالب بر سادگی و قابل فهم بودن آنها تاکید شده. بخش 1و2و3 از کتاب، شامل اصول و مبانی پایه، مقایسه انواع موتورها و نمونه مسایلی مرتبط با طراحی سینتیک و ترمودینامیک موتور طرح شده. در بقیه فصول به معرفی جنس اجزا، ارتباطات و نکات ریز مهندسی بر اساس شکل های ساده و قابل فهم پرداخته شده است.

کتاب حاضرحاصل تلاش سحرگاهی در جهت ترجمه و فهم اولین کتاب مرجع منتشر شده از نویسنده بوده است. اصل کتاب از کتابخانه دانشگاه صنعتی شریف بصورت امانت دریافت شده و تصاویر بصورت اسکن شده در دسترس قرار گرفته است. امید است این تلاش ناچیز خدمتی در جهت زیباتر دیده شدن دنیا باشد. جهت ارتقا سطح کیفی کتاب لطفا از طریق ایمیل asablueiran@yahoo.com ایرادات و اشکالات مورد نظر را با اینجانب در میان گذارید.

تابستان 1401

1-1 تعريف موتور احتراق-داخلی[1]

موتور پيستونی بعنوان يک موتور-گرمايی احتراق-داخلی[2] شناخته شده است. مفهوم موتور پيستونی اين است که مخلوط سوخت و هوای آماده بدرون سيلندر، جايی که متراکم شده و سپس می‌سوزد، تغذيه می‌شود. احتراق داخلی، انرژی گرمايی آزاد می‌کند که سبب تبديل آن به کار مکانيکی مفيد در فشار بالای گاز و ايجاد نيرو بر روی پيستون در مسير کورس خود در داخل سيلندر می‌شود. پس می‌توان گفت که يک موتور گرمايی، فقط يک مبدل انرژی[3] است.

برای اينکه حرکت پيستون تحت کنترل باشد نيروی اعمالی به پيستون توسط شاتون به ميل لنگ منتقل می‌شود و ميل لنگ وظيفه دارد حرکت خطی پيستون در سيلندر را به حرکت چرخشی تبديل نمايد (شکل 1-1). بنابراين حرکت پيستون می‌تواند از تکرار جابجايی آن به عقب و جلو تشکيل شده باشد که اين حرکت ناشی از محدوديت مسير دايره ای[4] است که لنگ متحرک ميل لنگ طی می‌کند.

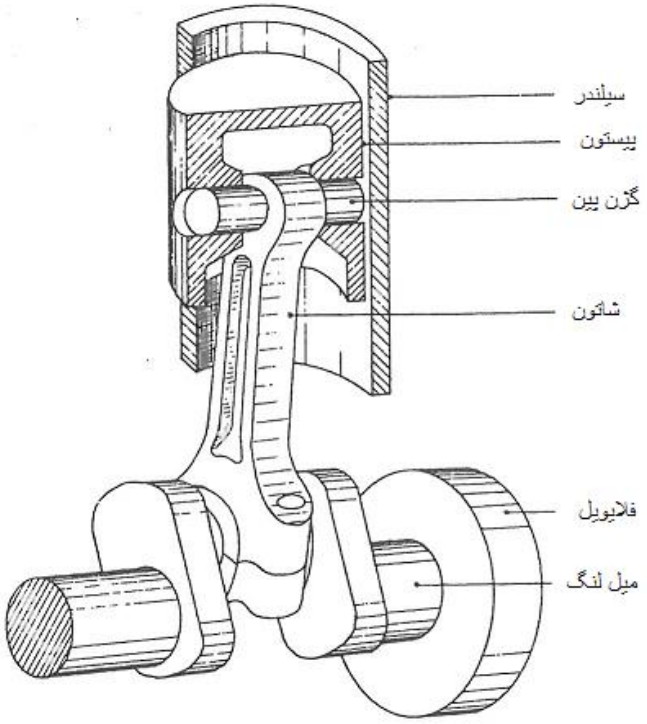
تغيير مکان پيستون به عقب و جلو، عموما منجر به حرکت رفت و برگشت پيستون می‌شود، بنابراين چنين واحدهای قدرتی "موتورهای رفت و برگشتی"[5] نيز ناميده می‌شوند.

1-1-1 اجزا و واحدهای موتور (شکل1-1 و1-2)

مشکل اصلی در درک ساختار موتور پيستونی رفت و برگشتی، توانايی شناخت و نام اجزا مختلف در واحد توليد قدرت می‌باشد. درادامه، شرح زير مختصرا، اجزا اصلی و نامهای تعيين شده برای آنها را توضيح می‌دهد.

