

با نام و یاد او که هرچه هست از اوست

طراحی موتورهای پیستونی

تألیف

مهندس مهدی خاران



سرشناسه	: خرازان، مهدی، ۱۳۵۳ -
عنوان و نام پدیدآور	: تکنولوژی خودرو/ تألیف مهدی خرازان.
مشخصات نشر	: مشهد: نشر نما: جهان فردا، ۱۳۸۷ -
مشخصات ظاهری	: ج.: مصور، جدول، نمودار.
شابک	: ۳۰۰۰۰ ریال: ج. ۱: 978-600-5068-01-6 : ۳۰۰۰۰ ریال: ج. ۲: 978-600-5068-10-8 : ج. ۳: 978-600-5068-92-4 : ۳۰۰۰۰ ریال: ج. ۴: 978-600-5068-31-3 : ۲۵۰۰۰ ریال (ج. ۲، چاپ اول): ۲۵۰۰۰ ریال: ج. ۵: 978-600-5068-15-3 : ۲۵۰۰۰ ریال: ج. ۶: 978-600-217-011-8 : ۱۲۰۰۰۰ ریال: ج. ۷: 978-600-217-026-2
وضعیت فهرست نویسی	: برونسپاری (فاها)
یادداشت	: کتاب حاضر از جلد ششم به بعد تحت عنوان "مهندسی تکنولوژی خودرو" در مقطع کارشناسی منتشر خواهد شد.
یادداشت	: ج. ۲ و ۵ (چاپ اول: ۱۳۸۷).
یادداشت	: ج. ۶ (چاپ اول: ۱۳۹۰).
یادداشت	: ج. ۷ (چاپ اول: ۱۳۹۱) (فیبا).
یادداشت	: واژه نامه.
مندرجات	: ۱. ج. - مبانی و بدنه خودرو - ج. ۲. مولد قدرت خودرو - ج. ۳. سوخت رسانی خودرو - ج. ۴. انتقال قدرت خودرو - ج. ۵. دستگاههای الکتریکی خودرو - ج. ۶. تئوری حرکت خودرو - ج. ۷. طراحی موتورهای پیستونی
عنوان دیگر	: مهندسی تکنولوژی خودرو.
موضوع	: اتومبیل، مکانیک
موضوع	: اتومبیل ها - بحورهای انتقال قدرت
رده بندی کنگره	: ۱۳۸۷ خ/۵/۳۷۲
رده بندی دیویی	: ۶۲۹/۲۸۷
شماره کتابشناسی ملی	: ۱۵۰۶۹۰۶



نشرجهان فردا



انتشارات نما

انتشارات نما، مشهد، تلفن ۸۴۰۷۹۹۵ - تهران، تلفن ۶۶۴۶۴۵۹۳

<http://www.namapub.ir>

E-mail: info@namapub.ir

نام کتاب: طراحی موتورهای پیستونی (مهندسی تکنولوژی خودرو - جلد هفتم)

مؤلف: مهندس مهدی خرازان

ویراستار: دکتر نیما راسخ صالح - دکتر ناصر صابری

شمارگان: ۲۰۰۰ نسخه

چاپ اول: بهار ۱۳۹۲ - ۳۵۲ صفحه وزیری

چاپ و صحافی: دانشگاه فردوسی

قیمت: ۱۴۰۰۰ تومان

شابک: ۹۶۴-۶۰۰-۲۱۷-۰۲۶-۲ (ISBN: 978-600-217-026-2)

