

انتقال حرارت

در موتورهای احتراق داخلی

www.ketab.ir



سرشناسه: کشاورز ولیان، علی، ۱۳۳۶ -

عنوان و نام پدیدآور: انتقال حرارت در موتورهای احتراق داخلی/تألیف علی کشاورزولیان، علی قاسمیان مقدم.

مشخصات نشر: تهران: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، انتشارات، ۱۳۹۶

مشخصات ظاهری: ۳۶۵ ص.: مصور، جدول، نمودار.

ISBN: 978-600-6383-50-7

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۶۳۸۳-۵۰-۷

شابک: 978-600-6383-50-7

وضعیت فهرست نویسی: فیپا

یادداشت: واژه‌نامه

موضوع: موتورهای درونسوز

موضوع: گرما -- انتقال

موضوع: سیالات -- دینامیک

شناسه افزوده: قاسمیان مقدم، علی، ۱۳۶۱ -

رده بندی کنگره: ۱۳۹۵ ۸ الف ۵۵/ک ۲۱۷۵۵

رده بندی دیویی: ۴۳/۶۲۱

شماره کتابشناسی ملی: ۳۳۰۶۶۳۵

<http://press.kntu.ac.ir>



ناشر: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

عنوان: انتقال حرارت در موتورهای احتراق داخلی

تألیف: دکتر علی کشاورزولیان، مهندس علی قاسمیان مقدم

نوبت چاپ: سوم

تاریخ انتشار: دی ۱۴۰۲، تهران

شمارگان: ۲۰۰ نسخه

چاپ و صحافی: آرمانسا

قیمت: ۲۹۲,۰۰۰ تومان

(تمام حقوق برای ناشر محفوظ است)

خیابان میرداماد غربی - پلاک ۴۷۰ - انتشارات دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی - تلفن: ۸۸۸۸۱۰۵۲

میدان ونک - خیابان ولی عصر (ع) - بالاتر از چهارراه میرداماد - پلاک ۲۶۲۶ - مرکز پخش و فروش انتشارات

تلفن: ۸۸۷۷۲۲۷۷ رایانامه: press@kntu.ac.ir - تارنما (فروش آنلاین): www.press.kntu.ac.ir

امروزه موتورهای احتراق داخلی بخش قابل توجهی از فعالیتهای دانشگاهی و صنعتی دنیا و همچنین کشور عزیزمان ایران را تشکیل می‌دهد. با وجود کاربردهای فراوان موتورهای احتراق داخلی، طراحی و ساخت این موتورها دارای پیچیدگی‌های عمده‌ای است؛ به گونه‌ای که تکنولوژی و دانش فنی طراحی و ساخت آن از نقطه‌ی صفر طراحی تا لحظه‌ی نصب آن بر روی خودرو در اختیار کشورهای معدودی در سطح دنیا قرار دارد. مطالعه‌ی تاریخچه‌ی پژوهش‌ها و کتب موجود در این زمینه نشان می‌دهد که بخش اعظم تلاش‌های محققین در زمینه‌ی موتورهای احتراق داخلی معطوف به بخش احتراق و تولید توان آن بوده و جنبه‌ی انتقال حرارت این موتورها که اتفاقاً از منظر انرژی هم‌سنگ بخش تولید توان است تا حد زیادی مغفول مانده است. این کتاب بر آن است تا با پرداختن به این موضوع، خلاء موجود در این بخش را پر کرده و بدین وسیله گامی را در راستای پیشبرد اهداف جامعه‌ی علمی و صنعتی فعال در این زمینه بردارد.

در یک نگاه کلی این کتاب در هشت فصل تنظیم شده است. بخش اول مقدمه‌ای از ماهیت انتقال حرارت در موتورهای احتراق داخلی و اهمیت آن در این موتورها ارائه می‌کند. بخش‌های دوم و سوم و چهارم به ترتیب در مورد سه مؤلفه‌ی انتقال حرارت رسانش، جابه‌جایی و تشعشع در موتورهای احتراق داخلی بحث می‌کنند. در فصل پنجم اجزای سیستم خنک‌کاری معرفی می‌شود. فصل ششم به بحث پیرامون انتقال حرارت در موتورهای احتراق داخلی اختصاص دارد. فصل هفتم به بررسی سیستم‌های خنک‌کاری نوین می‌پردازد و نهایتاً در فصل هشتم روش‌های آزمایشگاهی اندازه‌گیری انتقال حرارت در موتورهای احتراق داخلی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