---

[1] Internal-combustion engine
[2] Internal-combustion heat-engine
[3] Energy transformer
[4] Circular path
[5] Reciprocating engines



شكل 1-1 نماى مجسم يک موتور پايه

بلوكه سيلندر[1] بلوكه شامل يک ساختار ريخته گرى شده با سوراخهاى استوانه اى جهت هدايت و نگهدارى پيستون ها و كنترل گازهاى حاصل از احتراق مي‌باشد. همچنين، بلوكه پوششى از يک مايع خنک كننده را بدور پيستون ها فراهم مي‌سازد.

سرسيلندر[2] سرسيلندر يک ساختار ريخته گرى شده انتهاى احتراق در بلوكه سيلندر را احاطه كرده و شامل سوپاپ هاى ورود و خروج و مسيرهاى آنها

[1] Cylinder block
[2] Cylinder head

جهت ورود مخلوط سوخت و هوا و خروج گازهای سوخته شده حاصل از احتراق مي‌باشد.

محفظه لنگ[1] که با ساختار سخت ریخته گری مي‌تواند بعنوان محفظه و حفاظت کننده ی میل لنگ و یاتاقانها مطرح باشد. ممکن است در مواردی محفظه لنگ در اتصال با بلوکه سیلندر بصورت یکپارچه ریخته گری شود.

مخزن[2] از فولاد پرس شده و یا آلیاژآلومینیوم ساخته شده که زیر محفظه لنگ را احاطه کرده و منبعی را برای روغن کاری موتور فراهم مي‌آورد.

پیستون[3] پیستون یک هدایت کننده استوانه ای وابسته به فشار است که در معرض فشارگاز قرار مي‌گیرد. وظیفه آن تبدیل کردن فشار گازهای حاصل ازاحتراق درون سیلندر به یک نیروی متمرکز مطمن در امتداد شاتون مي‌باشد. بنابراین، پیستون لازم است بعنوان راهنمای سر-کوچک شاتون نیز عمل کند.

رینگ های پیستون[4] شامل رینگهای دایره ای هستند که فاصله های ایجاد شده بین پیستون وسیلندر را پر مي‌کنند. وظیفه آنها جلوگیری از نشت گاز و کنترل میزان روغن کاری است که اجازه مي‌یابد در حین حرکت خود به بالاترین نقطه در سیلندر برسد.

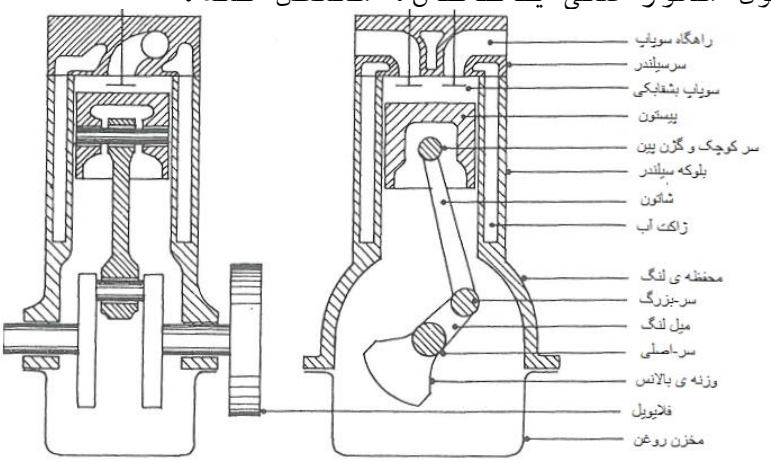
گژن-پین[5] این پین فشاراعمالی ازپیستون را به سر-کوچک شاتون انتقال مي‌دهد، ضمن اینکه به میله اجازه داده مي‌شود همزمان با چرخش میل لنگ مقداری به این طرف وآن طرف بچرخد.

شاتون[6] هم بعنوان یک میله و هم بعنوان بازوی اتصال عمل مي‌کند. این میله فشارخطی ضربه‌هاي وارد به پیستون را به یاتاقان سر-بزرگ میل

[1] crankcase
[2] sump
[3] piston
[4] Piston rings
[5] Gudgeon-pin
[6] Connecting-rod

لنگ انتقال مي‌دهد يعنی درست همان جايی كه فشار خطی به حركت چرخشی تبديل مي‌شود.

ميل لنگ[1] يک ميل لنگ ساده از محوری با مقاطع دايره ای تشكيل شده كه از طريق بازوهای لنگ عمودی به طرف دايره‌هاي خارج از مركز سر بزرگ ميل لنگ انحراف و اتصال يافته است. بخش غير خميده، محور ياتاقان‌هاي اصلی را فراهم آورده است. ميل لنگ بطور غير مستقيم از طريق شاتون به پيستون متصل شده است تا بتواند حركت خطی مستقيم پيستون را به حركت دورانی در ميل لنگ حول محوراصلی ياتاقان، منتقل كند.



