

بسم الله الرحمن الرحيم
۱۰۳۶۳۰۷
۹۸۹/۱۸

طراحی اجزای ماشین

جلد سوم: پیشرفته - طراحی گیربکس

تألیف

دکتر مهدی اخلاقی

استاد دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)

پاییز ۱۳۹۸

سرشناسه	اخلاقی، مهدی، ۱۳۲۶
عنوان و نام پدیدآور	طراحی اجزای ماشین جلد سوم: پیشرفته - طراحی گیربکس
مشخصات نشر	تهران: دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)، ۱۳۹۸
مشخصات ظاهری	ج: مصور، جدول
شابک	978-964-463-765-0
وضعیت فهرست نویسی	فاپا
یادداشت	واژه نامه
یادداشت	کتاب نامه
یادداشت	ج: ۳ (چاپ اول ۱۳۹۸) (فیپا)
موضوع	ج: ۱. اتصالات - ج: ۲. انتقال نیرو - ج: ۳. پیشرفته - طراحی گیربکس
موضوع	ج: ۴. طرح های مکانیکی
موضوع	قطعات ماشین - - طراحی
موضوع	ماشین آلات - - طراحی
شناسه افزوده	دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)
رده بندی کنگره	TJ ۲۳۰/الف ۱۳۹۸ ط ۴۴۴
رده بندی دیویی	۶۲۰.۰۰۵
شماره کتابشناسی ملی	۱۷۶۱۲

این کتاب در جلسه مورخ ۱۳۹۷/۸/۲۰ شورای چاپ و انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر به تصویب رسیده است.



انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)

عنوان کتاب	طراحی اجزای ماشین؛ جلد سوم: پیشرفته - طراحی گیربکس
تألیف	دکتر مهدی اخلاقی
ناشر	انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)
چاپ و صحافی	انتشارات دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)
چاپ اول	پاییز ۱۳۹۸
قیمت	۴۵،۰۰۰ تومان
تیراژ	۱۰۰ نسخه
شابک	978-964-463-765-0

آدرس مرکز پخش: خیابان ولیعصر، روبروی خیابان بزرگمهر، فروشگاه کتاب مرکز نشر

دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران) - تلفن: ۶۶۴۹۸۸۶۸

وبسایت: <http://publication.aut.ac.ir>

حق چاپ برای ناشر محفوظ است.



۱۴۹۸۵۵۴
۲۰۳۴۳۷
۹۸۹۱۸
إِيَّاكَ نَعْبُدُ وَإِيَّاكَ نَسْتَعِينُ

پیشگفتار

امروزه ایفای مسئولیت خطیر مهندسی صرفاً با بهره گیری از قدرت خلاقیت برتر میسر است و مسلماً تجارب غنی و توان تحلیل های دقیق و مؤثر، از ابزار مهندسی نوین بشمار می روند. یکی از مهم ترین مباحث علم مهندسی، طراحی اجزای تشکیل دهنده و در نهایت طراحی مکانیزم و یا ماشین است که کسب اطلاع و فراگیری دقیق آن، خصوصاً برای مهندسین مکانیک، امری ضروری و اجتناب ناپذیر است. طراحی اجزای ماشین بهره عکس العمل اجزای مختلف ماشین در برابر نیروهای وارده بحث می کند و ضمن بررسی وضعیت قابلیت تر شرایط کاری مختلف، نحوه طراحی بهینه آنها را با لحاظ نمودن مواردی چون: تقلیل هزینه، ارتقای کیفیت، ایمنی بالا، وزن، حجم، شکل مناسب و از همه مهم تر، طراحی بهینه به لحاظ روش تهیه و ساخت مدنظر قرار می دهد.

چرا محصولات صنعتی بعضی از کشورها حتی فراتر از مرزهای خود به داشتن "کیفیت بالا" مشهور هستند؟ در این ارتباط، تعیین دستورسمل های خاص در قالب استاندارد به منظور تضمین کیفیت بالای محصولات صنعتی ضرورت دارد. از آنجائی که در کشور ما به طور کامل مقررات و دستورالعمل های خاص به لحاظ چگونگی کنترل کیفیت در تمامی زمینه ها تدوین نشده است، لذا در مجموعه پیش رو، نتایج آزمایشگاهی و همچنین ارتباطات خاص پارامترها بر اساس استاندارد آلمانی DIN و تا اندازه ای هم طبق استانداردهای آمریکائی AGMA، انگلیسی BS و یا بین المللی ISO معرفی شده اند.