حق چاپ محفوظ است

مرکز پخش: تهران - انقلاب، خیابان اردیبهشت - کوچه وحید شماره ۵ تلفاکس ۶۶۴۶۴۵۹۳

مرکز پخش: مشهد: قاسم آباد - استاد یوسفی ۱۷ - کتاب جهان نما تلفاکس ۶۶۲۸۲۲۵

فهرست

پیشگفتار	۱۰
مقدمه	۱۱
فصل اول: موتورهای احتراقی	۱۳
۱-۱- تعریف موتور احتراقی	۱۳
۲-۱- تاریخچه موتورهای احتراقی	۱۴
۳-۱- انواع موتورهای احتراقی	۱۵
۴-۱- موتورهای احتراق داخلی پیستونی	۱۷
۵-۱- موتورهای احتراق داخلی دوار	۱۸
۶-۱- موتورهای احتراق خارجی پیستونی	۲۲
۷-۱- موتورهای احتراق خارجی دوار	۲۴
فصل دوم: موتورهای اشتعال - جرقه‌ای	۳۰
۱-۲- مقدمه	۳۰
۲-۲- عملکرد موتورهای اشتعال جرقه‌ای	۳۰
۳-۲- چرخه اتو	۳۲
۴-۲- عدد اکتان	۳۴
۵-۲- پدیده خودسوزی	۳۵
۶-۲- سوخت موتورهای اشتعال - جرقه‌ای	۳۷
۷-۲- سیستم سوخت رسانی موتورهای اشتعال - جرقه‌ای	۳۸
۸-۲- احتراق در موتورهای اشتعال - جرقه‌ای	۴۱

فصل سوم: موتورهای اشتعال - تراکمی (موتور دیزل)

- ۳-۱- مقدمه ۴۳
- ۳-۲- عملکرد موتورهای اشتعال - تراکمی ۴۵
- ۳-۳- چرخه دیزل ۴۶
- ۳-۴- عدد ستان ۴۷
- ۳-۵- سوخت موتورهای اشتعال - تراکمی ۴۸
- ۳-۶- سیستم سوخت رسانی موتورهای اشتعال - تراکمی ۴۹
- ۳-۷- احتراق در موتورهای اشتعال - تراکمی ۵۲
- ۳-۸- مقایسه موتورهای دیزلی و تراکمی ۵۴

فصل چهارم: طراحی ساختار کلی موتور

- ۴-۱- روند طراحی موتور ۵۶
- ۴-۲- طراحی ساختار موتور ۵۷
- ۴-۳- طراحی حجم موتور ۶۱
- ۴-۴- جهت چرخش موتور ۶۲
- ۴-۵- نحوه شماره گذاری سیلندرها ۶۲
- ۴-۶- ترتیب احتراق سیلندرها (وایرچینی) ۶۴
- ۴-۷- جوانب مختلف در طراحی موتور ۶۵

فصل پنجم: طراحی ابعادی و حجم موتور

- ۵-۱- مقدمه ۶۹
- ۵-۲- کورس پیستون و نقاط مرگ آن ۷۰
- ۵-۳- حجم مفید سیلندر (حجم جابه جایی) (V_s) ۷۰
- ۵-۴- حجم تراکم (V_c) ۷۱
- ۵-۵- حجم کل سیلندر (V_i) ۷۲
- ۵-۶- حجم مفید موتور (V_g) ۷۲
- ۵-۷- نسبت تراکم (R_c) ۷۲