شكل 1-2 نمای برش خورده از يک موتور پايه

محورهای ميل لنگ[2] شامل پينهای استوانه ای پرداخت شده با كيفيت بالا هستند كه موازی با محور مركزی و خارج از مركز ميل لنگ ماشين كاری شده اند. در زمان سوارشدن روی كار، اين محورها در ياتاقانهای نوع بوش صفحه ای در محفظه لنگ (ياتاقان‌هاي اصلی) و در يک سر شاتون (ياتاقان سر-بزرگ) قرار مي‌گيرند.

[1] crankshaft
[2] Crankshaft journals

سر-کوچک[1] این قسمت شامل اتصال لولایی ایجاد شده توسط گژن پین بین پیستون و شاتون می‌باشد بنابراین شاتون در زمان حرکت خود، به جلو و عقب نوسان یافته و نسبت به محور سیلندر آزاد است.

سر-بزرگ[2] این قسمت اتصال بین شاتون و محور سر-بزرگ میل لنگ می‌باشد که امکان حرکت زاویه ای نسبی بین دو جزء، در زمان چرخش موتور فراهم می‌سازد. **سرهای اصلی**[3] این قسمت شامل جفت‌هاي مالشی ایجاد شده بین محورهای اصلی میل لنگ و یاتاقانهای صفحه ای مربوطه نصب شده در محفظه لنگ می‌باشد.

خط کورس[4] مسیر مرکزی پیستون که در زمان تحت نیرو قرار گرفتن بدلیل قید یک درجه آزادی در دیواره سیلندر دنبال می‌شود، بنام "خط کورس" مشهور است.

نقاط مرگ داخلی و خارجی[5] زمانیکه بازوی لنگ و شاتون درامتداد خط کورس قرارمی‌گیرد، پیستون در یکی از دو موقعیت نهایی خود قرار دارد. اگر پیستون در نزدیکترین موقعیت خود به سرسیلندر باشد، گفته می‌شود لنگ و پیستون در نقطه مرگ داخلی (IDC) یا نقطه مرگ بالایی (TDC)[6] قرار دارد. زمانیکه پیستون در دورترین موقعیت خود از سرسیلندراست، گفته می‌شود که لنگ و پیستون در نقطه مرگ خارجی (ODC) یا نقطه مرگ پایینی(BDC) قراردارد. این نقاط مرجع جهت تنظیم زمانی سوپاپ با میل لنگ و همچنین جهت تنظیمات جرقه یا پاشش از اهمیت خاصی برخوردارند.

[1] Small-end
[2] Big-end
[3] Main-end
[4] Line of stroke
[5] Inner and outer dead centres
[6] Top and bottom dead centre

حجم آزاد[1] فضای بین سرسیلندر و تاج پیستون در TDC بعنوان حجم آزاد یا فضای محفظه احتراق شناخته می‌شود.

نیم-کورس[2] فاصله مرکز محور اصلی میل لنگ تا مرکز محور سر-بزرگ بعنوان نیم کورس شناخته می‌شود. این طول شعاعی در مزیت مکانیکی فشارگاز وارده به پیستون موثر است تا بتواند آنرا جهت چرخش میل لنگ بکار برد.

کورس پیستون[3] حرکت پیستون از نقطه مرگ پایین به نقطه مرگ بالا بعنوان "کورس پیستون" شناخته می‌شود که با نیم دورگردش میل لنگ یا 180° مطابقت دارد. همچنین معادل دو برابر نیم کورس است.

بنابراین کورس بلند یا کوتاه قادر هستند هر کدام حرکات کاملا متفاوتی را در میل لنگ ایجاد نمایند.

یعنی
L=2R،
که

L= کورس پیستون

و

R= نیم کورس

دهانه سیلندر[4] بلوکه سیلندر ابتدا با پرکردن فضای سیلندرها از دانه‌هاي ماسه ریخته گری می‌شود. پس از خارج ساختن دانه‌هاي ماسه، زبری سطح با ابزار برش تک نقطه ای که بطور شعاعی به انتهای یک میله چرخشی اتصال یافته، ماشین کاري مي شوند. تخلیه فلز اضافه از سوراخ

[1] Clearance valume
[2] Crank-throw
[3] Piston stroke
[4] Cylinder bore

معمولاً بنام دهانه سلیندر اندازه لازم شناخته مي شود.
بنابراین سوراخ استوانه ای پرداخت شده به دهانه سیلندر مشهور است، و قطر داخلی آن بسادگی بعنوان دهانه یا سایز دهانه شناخته مي‌شود.