مسلماً این مجموعه با همه دقت و تلاش نمی تواند عاری از هرگونه عیب و نقص باشد و این خود گواهی دیگر بر وحدت کمال مطلق است. لذا امیدوارم که ارباب رأی و بصیرت خاصاً اساتید، صاحب نظران، محققین و دانشجویان عزیز با ارائه نظرات و پیشنهادات سازنده خود، ما را در تکمیل این مجموعه به ویژه در چاپ های بعد یاری فرمایند.

در اینجا بر خود لازم می دانم از تلاش های صادقانه مدیریت و کارکنان محترم انتشارات مرکزی دانشگاه صنعتی امیرکبیر، صمیمانه سپاسگزاری نمایم.

با احترام

مهدی اخلاقی

استاد دانشکده مهندسی مکانیک

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

پاییز ۱۳۹۸

فهرست

عنوان

صفحه

۱- انتقال دهنده نیرو	۱
۱-۱: روابط اصلی برای انتقال دهنده چرخنده‌ای و جفتگرد	۳
۱-۲: فرآیند طراحی، چک‌لیست	۴
۱-۳: گیربکس با درجه تبدیل ثابت	۵
۱-۳-۱: گیربکس‌های چرخنده‌ای	۶
۱-۳-۱-۱: گیربکس‌های چرخنده سیلندری	۶
۱-۳-۱-۲: گیربکس‌های چرخنده مخروطی	۱۱
۱-۳-۱-۳: گیربکس‌های چرخنده سیلندری - مخروطی	۱۲
۱-۳-۱-۴: گیربکس هیپوئید	۱۲
۱-۳-۱-۵: گیربکس حلزونی	۱۳
۱-۳-۱-۶: گیربکس چرخنده سیلندری - حلزونی	۱۳
۱-۳-۱-۷: گیربکس چرخ پیچی	۱۳
۱-۳-۱-۸: ابعاد و وزن گیربکس‌های چرخنده‌ای	۱۶
۱-۳-۲: گیربکس‌های تسمه‌ای	۱۶
۱-۳-۳: گیربکس‌های زنجیری	۱۷
۱-۳-۴: گیربکس چرخ‌اسکالپ - مالشی	۲۱
۱-۴: گیربکس با تبدیل قابل تغییر	۲۲
۱-۴-۱: انواع طرح‌های ساختاری	۲۲
۱-۴-۲: چک‌لیست (معیارهای انتخاب)	۲۵
۱-۵: روابط حرکتی، نیروهای جرم، بارهای یناقانی	۳۰
۱-۵-۱: محاسبه نیرو، گشتاور، توان، سرعت و شتاب	۳۰
۱-۵-۲: محاسبات برای جرم‌های متعدد	۳۰
۱-۵-۳: بزرگی محرک و اثر جرم‌ها	۳۷
۱-۵-۴: نمونه مثال‌هایی برای حالت شتاب	۳۸
۱-۵-۵: محاسبه بارهای یناقانی گیربکس	۳۹
۲- گیربکس چرخنده‌ای	۴۵
۲-۱: نیروهای دندانه، تغییرات فرم، تصحیحات	۴۵