۸-۵- تعمیرات موتور و تأثیر آن بر نسبت تراکم ۷۴

۹-۵- راندمان حجمی موتور ۸۲

فصل ششم: طراحی سینماتیکی مکانیزم‌های حرکتی موتور ۸۳

۱-۶- مقدمه ۸۳

۲-۶- سرعت پیستون ۸۴

۳-۶- سرعت گردش میل لنگ ۸۵

۴-۶- ارتباط حرکت پیستون با زاویه گردش میل لنگ ۸۸

۵-۶- محاسبه سرعت اجزای مکانیزم پیستون و میل لنگ ۹۱

۶-۶- محاسبه شتاب اجزای مکانیزم پیستون و میل لنگ ۹۵

۷-۶- سینماتیک مکانیزم سوپاپ‌ها ۹۹

۸-۶- طراحی بادامک ۱۰۰

۹-۶- سینماتیک سیستم تایمینگ ۱۰۴

۱۰-۶- زمان بندی سوپاپ‌ها ۱۰۶

فصل هفتم: طراحی قدرت و کارایی موتور ۱۰۸

۱-۷- مقدمه ۱۰۸

۲-۷- کار انجام شده توسط موتور ۱۰۸

۳-۷- توان موتور ۱۱۰

۴-۷- توان اندیکاتوری (P_i) ۱۱۴

۵-۷- توان ترمزی (P_b) ۱۱۶

۶-۷- دینامومتر ۱۱۶

۷-۷- توان اصطکاکی (P_f) ۱۱۸

۸-۷- روش‌های اندازه‌گیری توان اصطکاکی ۱۱۹

۹-۷- گشتاور موتور ۱۲۰

۱۰-۷- رابطه گشتاور و توان موتور ۱۲۲

۱۱-۷- منحنی مشخصه موتور ۱۲۵

۱۲۶	۱۲-۷- کارآیی موتور (راندمان).....
۱۲۸	۱۳-۷- پارامترهای مؤثر در کارایی موتور.....
۱۳۴	فصل هشتم: طراحی ترمودینامیکی موتور
۱۳۴	۱-۸- مقدمه.....
۱۳۴	۲-۸- قانون عمومی گازها.....
۱۳۶	۳-۸- محدودیت‌های قانون عمومی گازها.....
۱۳۹	۴-۸- ظرفیت گرمایی ویژه.....
۱۴۰	۵-۸- انرژی حرارتی انتقال یافته.....
۱۴۲	۶-۸- کار ترمودینامیکی.....
۱۴۴	۷-۸- انرژی‌های سیستم.....
۱۴۵	۸-۸- قانون اول ترمودینامیک.....
۱۴۵	۹-۸- فرآیند حجم ثابت.....
۱۴۵	۱۰-۸- فرآیند فشار ثابت.....
۱۴۶	۱۱-۸- فرآیند هم‌دما (دما ثابت).....
۱۴۸	۱۲-۸- فرآیند آدیاباتیک (بی‌دررو).....
۱۴۹	۱۳-۸- فرآیند پلی‌تروپیک.....
۱۵۱	۱۴-۸- ارتباط بین کمیت‌های ترمودینامیکی در یک فرآیند پلی‌تروپیک.....
۱۵۲	۱۵-۸- نسبت تراکم.....
۱۵۳	۱۶-۸- مقدار کار انجام شده در فرآیند تراکم و یا انبساط.....
۱۵۷	۱۷-۸- تحلیل فرآیندهای چرخه موتور.....
۱۵۷	۱۸-۸- چرخه اتو.....
۱۶۱	۱۹-۸- چرخه دیزل.....
۱۶۵	۲۰-۸- چرخه دوگانه.....
۱۸۰	فصل نهم: طراحی سیالاتی موتور
۱۸۰	۱-۹- مقدمه.....

۱۸۱	۲-۹ عوامل مؤثر در ورود هوا و سوخت
۱۸۵	۳-۹ طراحی سوپاپ
۱۹۳	۴-۹ طراحی انژکتور
۱۹۶	۵-۹ هوا و سوخت مورد نیاز در هر پاشش انژکتور
۱۹۷	۶-۹ زمان و نرخ پاشش انژکتور
۱۹۷	۷-۹ مصرف سوخت موتور
۱۹۹	۸-۹ جریان سیال در محفظه احتراق
۲۰۳	۹-۹ چرخش جریان
۲۰۶	۱۰-۹ طراحی محفظه احتراق
۲۱۰	۱۱-۹ انواع محفظه احتراق
۲۱۳	۱۲-۹ فرآیند احتراق
۲۱۴	۱۳-۹ جریان خروج گازها
۲۱۶	۱۴-۹ طراحی سوپاپ دود

فصل دهم: طراحی سیستم روغنکاری موتور

۲۱۸	۱-۱۰ دلایل روغنکاری
۲۱۹	۲-۱۰ اصول روغنکاری
۲۲۰	۳-۱۰ سیستم روغنکاری موتور
۲۲۱	۴-۱۰ قطعات سیستم روغنکاری
۲۲۶	۵-۱۰ مشخصات روغن
۲۳۱	۶-۱۰ انواع روغن های مصرفی در خودرو
۲۳۲	۷-۱۰ طبقه بندی روغن موتور ها
۲۳۳	۸-۱۰ روغن های مصرفی برای موتور های بنزینی
۲۳۵	۹-۱۰ روغن های مصرفی برای موتور های دیزل
۲۳۶	۱۰-۱۰ تلفات اصطکاکی
۲۳۷	۱۱-۱۰ یاتاقان
۲۳۹	۱۲-۱۰ ویژگی های یاتاقان