کتابی که اکنون پیش رو دارید حاصل چندین سال تحقیق و تدریس دانشگاهی و تجربه‌ی صنعتی در زمینه‌ی انتقال حرارت در موتورهای احتراق داخلی است. بی‌شک این کتاب بدون زحمت همکاران بزرگوار و دانشجویان عزیزی که بخش‌هایی از آن را در قالب پروژه‌های دانشگاهی و درسی انجام داده‌اند حاصل نمی‌شد. از این رو بر خود لازم می‌دانیم که از همه‌ی عزیزانی که بخش‌هایی از این کتاب را به نحوی از انحاء به دوش کشیده‌اند تشکر ویژه نماییم. شایسته‌تر آن بود که در اینجا از این بزرگواران نام برده شود؛ ولیکن به دلیل بیم از قلم افتادن، از ذکر نام تک تک آنها خودداری می‌گردد.

همان‌گونه که پیش از این نیز عنوان شد از آنجایی که این کتاب را می‌توان به‌نوعی اولین کتاب پیرامون مباحث انتقال حرارت در موتورهای احتراق داخلی دانست، ناگزیر دارای کاستی‌هایی در این زمینه خواهد بود. نویسندگان این کتاب مشتاقانه از نظرات، پیشنهادات و نقدهای علمی پژوهشگران، مدرسین، صنعتگران و دانشجویان عزیز فعال در این زمینه در راستای غنای علمی کتاب استقبال می‌کنند.

علی کشاورز - استاد دانشکده مهندسی مکانیک

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

keshavarz@kntu.ac.ir

علی قاسمیان - استادیار دانشکده مهندسی خودرو

دانشگاه علم و صنعت ایران

aghasemian@dena.kntu.ac.ir

www.ketab.ir

۱

۱-۱- اهمیت انتقال حرارت در موتورهای احتراق داخلی..... ۳

۱-۱-۱- محافظت از مواد به کار رفته در بخش های حساس موتور با توجه به محدودیت های طراحی مواد ۳

۱-۱-۲- بهبود عملکرد موتور..... ۴

۱-۱-۳- بهبود عملکرد روغنکاری..... ۵

۱-۱-۴- کاهش سطح آلاینده ها..... ۵

۲-۱- روش های انتقال حرارت در موتورهای احتراق داخلی..... ۷

۲-۱-۱- هدایت..... ۷

۲-۱-۲- جابه جایی..... ۸

۲-۱-۳- تشعشع..... ۱۰

۳-۱- فرآیند انتقال حرارت در موتور..... ۱۱

۴-۱- توازن انرژی در موتورهای احتراق داخلی..... ۱۴

۵-۱- استفاده از مقاومت حرارتی در حل مسائل انتقال حرارت..... ۱۹

۵-۱-۱- مقاومت حرارتی رسانش..... ۱۹

۵-۱-۲- مقاومت حرارتی جابه جایی..... ۲۰

۶-۱- انتقال حرارت در بخش های مختلف موتور..... ۲۳

۶-۱-۱- سیستم ورودی یا مکش..... ۲۳

۶-۱-۲- انتقال حرارت در محفظه ی احتراق..... ۲۵

۶-۱-۳- انتقال حرارت در سیستم گازهای خروجی..... ۳۱

۷-۱- عوامل مؤثر بر انتقال حرارت در موتورهای احتراق داخلی..... ۳۲

۷-۱-۱- ابعاد موتور..... ۳۳

۷-۱-۲- سرعت موتور..... ۳۴

۷-۱-۳- بار موتور..... ۳۷

۷-۱-۴- زمان بندی جرقه و یا زمان بندی سوخت پاشی..... ۳۹

۷-۱-۵- نسبت تراکم..... ۴۰

- ۴۱ ۱-۷-۶- نسبت هم ارزی سوخت
- ۴۱ ۱-۷-۷- دما و ترکیبات سیال خنک کن
- ۴۳ ۱-۷-۸- جنس دیواره و رسوبات موجود روی آن
- ۴۵ ۱-۷-۹- دمای مخلوط ورودی
- ۴۵ ۱-۷-۱۰- ضربه
- ۴۵ ۱-۷-۱۱- چرخش و لهیدگی
- ۴۶ ۱-۸- انتقال حرارت گذرا در موتورهای احتراق داخلی
- ۴۹ مسائل فصل اول