- ۵۶-۲: تغییر فرم، فنریت، انحراف در مسیر چرخشی.....
- ۶۶-۳: توزیع نیروی دندان در راستای خط تماس.....
- ۶۷-۴: دقت دندان و دقت بدنه.....
- ۷۶-۵: توزیع بار در جهت چرخش (دندان با عیب و نقص).....
- ۸۴-۶: توزیع بار در امتداد عرض (دندان با عیب و نقص).....
- ۸۴-۶-۱: انحراف مؤثر خطوط گرده.....
- ۸۴-۶-۲: روش دقیق برای تعیین انحراف مؤثر خطوط گرده.....
- ۸۵-۶-۳: روش تقریبی برای تعیین انحراف خطوط گرده به دلیل تغییر شکل.....
- ۹۱-۶-۴: محاسبه تقریبی f_{ma} برای جفت ساده (بدون تصحیحات دندان).....
- ۹۲-۶-۵: روش تقریبی برای تعیین ضرایب مؤثر K_{FB} و K_{HB}
- ۹۸-۶-۶: محاسبه دقیق K_{HB} برای پنیون با چیدمان قرینه یاتاقان.....
- ۱۰۱-۶-۷: گیربکس خورشیدی.....
- ۱۰۳-۶-۸: تصحیحات دندان.....
- ۱۰۹-۷: بارهای دینامیکی درونی دندان - ضریب دینامیکی K_v
- ۱۱۰-۷-۱: بار دندان در محدوده‌های متفاوت کار.....
- ۱۱۱-۷-۲: محدوده محدود، دور نسبی N
- ۱۱۳-۷-۳: ضریب دینامیکی، پارامترها، مؤثر و شرایط مرزی.....
- ۱۱۴-۷-۴: روش ساده برای تعیین ضریب دینامیکی.....
- ۱۱۷-۷-۵: محاسبه ضریب دینامیکی K_v برای گیربکس‌های خاص.....
- ۱۱۹-۸: خرابی (آسیب)، پیشگیری و روند تست، گیربکس.....
- ۱۲۰-۸-۱: اقدامات کلی و روند توسعه.....
- ۱۲۳-۸-۲: تشکیل حفره بر گرده دندان.....
- ۱۲۵-۸-۳: پوسته پوسته شدن سطح رویی گرده.....
- ۱۲۵-۸-۴: لکه خاکستری.....
- ۱۲۶-۸-۵: شکست دندان.....
- ۱۲۷-۸-۶: سایش (سائیدگی).....
- ۱۲۸-۸-۷: خرابی‌های شایع در تماس چرخنده‌ها.....
- ۱۲۹-۹: محاسبات قابلیت حمل بار چرخنده.....
- ۱۳۰-۹-۱: تئوری کشسانی سیال پویا.....
- ۱۳۲-۹-۲: تشکیل محافظ خالی (حفره) روی گرده دندان.....
- ۱۳۳-۹-۲-۱: فشار پرسی روی گرده دندان.....

- ۲-۹-۲: فشار پرسی مجاز روی گرده دندان..... ۱۴۱
- ۲-۹-۳: شکست در پای دندان..... ۱۴۶
- ۲-۹-۳-۱: تنش در پای دندان..... ۱۴۶
- ۲-۹-۳-۲: تنش مجاز در پای دندان..... ۱۶۳
- ۲-۹-۴: سایش گرم..... ۱۷۷
- ۲-۹-۵: سایش سرد (خوردگی در حرکت آهسته)..... ۱۸۵
- ۲-۹-۶: خرابی بالقوه خستگی..... ۱۸۸
- ۲-۱۰: حد قابلیت تحمل بار، تعیین و به کارگیری..... ۱۸۹
- ۲-۱۰-۱: فرآیند (آزمایش یا تست) تعیین حد قابلیت تحمل بار، خرابی..... ۱۹۱
- ۲-۱۰-۲: احتمال خرابی، منحنی‌های ولر و خرابی و مقادیر استحکام..... ۱۹۵
- ۲-۱۰-۳: به کارگیری مقادیر استحکام منتج از چرخنده‌های آزمایشی..... ۱۹۶
- ۳-۱: طراحی محاسبه جعبه دنده..... ۲۰۱
- ۳-۱-۱: پیش طرح یا طرح اولیه و طراحی..... ۲۰۱
- ۳-۲: فرم گیرکس، اتصال به موتور (محرک) و ماشین کار (محرک)..... ۲۰۳
- ۳-۳: توزیع تیرها در مراحل گیربکس..... ۲۰۳
- ۳-۴: محاسبات تخمین، اندازها، اصلی: قطر، فاصله آکسل..... ۲۰۶
- ۳-۵: انتخاب عرض دندان، یا نسبت‌های b/d و b/d_1 ۲۰۷
- ۳-۶: انتخاب تعداد دندان Z_1 مدخل m ۲۰۸
- ۳-۷: دندان صاف - دندان مایل / زاویه میل..... ۲۱۶
- ۳-۸: انتخاب پروفیل نسبی (مرجع) و انحراف پروفیل (صحیح دندان)..... ۲۱۸
- ۳-۹: محاسبه اندازه‌های دندان..... ۲۲۲
- ۳-۱۰: مثال راه کار محاسبه و طراحی یک گیربکس سه مرحله‌ای..... ۲۲۴
- ۳-۱۱: تعیین بارهای یاتاقان..... ۲۲۸
- ۳-۱۲: طراحی گیربکس‌های چرخنده‌ای..... ۲۲۸
- ۳-۱۳: طراحی ساختمان چرخنده..... ۲۴۰
- ۳-۱۴: طراحی بدنه (پوسته) گیربکس..... ۲۴۰
- ۳-۱۵: توازن یا بالانس..... ۲۴۵
- ۳-۱۶: کنترل (ارزیابی) قابلیت حمل، محاسبات، مثال‌ها..... ۲۴۶
- ۳-۱۶-۱: علائم و اندازه‌ها..... ۲۵۳
- ۳-۱۶-۲: عوامل (پارامترهای) کلی تأثیرگذار..... ۲۵۶