۱۰-۱۳- طراحی یاناقان ۲۴۰

فصل یازدهم: طراحی سیستم خنک کاری موتور ۲۴۲

۱-۱۱- دلایل نیاز به سیستم خنک کاری ۲۴۲

۲-۱۱- وظایف سیستم خنک کاری ۲۴۴

۳-۱۱- انواع سیستم های خنک کاری موتور ۲۴۵

۴-۱۱- اجزای سیستم خنک کاری موتور ۲۴۷

۵-۱۱- ضد یخ ۲۵۶

۶-۱۱- انرژی حرارتی حاصل از احتراق ۲۵۸

۷-۱۱- محاسبه توان مفید موتور ۲۵۹

۸-۱۱- محاسبه سوخت مصرفی ۲۶۰

۹-۱۱- محاسبه حرارت تلف شده توسط سیستم خنک کاری ۲۶۱

۱۰-۱۱- محاسبه حجم آب مورد نیاز برای سیستم خنک کاری ۲۶۲

فصل دوازدهم: طراحی قطعات موتور ۲۶۵

۱-۱۲- مقدمه ۲۶۵

۲-۱۲- طراحی شکل کلی قطعه ۲۶۶

۳-۱۲- طراحی مکانیزم عملکردی و تحلیل سینماتیکی ۲۶۶

۴-۱۲- تحلیل دینامیکی قطعه ۲۶۶

۵-۱۲- تحلیل استحکامی قطعه ۲۶۷

۶-۱۲- انتخاب جنس قطعه ۲۶۸

۷-۱۲- فرآیند تولید قطعه ۲۶۸

۸-۱۲- طراحی بدنه موتور ۲۶۹

۹-۱۲- طراحی پیستون ۲۷۱

۱۰-۱۲- طراحی شاتون ۲۷۷

۱۱-۱۲- طراحی میل لنگ ۲۷۹

۱۲-۱۲- طراحی فلایویل ۲۸۵

۲۸۷	۱۳-۱۲- طراحی سوپاپ
۲۸۹	۱۴-۱۲- طراحی مکانیزم سوپاپ‌ها
۲۹۲	۱۵-۱۲- طراحی دسته موتور

فصل سیزدهم: تکنولوژی‌های پیشرفته موتور

۲۹۴	۱-۱۳- مقدمه
۲۹۵	۲-۱۳- سیستم‌های کنترل‌کننده موتور
۲۹۷	۳-۱۳- سنسورهای موتور
۳۰۷	۴-۱۳- عملگرهای موتور
۳۱۳	۵-۱۳- زمان‌بندی سوپاپ متغیر
۳۱۵	۶-۱۳- موتور با نسبت تراکم متغیر (VCR)
۳۱۸	۷-۱۳- موتور با تعداد سیلندر متغیر
۳۱۹	۸-۱۳- سوپرشارژ
۳۲۱	۹-۱۳- توربوشارژ
۳۲۳	۱۰-۱۳- اینترکولر
۳۲۴	۱۱-۱۳- افترکولر
۳۲۵	۱۲-۱۳- آلایندگی موتور و استانداردهای یورو
۳۲۸	۱۳-۱۳- سیستم بازخورانی گازهای خروجی (EGR)
۳۳۱	۱۴-۱۳- سیستم کاهش دهنده آلایندگی (SCR)

۳۳۵	واژه نامه
-----	-----------

به نام آفریدگار هستی بخش

پیشگفتار

با سپاسی فراوان تر از گذشته بر خداوندی که آفریننده ی من، روزی دهنده من، هدایت گر من و یاری دهنده من در تمامی امور است. هیچ کاری میسر نگردید، مگر آنکه او هدایت گر و یاری دهنده بود.

به فضل الهی در ادامه پنج جلدی که در محث «تکنولوژی خودرو» نگاشته شده و به تشریح سیستم های مختلف خودرو پرداخته بود، کتاب های دیگری با عنوان «مهندسی تکنولوژی خودرو» به رشته تحریر در آمده است. سری جدید کتاب ها که از جلد ۶ به بعد است، از سطح بالاتری برخوردار بوده و به اصول طراحی و مبانی تحلیلی پرداخته است. به طوری که مناسب دانشجویان مقطع کارشناسی مهندسی خودرو بوده و بر اساس سرفصل دروس مربوطه طراحی شده است.

