

بسم الله الرحمن الرحيم

طراحی اجزای ماشین

(انتقال نیرو)

(جلد اول)

تألیف:

دکتر مهدی اخلاقی

استاد دانشگاه صنعتی امیرکبیر

با همکاری:

محسن خواجه زاده

زمستان ۱۳۹۱

سرشناسه	: اخلاقی، مهدی، ۱۳۲۶ -
عنوان و نام پدیدآور	: طراحی اجزای ماشین/تالیف مهدی اخلاقی با همکاری محسن خواجهزاده.
مشخصات نشر	: تهران : دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۹۱ -
مشخصات ظاهری	: ج.
شابک	: ۹۷۸-۹۶۴-۴۶۳-۴۹۵-۶ : ۱۸۰۰۰۰ ریال : ۹۷۸-۹۶۴-۴۶۳-۴۹۵-۶ : ج. ۱ : ۲۲۰۰۰۰
	: ۹۷۸-۹۶۴-۴۶۳-۴۹۳-۲ : ۲ ریال : ۹۷۸-۹۶۴-۴۶۳-۴۹۳-۲ : ج. ۲
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا
مندرجات	: ج. ۱. اتصالات - ج. ۲. انتقال نیرو
موضوع	: قطعات ماشین -- طراحی
موضوع	: ماشین آلات -- طراحی
شناسه افزوده	: خواجهزاده، محسن، ۱۳۶۲ -
رده بندی کنگره	: ۳۹۱ - ۴۴۳ط۲۰/الف/ TJ۲۳۰
رده بندی دیویی	: ۶۲۱/۸/۵
شماره کتابشناسی ملی	: ۲۹۰۶۱۲



انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)

عنوان کتاب	: طراحی اجزای ماشین (انتقال نیرو) جلد اول
تالیف	: دکتر مهدی اخلاقی با همکاری محسن خواجهزاده
ناشر	: انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)
لیتوگرافی چاپ و صحافی	: انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)
چاپ اول	: زمستان ۱۳۹۱
تیراژ	: ۱۰۰۰ نسخه
قیمت	: ۲۲۰۰۰ تومان
تلفن مرکز پخش	: ۶۶۴۹۸۸۶۸
شابک	: ۹۷۸-۹۶۴-۴۶۳-۴۹۳-۲ : ۹۷۸-۹۶۴-۴۶۳-۴۹۳-۲
شابک دوره	: ۹۷۸-۹۶۴-۴۶۳-۴۹۵-۶ : ۹۷۸-۹۶۴-۴۶۳-۴۹۵-۶

آدرس: خیابان ولیعصر روبروی خیابان بزرگمهر، فروشگاه کتاب مرکز نشر دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)

حق چاپ برای ناشر محفوظ است

این کتاب برای جلوگیری از انتشار غیر مجاز رمزگذاری شده است

مقدمه

مجموعه‌ای که پیش رو دارید، دومین مجموعه از دور جدید طراحی اجزای ماشین است که تقدیم جامعه علمی و صنعتی کشور می‌شود.

تحلیل‌های دقیق و طراحی بهینه قطعات ماشین با در نظر گرفتن مواردی چون کیفیت بالا، ضریب اطمینان مناسب و شکل مطلوب، تنها با تسلط بر علم طراحی قطعات و اجزای مکانیکی میسر است و به همین منظور فراگیری دقیق آن بخصوص برای دانشجویان رشته‌های مهندسی مکانیک، هوا فضا، صنایع، عمران و کشتی‌سازی، مفید خواهد بود.

پیشرفت علوم رایانه‌ای و تدوین نرم‌افزارهای مختلف برای طراحی قطعات مکانیکی بر پایه اصول طراحی اجزای ماشین، اهمیت کاربردی این علم مهندسی را دوچندان نموده است.

محتویات این کتاب حاصل بیش از ۳۰ سال تجربه آموزشی، تحقیقات دانشگاهی و صنعتی، بهره‌گیری از مباحث منتخب کتب علمی و استفاده از آخرین دستاوردهای علمی و تحقیقاتی است. فصل اول به مروری گذرا بر مفاهیم تئوری‌های مهندسی و همچنین نحوه نمایش و تفسیر پارامترهای یافت سطح اختصاص یافته است. فصل دوم اختصاص به انتقال گشتاور از (و یا به) شفت، از طریق اتصال اصطکاکی و اتصال محکم - مطمئن دارد. فصل سوم به مطالعه چرخ دنده‌ها می‌پردازد. چرخ‌دنده‌ها گردش یک شفت را به شفت دیگر و از طریق درگیری دنده‌ها با هم (دنده‌ها در شکل فرورفتگی و برآمدگی روی سطح سیلندر و یا مخروط تماس) منتقل می‌سازند. در فصل چهارم محور و یا شفت مورد بررسی قرار می‌گیرند. یاتاقان‌ها به عنوان تکیه‌گاه‌های شفت و محور، حرکت مابین اجزای ماشین، معمولاً شفت یا محور گردشی و بدنه ساکن را در کنار انتقال بار میسر می‌سازند و در دو دسته کلی تقسیم‌بندی می‌شوند؛ یاتاقان‌های غلتشی در فصل پنجم و یاتاقان‌های لغزشی در فصل ششم معرفی خواهند شد.