- ۳-۱۶-۳: قابلیت حمل بار گردنه دنداننه.....۲۶۵
- ۳-۱۶-۴: قابلیت حمل بار پای دنداننه.....۲۶۹
- ۳-۱۶-۵: قابلیت حمل بار در سایش گرم.....۲۷۳
- ۳-۱۶-۶: قابلیت حمل بار در مقابل سایش سرد (در حرکت آهسته - خوردگی).....۲۷۵
- ۳-۱۷: توان و بازده.....۲۷۹
- ۳-۱۷-۱: افت توان.....۲۷۹
- ۳-۱۷-۲: بازده.....۲۸۳
- ۳-۱۸: گرما و خنک کاری.....۲۸۳
- ۳-۱۹: گیربکس‌های چرخنده‌ای خاص.....۲۸۸
- ۳-۱۹-۱: گیربکس‌های خورشیدی با سیاره‌های ساده.....۲۸۸
- ۳-۱۹-۲: گیربکس‌های با تعداد دنداننه کم.....۲۹۵
- ۳-۱۹-۳: گیربکس حلزونی.....۲۹۸
- ۳-۱۹-۳-۱: خواص و زمینه‌های به‌کارگیری.....۲۹۹
- ۳-۱۹-۳-۲: انواع جفت‌های حلزونی، شکل گردنه.....۳۰۰
- ۳-۱۹-۳-۳: هندسه حلزونی سیلندری برای زاویه آکسل $\Sigma=90^\circ$۳۰۳
- ۳-۱۹-۳-۴: هندسه نه‌اس - تساوی گردنه حلزون.....۳۰۶
- ۳-۱۹-۳-۵: نیروهای تماس، توابع نیرو، نیروهای یاتاقان.....۳۰۷
- ۳-۱۹-۳-۵-۱: نیروهای داخلی و توزیع نیرو.....۳۰۷
- ۳-۱۹-۳-۵-۲: مؤلفه نیروی دنداننه برای زاویه آکسل $\Sigma=90^\circ$۳۰۷
- ۳-۱۹-۳-۵-۳: نیروهای یاتاقان.....۳۱۰
- ۳-۱۹-۳-۶: افت توان و بازده.....۳۱۰
- ۳-۱۹-۳-۶-۱: کل افت توان و بازده.....۳۱۰
- ۳-۱۹-۳-۶-۲: افت توان دنداننه P_{12} و بازده دنداننه η_2 برای $\Sigma=90^\circ$۳۱۱
- ۳-۱۹-۳-۶-۳: ضریب اصطکاک دنداننه $\mu_z = \tan p_z$۳۱۲
- ۳-۱۹-۳-۶-۴: افت توان در خلاصی P_{1D}۳۱۴
- ۳-۱۹-۳-۶-۵: افت توان توسط بار یاتاقان P_{VLP}۳۱۴
- ۳-۱۹-۳-۷: طراحی و محاسبه قابلیت تحمل بار.....۳۱۴
- ۳-۱۹-۳-۷-۱: طراحی مقدماتی.....۳۱۴
- ۳-۱۹-۳-۷-۲: محاسبه اطمینان دما ST۳۱۶
- ۳-۱۹-۳-۷-۳: محاسبه اطمینان در مقابل پیتینگ SH و اطمینان سایشی.....۳۲۲
- ۳-۱۹-۳-۷-۴: محاسبه اطمینان در مقابل شکست در پای دنداننه S_F۳۲۵

۳۲۶.....Sδ: محاسبه اطمینان در مقابل خیز ۳-۱۹-۳-۷-۵

۳۲۹..... مسائل تکمیلی ۴-

۳۵۱..... مراجع

۳۵۷..... نمایه

۳۶۳..... واژه‌نامه فارسی-انگلیسی

۳۶۹..... واژه‌نامه انگلیسی-فارسی

www.ketab.ir