فصل دوم- رسانش ۵۳

- ۵۵ ۲-۱- مقدمه‌ای بر انتقال حرارت هدایت
- ۵۷ ۲-۲- معادله‌ی انرژی، رسانش در مختصات کارتزین، استوانه‌ای و کروی
- ۵۷ ۲-۲-۱- مختصات کارتزین
- ۵۸ ۲-۲-۲- مختصات استوانه‌ای
- ۵۸ ۲-۲-۳- مختصات کروی
- ۶۰ ۲-۲-۴- شرایط اولیه و مرزی
- ۶۲ ۲-۳- انتقال حرارت یک بعدی
- ۶۴ ۲-۳-۱- شبیه سازی مسایل انتقال حرارت تک بعدی با مقاومت حرارتی معادل
- ۶۷ ۲-۴- روش‌های فرموله کردن مسایل
- ۶۸ ۲-۴-۱- روش ظرفیت فشرده
- ۶۹ ۲-۴-۲- روش دیفرانسیلی
- ۷۱ ۲-۵- سطوح گسترش یافته، پره‌ها
- ۷۳ ۲-۵-۱- پره با سطح مقطع ثابت
- ۷۷ ۲-۵-۲- نکاتی پیرامون پره‌ها
- ۷۸ ۲-۵-۳- مقدمه‌ای بر توابع بسل
- ۸۳ ۲-۵-۴- پره‌های با سطح مقطع متغیر
- ۸۷ ۲-۵-۵- حل مسایل پره به کمک مقاومت‌های معادل
- ۹۰ ۲-۶- انتقال حرارت رسانشی در موتور

فصل سوم - جابه‌جایی ۹۹

۳-۱- انتقال حرارت جابه‌جایی و اقسام آن ۱۰۱

۳-۲- اهمیت انتقال حرارت جابه‌جایی در موتورهای احتراق داخلی ۱۰۲

۳-۳- روابط کلی در انتقال حرارت جابه‌جایی ۱۰۲

۳-۴- محاسبه ضریب انتقال حرارت جابه‌جایی داخل سیلندر ۱۰۳

۳-۴-۱- روش تیلور ۱۰۵

۳-۴-۲- روش آناند ۱۰۶

۳-۴-۳- روش وشنی ۱۰۷

۳-۴-۴- رابطه ایچلبرگ ۱۱۰

۳-۴-۵- رابطه هوهنبرگ ۱۱۱

۳-۴-۶- ضریب انتقال حرارت جابه‌جایی در موتورهای HCCI ۱۱۳

۳-۴-۷- اثر تغییر پارامترهای مختلف بر ضریب انتقال حرارت و شار حرارتی ۱۱۳

۳-۵- انتقال حرارت گازهای خروجی موتور ۱۱۶

۳-۶- ضریب انتقال حرارت در داخل مسیر خنک‌کاری ۱۱۹

۳-۷- ضریب انتقال حرارت جابه‌جایی هوای بیرون از موتور با سطح بیرونی سیلندر و سرسیلندر ۱۲۰