به منظور تسهیل در جستجوی کلمات و واژه‌های فنی از منابع بین‌المللی، معادل انگلیسی (و بعضاً امریکانی) آن‌ها آورده شده است. همچنین به منظور آشنایی با نظرات و جمع‌بندی دیگر مولفین، جملات کوتاهی از منابع مربوط استخراج و در متن گنجانیده شده است. با این که دقت و تلاش زیادی در تهیه این مجموعه صرف شده است، اما وجود پاره‌ای نواقص و نارسائی‌ها در آن را نمی‌توان انکار نمود، لذا از هر گونه نظرات و پیشنهادات اصلاحی و سازنده اساتید، صاحب‌نظران، محققین و دانشجویان عزیز استقبال می‌شود.

مهدی اخلاقی

استاد دانشکده مکانیک دانشگاه صنعتی امیرکبیر

تابستان ۱۳۹۱

فهرست

فصل ۱: تیرانس و انطباق ۱

۱-۱- تیرانس‌های ابعادی ۲

۲-۱- ارباط تیرانس و هزینه ۶

۳-۱- تیرانس عمومی ۶

۴-۱- تیرانس‌گذاری ابعادی ۷

۵-۱- حدود و انطباق ۸

۶-۱- تیرانس‌های هندسی ۱۴

۱-۶-۱- تیرانس هندسی فر ۱۵

۲-۶-۱- تیرانس‌های هندسی شکل ۱۶

۳-۶-۱- تیرانس‌های هندسی وسیع ۱۶

۴-۶-۱- تیرانس‌های هندسی موقعیت ۱۶

۵-۶-۱- تیرانس‌های هندسی لنگی ۱۸

۷-۱- بافت سطح ۱۸

۸-۱- مثال‌های حل شده ۲۴

۹-۱- مسائل تکمیلی ۲۸

فصل ۲: انتقال گشتاور ۲۹

۱-۲- اتصال اصطکاکی ۲۹

۱-۱-۲- گشتاور و نیروی انتقالی ۳۰

۲-۱-۲- اتصال پرسی سیلندری ۳۴

۱-۲-۱-۲- مقدار تداخل قطری در اتصالات الاستیک ۳۶

۲-۲-۱-۲- بارهای وارده در اتصالات الاستیک ۴۳

۳-۱-۲- اتصال پرسی مخروطی ۵۴

۴-۱-۲- اتصال پرسی به کمک المان فشری پیش‌تنیده ۵۷

۲-۲- اتصال محکم مطمئن ۶۱

۲-۲- مسائل تکمیلی ۸۴

فصل ۳: چرخ‌دنده و سامانه چرخ‌دنده‌ای ۸۷

۱-۳- اصول اولیه و قانون دندانه ۸۹

۲-۳- دندانه می‌کلونید ۹۳

۳-۳- دندانه اولرت (اینولوت) ۹۵

۴-۳- دندانه خارجی صفر ۱۰۰

۵-۳- دندانه مسطح یا دندانه شانه‌ای ۱۰۳

۶-۳- دندانه داخلی صفر ۱۰۴

۷-۳- دندانه مایل ۱۰۴

۸-۳- تصحیح دندانه و یا انحراف برویل ۱۰۸

۹-۳- تداخل ۱۱۷

۱۰-۳- هم پوشانی یا پوشش ۱۲۰

۱۱-۳- کوتاه کردن سر دندانه ۱۲۲

۱۲-۳- تُلرانس دندانه ۱۲۴

۱-۱۲-۳- لقی بین گُرده‌ها ۱۲۸

۲-۱۲-۳- تُلرانس و انطباق در دستگاه‌های چرخ دنده‌ای ۱۳۰

۳-۱۲-۳- دقت و تُلرانس توپی (هاب یا فلنج) ۱۳۳

۴-۱۲-۳- تعیین ضخامت دندانه ۱۳۴

۱۳-۳- چرخ دنده‌های استوانه‌ای ۱۳۷

۱۴-۳- تعیین ابعاد اصلی ۱۴۴

۱۵-۳- نیرو بر دندانه چرخ سیلندری ۱۵۰

۱-۱۵-۳- چرخ دنده صاف ۱۵۱

۲-۱۵-۳- چرخ دنده مایل ۱۵۳

۱۶-۳- چرخ‌های مخروطی ۱۵۶

۱۷-۳- نیرو بر دندانه چرخ مخروطی ۱۶۲

۱۶۲	 ۱-۱۷-۳ چرخ دندانه صاف
۱۶۴	 ۲-۱۷-۳ چرخ دندانه مایل
۱۶۵	 ۱۸-۳ مجموعه‌های افزاینده و کاهنده سرعت
۱۶۷	 ۱۹-۳ تنش در دندانه
۱۸۱	 ۲۰-۳ مسایل تکمیلی