این مجموعه کتاب که چکیده سال ها مطالعه، تحقیق، تدریس و تجربه صنعتی است، تحفه ناچیز دیگری است که به دانش پژوهان، طراحان، صنعت گران، دانشجویان و اساتید رشته مهندسی خودرو و محققان علوم خودرویی تقدیم می گردد. امید است که تلاش های ناچیز این حقیر مقبول افتد.

این کار عظیم از من حقیر حاصل نشد، مگر با لطف و عنایت الهی و همراهی های همسری مهربان و دلسوز که همواره مشوق من بوده است. بر خود واجب می دانم که قدردانی خود را از بابت تمام همدلی ها و همراهی هایش ابراز دارم. باشد که سپاسگزار خداوند مهربان و تمامی آنانی که مرا یاری نموده اند، باشم.

همچون همیشه مایه سرافرازی است اگر اساتید و دانشجویان مرا از نظرات و پیشنهادات خود بهره مند سازند.

مهدی خرازان

کارشناس ارشد مهندسی مکانیک

مقدمه

موتورهای پیستونی یکی از متداول‌ترین و پرکاربردترین انواع موتورهای احتراقی می‌باشند که تقریباً در تمام خودروها مورد استفاده قرار گرفته‌اند. با توجه به این جایگاه ویژه و اهمیتی که این گروه از موتورها (مخصوصاً در خودرو) دارند، در این کتاب به‌طور مفصل به توصیف این گروه از موتورها و روند طراحی آنها پرداخته شده است.

در اولین فصل کتاب به معرفی اجمالی انواع مختلف موتورهای احتراقی و دسته‌بندی آنها پرداخته شده است. عنوان موتور احتراقی به کلیه موتورهای احتراقی می‌گردد که توسط فرآیند احتراق می‌توانند انرژی شیمیایی نهفته در سوخت را به انرژی حرارتی و سپس به قدرت مکانیکی تبدیل نمایند. معمولاً سوخت مورد استفاده در این گروه از موتورها، یکی از مشتقات نفت خام همچون، بنزین، گازوئیل، گاز طبیعی، گاز مایع و... می‌باشد.

موتورهای پیستونی مورد استفاده در خودروها به دو گروه کلی تقسیم‌بندی می‌شوند. یک گروه از آنها که با نام موتورهای اشتعال سبزه‌ای شناخته شده‌اند، بیشتر در خودروهای سواری که با سوخت بنزین و یا گاز کار می‌نمایند، کاربرد دارند و گروه دوم که موتورهای اشتعال - تراکمی (دیزل) می‌باشند، بیشتر در خودروهای سنگین مورد استفاده بوده و با سوخت گازوئیل کار می‌کنند. در فصل دوم به معرفی موتورهای اشتعال سبزه‌ای و در فصل سوم به معرفی موتورهای اشتعال - تراکمی (دیزل) پرداخته شده است.

فصل چهارم به مفهوم طراحی موتور و طراحی ساختار کلی آن اختصاص دارد. در این فصل به معرفی جوانب مختلف طراحی که لازم است در طراحی موتور لحاظ گردد، پرداخته شده است. هر یک از این

جوانب در فصل‌های بعدی به صورت ویژه و در فصلی جداگانه مورد بررسی قرار گرفته است. در فصل پنجم به طراحی موتور از لحاظ ابعادی و حجم موتور پرداخته شده است. فصل ششم مربوط به طراحی سینماتیکی مکانیزم‌های حرکتی موتور است. در فصل هفتم، طراحی قدرت و کارایی موتور موضوع بحث است. در فصل هشتم، موتور از لحاظ ترمودینامیکی و در فصل نهم از لحاظ سیالانی طراحی شده است. فصل دهم در مورد طراحی سیستم روغن کاری موتور و فصل یازدهم در مورد سیستم خنک کاری موتور است. در فصل دوازدهم نیز به توضیحاتی در خصوص طراحی قطعات موتور پرداخته شده است.

فصل سیزدهم نیز که آخرین فصل کتاب است، به معرفی برخی از تکنولوژی‌های پیشرفته مورد استفاده در خودروهای امروزی پرداخته است.

مهدی خرازان

کارشناس ارشد مهندسی مکانیک

www.ketaboo.ir