مسایل فصل ۳ ۱۲۴

فصل چهارم - تشعشع ۱۲۷

۴-۱- تشعشع ۱۲۹

۴-۲- تابش جسم سیاه ۱۳۱

۴-۳- صدور تابش از سطوح واقعی ۱۳۶

۴-۴- تابش ورودی ۱۳۸

۴-۵- ضریب شکل ۱۴۱

۴-۶- صدور و جذب تابش توسط گازها ۱۴۲

۴-۷- تشعشع در موتورهای احتراق داخلی ۱۴۷

۴-۷-۱- تشعشع از دیواره‌های موتور به محیط ۱۴۸

۴-۷-۲- سپرهای تشعشعی ۱۴۹

۱۵۰ ۴-۷-۳- تشعشع گازهای احتراقی به دیواره

۱۶۱ فصل پنجم- اجزای سیستم‌های خنک‌کاری

۱۶۳ ۵-۱- انواع سیستم‌های خنک‌کاری

۱۶۴ ۵-۲- سیستم خنک‌کاری با هوا

۱۶۵ ۵-۲-۱- سیستم خنک‌کاری هوایی با گردش آزاد

۱۶۵ ۵-۲-۲- سیستم خنک‌کاری هوایی با گردش اجباری

۱۶۶ ۵-۲-۳- مزایای خنک‌کاری با هوا

۱۶۷ ۵-۲-۴- معایب خنک‌کاری با هوا

۱۶۸ ۵-۳- خنک‌کاری با مایع

۱۶۸ ۵-۳-۱- سیستم خنک‌کاری با آب

۱۶۹ ۵-۳-۲- سیستم خنک‌کاری با مایعاتی غیر از آب

۱۶۹ ۵-۴- مقایسه‌ی سیستم‌های خنک‌کاری با مایع و سیستم‌های خنک‌کاری با هوا

۱۷۰ ۵-۴-۱- مزایای سیستم‌های خنک‌کاری با مایع

۱۷۰ ۵-۴-۲- معایب سیستم‌های خنک‌کاری با مایع

۱۷۱ ۵-۵- محلول‌های ضدیخ

۱۷۳ ۵-۵-۱- محلول‌های ضدیخ موقت

۱۷۳ ۵-۵-۲- محلول‌های ضدیخ دائم

۱۷۷ ۵-۶- اجزای اصلی سیستم‌های خنک‌کاری با مایع

۱۷۹ ۵-۶-۱- پروانه

۱۸۰ ۵-۶-۲- نگهدارنده‌ی پروانه

۱۸۱ ۵-۶-۳- پمپ آب

۱۸۶ ۵-۶-۴- دمایان

۱۹۱ ۵-۶-۵- رادیاتور

۱۹۶ ۵-۶-۶- منبع انبساط

۱۹۷ ۵-۶-۷- تسمه

۱۹۷ ۵-۶-۸- راهگاه‌های آب در موتورهای آب‌خنک

۲۰۹	۶-۱- انتقال حرارت گذرا در موتورهای احتراق داخلی
۲۰۹	۶-۲- اهمیت دوره‌ی گذرای گرم شدن در موتورهای احتراق داخلی
۲۱۰	۶-۲-۱- تولید آلاینده‌ها طی دوره‌ی گرم شدن موتور
۲۱۳	۶-۲-۲- عملکرد موتور طی دوره‌ی گرم شدن موتور
۲۱۴	۶-۲-۳- مصرف سوخت طی دوره‌ی گرم شدن موتور
۲۱۵	۶-۳- معادلات حاکم انتقال حرارت طی یک فرآیند غیردائم
۲۱۸	۶-۴- مدل‌سازی فرآیند انتقال حرارت موتور طی دوره‌ی گذرای گرم شدن
۲۱۸	۶-۴-۱- بررسی صحت و اعتبار روش حرارتی ظرفیت فشرده برای اجزای موتور در دوره‌ی گذرای warm up
۲۲۳	۶-۴-۲- میزان تأثیر عدد بیو بر روی دقت مدل‌سازی
۲۲۶	۶-۴-۳- معادلات انتقال حرارت اجزا در دوره‌ی گذرای گرم شدن موتور
۲۴۲	۶-۵- نتایج شبیه‌سازی
۲۴۷	مسائل فصل ۶
۲۵۱	فصل هفتم- سیستم‌های خنک‌کاری نوین
۲۵۳	۷-۱- ضرورت به‌کارگیری سیستم‌های خنک‌کاری نوین
۲۵۴	۷-۲- روش‌های بهبود عملکرد سامانه‌ی خنک‌کاری در سیستم‌های خنک‌کاری نوین
۲۵۴	۷-۲-۱- بهینه کردن اجزا و اضافه کردن سیستم‌های جانبی به سامانه‌ی خنک‌کاری
۲۵۶	۷-۲-۲- بهبود هندسه‌ی راهگاه خنک‌کاری موتور
۲۶۶	۷-۲-۳- استفاده از سیال عامل با قابلیت انتقال حرارت بیشتر در راهگاه خنک‌کاری موتور
۲۷۸	۷-۲-۴- استفاده از قابلیت‌های انتقال حرارت در حالت دوفازی به کمک پدیده‌ی جوشش
۳۲۹	فصل هشتم- روش‌های آزمایشگاهی اندازه‌گیری انتقال حرارت در موتورهای احتراق داخلی
۳۳۱	۸-۱- ضرورت آشنایی با روش‌های آزمایشگاهی اندازه‌گیری انتقال حرارت در موتور
۳۳۱	۸-۲- موازنه انرژی در موتور
۳۳۵	۸-۳- دستگاه‌های اندازه‌گیری
۳۳۶	۸-۳-۱- اندازه‌گیری توان و گشتاور
۳۳۸	۸-۳-۲- اندازه‌گیری دبی هوا
۳۴۱	۸-۴- اندازه‌گیری دبی سوخت

- ۳۴۴ ۵-۸- اندازه گیری دما.
- ۳۴۵ ۵-۸- ۱- ترموکوپل ها.
- ۳۵۶ ۵-۸- ۲- ترمیلگ ها.
- ۳۵۸ ۵-۸- ۳- اندازه گیری دمای گازهای احتراق.
- ۳۶۳ ۵-۸- ۶- تحلیل فشار.

www.ketab.ir