1-1-2 سیکل چهارمرحله ای موتورجرقه ای(بنزینی) (شکل 1-3)

اولین موتور درون سوز که بطور موفقیت آمیزی در سیکل چهار مرحله ای از گاز بعنوان سوخت استفاده کرد در سال 1876 توسط "اگوست اتو" مهندس آلمانی در کارخانه "گس موتور فابریک دوتس" نزدیک شهر کلن که در سالهای زیادی بزرگترین سازنده موتورهای درون سوز در جهان بود، ساخته شد. یکی ازهمکاران اتو، "گتلیب دایملر" بود که بعدا موتوری جهت کار با بنزین را راه اندازی کرد که در حق امتیاز شماره 4315 در سال 1885 شرح آن آمده است. او همچنین در کاربرد آن برای موتور خودرو، پیشقدم بود.
موتورهای بنزینی، مستلزم ترکیب قابل اشتعالی از هوا و بنزین هستند که زمانیکه مخلوط فشرده شده است، توسط جرقه بموقع شمع مي‌سوزد. بنابراین این موتورها گاهی اوقات، موتورهای شمع دار جرقه ای (SI)[1] نامیده مي‌شوند.
این موتورها، مستلزم چهار کورس حرکت پیستون جهت یک چرخه کامل هستند: یک کورس مکش هوا و سوخت با حرکت بسمت خارج و دور شدن از سرسیلندر، یک جابجایی داخلی بسمت سرسیلندر جهت فشردن مخلوط، یک کورس قدرت بسمت بیرون، و یک کورس خروج گازهای سوخته شده بسمت داخل.
کورس مکش[2] (شکل 1-3(a)) سوپاپ ورودی باز و سوپاپ خروجی بسته است. پیستون با دورشدن از سرسیلندر، بسمت پایین حرکت مي‌کند (شکل 1-3(a)).

[1] spark-ignition engine
[2] Induction stroke

سرعت پيستون حركت در امتداد سيلندر، كاهش فشار خلاءی را ايجاد مي‌كند، كه به حداكثر 0.3 bar زير فشار جو مي‌رسد كه چنين كاهش فشاری در يک سوم از شروع كورس پستون اتفاق مي‌افتد. فشار واقعی توليد شده به سرعت و بار موتور تحت بررسی بستگی دارد، مقدار ميانگين اين فشار بايد اجبارا تا 0.12 bar زير فشار جو باشد. اين كاهش فشار باعث مي‌شود مخلوط تازه ای از هوا و بنزين با نسبت متغير 10 تا 17 قسمت هوا و يک قسمت بنزين از نظر وزنی وارد موتور شود.
موتوری كه با اين روش مخلوط تازه را بدرون سيلندر مي‌كشد بنام موتور "تنفس معمولي" يا "تنفس طبيعی"[1] خوانده مي‌شود.

كورس تراكم[2] (شكل 3(b)-1) هم سوپاپهای ورودی و هم سوپاپهای مكش، هر دو بسته هستند. پيستون شروع به صعود بسمت سرسيلندر (شكل 3(b)-1) مي‌كند. مخلوط سوخت وهوا هر لحظه متداوماً از يک هشتم تا يک دهم از حجم اوليه سيلندر و سرسيلندر متراكم مي‌شود. اين تراكم، مولكولهای هوا و بنزين اتميزه شده را بهم فشرده مي‌كند و نه تنها فشار مخلوط در سيلندر افزايش مي‌يابد، بلكه دما هم بالا مي رود. حداكثر فشار تراكم در سيلندر درحالت دريچه گاز باز و موتور تحت بار، دامنه ای بين 8 تا 14 bar خواهد داشت.

كورس توان[3] (شكل 3(c)-1) هم سوپاپهای ورودی و هم خروجی بسته است و فقط اندكی قبل از آنكه پيستون به بالای كورس خود در مرحله تراكم نزديک شود، شمع، مخلوط قابل احتراق بهم فشرده را آتش می زند (شكل 3(c)-1). زمانيكه پيستون به داخلی ترين نقطه در كورس مربوطه مي‌رسد، مخلوط شروع به سوختن مي كند و اين پديده با توليد حرارت و افزايش فشار در سيلندر همراه است و تا زمانی كه نيروهای گاز از مقاومت بار

[1] Naturally aspirated
[2] Compression stroke
[3] Power stroke

گازهای سوخته شده بالاتر باشد انبساط یافته، مسیرحرکت پیستون را عوض مي کند و آنرا به انتهای کورس خود هل مي‌دهد.