فصل ۴: محور و شفت ۱۸۵

۱۸۷	 ۱-۴ ملاحظات در طراحی
۱۸۹	 ۱-۱-۴ محاسبه تخمینی برای تعیین قطر و طراحی مقدماتی
۱۹۵	 ۲-۱-۴ طراحی نهایی و محاسبات دقیق و کنترل استحکام نقاط بحرانی
۲۰۶	 ۳-۱-۴ طراحی فرم
۲۱۰	 ۲-۴ کنترل تغییرات الاستیک
۲۱۱	 ۱-۲-۴ خیز و شیب
۲۱۶	 ۲-۲-۴ پیچش
۲۱۶	 ۳-۲-۴ رفتار نوسانی
۲۱۷	 ۳-۴ دور بحرانی
۲۱۷	 ۱-۳-۴ دور بحرانی خمشی
۲۱۸	 ۲-۳-۴ دور بحرانی پیچشی
۲۲۱	 ۴-۴ مسایل تکمیلی

فصل ۵: یاتاقان غلتشی ۲۲۵

۲۳۱	 ۱-۵ نصب (مونتاژ) یاتاقان
۲۳۶	 ۲-۵ انتخاب یاتاقان
۲۴۳	 ۱-۲-۵ کُدگذاری و ابعاد ساختمانی یاتاقان غلتشی
۲۴۸	 ۲-۲-۵ فرآیند انتخاب یاتاقان
۲۴۸	 ۱-۲-۲-۵ بار پایدار

۲۵۶	۵-۲-۲- حمل بار محوری توسط یاتاقان غلتان سیلندری شعاعی
۲۵۷	۵-۲-۳- بار ناپایدار
۲۵۹	۵-۳- روانکاری
۲۶۰	۵-۴- حفاظ‌ها (نشت بند)
۲۶۱	۵-۴-۱- نشت بندهای تماسی
۲۶۴	۵-۴-۲- نشت بندهای بدون تماس
۲۷۱	۵-۵- مثال‌های حل شده
۲۷۹	۵-۶- مسایل تکمیلی

۲۸۲	فصل ۶: یاتاقان لغزشی
۲۸۵	۶-۱- بار، اصطکاک و عدد سامفلد
۲۸۹	۶-۲- متغیرهای تأثیرگذار بر عدد سامفلد و ضریب اصطکاک
۲۹۴	۶-۳- مقادیر هندسی یاتاقان
۲۹۶	۶-۴- گرما و مقدار روانساز مورد نیاز
۳۰۴	۶-۵- انواع یاتاقان‌های لغزشی هیدرودینامیکی رادیال
۳۰۷	۶-۶- یاتاقان لغزشی هیدرودینامیکی رادیال (بار متغیر)
۳۰۸	۶-۷- یاتاقان لغزشی هیدرودینامیکی آکسیال (کف گرد)
۳۱۰	۶-۷-۱- قابلیت حمل و ضریب اصطکاک
۳۱۱	۶-۷-۲- افت توان، تعداد و هندسه بالشتک
۳۱۲	۶-۷-۳- پیلان گرما و جریان روانساز
۳۱۴	۶-۸- یاتاقان لغزشی هیدرواستاتیکی
۳۱۶	۶-۹- مواد
۳۱۸	۶-۱۰- مسایل تکمیلی

۳۲۰	فصل ۷: جفتگر، کلاچ و ترمز
۳۲۱	۷-۱- جفتگر

۳۲۱	 ۱-۱-۷- جفتگر ساکن
۳۲۳	 ۲-۱-۷- جفتگرهای تعادلی
۳۳۴	 ۲-۷- کلاچ‌ها و ترمزها
۳۳۶	 ۱-۲-۷- روابط کلی کلاچ‌های سایشی
۳۴۳	 ۲-۲-۷- روابط کلی ترمزهای سایشی
۳۴۵	 ۳-۱-۷- کلاچ و ترمز دیسکی
۳۴۹	 ۴-۲-۷- کلاچ و ترمز از داخل بازشونده
۳۵۳	 ۵-۲-۷- کلاچ و ترمز از بیرون جمع شونده
۳۵۸	 ۶-۲-۷- افزایش دما
۳۵۹	 ۷-۲-۷- ترمز (و کلاچ) انواری
۳۶۲	 ۸-۲-۷- کلاچ و ترمز مخروطی
۳۶۷	 ۹-۲-۷- مواد سایش
۳۷۲	 ۱۰-۲-۷- ابعاد کلاچ و ترمز
۳۷۶	 ۱۱-۲-۷- ملاحظات انرژی و افزایش دما
۳۸۱	 ۳-۷- مسایل تکمیلی

فصل ۸: طراحی اجزاء انعطاف‌پذیر (تسمه) ۳۸۲

۳۸۶	 ۱-۸- مکانیک تسمه‌های اصطکاکی
۳۹۸	 ۲-۸- پیش بار (پیش تنیدگی) تسمه
۴۰۲	 ۳-۸- تسمه تخت
۴۱۰	 ۴-۸- تسمه جناغی و گِرد
۴۱۸	 ۵-۸- تسمه دندانه‌دار (تسمه تایمینگ)
۴۲۵	 ۶-۸- مسایل تکمیلی