

مواد و فرایندهای ساخت چرخنده

دکتر حمید خرسند

مهندس مسعود طغرائی

www.ketab.ir

سرشناسه	: خرسند، حمید، ۱۳۵۳ -
عنوان و نام پدیدآور	: مواد و فرایندهای ساخت چرخدنده/حمید خرسند، مسعود طغرانی.
مشخصات نشر	: تهران: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، انتشارات، ۱۳۹۴
مشخصات ظاهری	: ۳۳۰ ص.: مصور، جدول، نمودار .
شابک	: 978-600-7867-25-9
وضعیت فهرست نویسی	: فیبا
موضوع	: چرخ دنده
موضوع	: چرخ دنده -- طرح و ساختمان
شناسه افزوده	: طغرایی، مسعود، ۱۳۶۳
شناسه افزوده	: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی. انتشارات
رده بندی کنگره	: ۶۲۱/۱۳۹۴م ۹/خ/تج۱۸۴
رده بندی دیویی	: ۶۲۱/۱۳۳
شماره کتابشناسی ملی	: ۴۱۶۰۶۵۱

ناشر: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی  <http://publication.kntu.ac.ir>

نام کتاب: مواد و فرایندهای ساخت چرخدنده
تألیف: دکتر حمید خرسند، عضو هیئت علمی دانشکده مهندسی مواد دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، مهندس مسعود طغرایی

نوبت چاپ: اول

تاریخ چاپ: بهمن ۱۳۹۴

تیراژ: ۲۰۰ جلد

قیمت: ۲۱۰۰۰ تومان

کد کتاب: ۴۱۱

ISBN: 978- 600-7867- 25-9

شابک: ۹۷۸-۶۰۰-۷۸۶۷-۲۵-۹

چاپ و لیتوگرافی: چاپ اول

صحافی: گرنامی

آدرس و تلفن مرکز پخش و فروش: خیابان ولیعصر(عج)، بالاتر از میدان ونک، تقاطع

میرداماد، روبروی ساختمان اسکان (۰۲۱-۸۸۷۷۲۲۷۷)

(حق چاپ برای ناشر محفوظ است)

پیشگفتار مولفین	سیزده
فصل اول	۱
مفاهیم پایه چرخنده ها	۱
۱-۱ مقدمه	۱
۲-۱ فهرست اصطلاحات چرخنده	۲
۳-۱ انواع چرخنده ها	۱۱
۱-۳-۱ چرخنده های قرار گرفته بر روی محورهای موازی	۱۱
۱-۳-۱-۱ چرخنده های خاردار	۱۱
۲-۱ چرخنده های مارپیچ (هلیکال)	۱۲
۱-۱ چرخنده های جناقی	۱۲
۳-۱-۴ چرخنده های داخلی	۱۲
۲-۳-۱ چرخنده های عمل کننده بر روی محورهای متقاطع	۱۴
۱-۲-۳-۱ چرخنده های مخروطی	۱۴
الف- چرخنده های مخروطی مستقیم	۱۴
ب- چرخنده های مخروطی مارپیچ	۱۴
ب- چرخنده های مخروطی زرول	۱۵
۲-۳-۱ چرخنده های رویه ای	۱۶
۳-۳-۱ چرخنده های عمل کننده بر روی محورهای غیر موازی و غیر متقاطع	۱۸
۵-۱ انتخاب چرخنده مناسب	۲۰
۶-۱ تنش های اعمال شده اصلی	۲۱
۷-۱ استحکام	۲۵
۸-۱ مواد چرخنده	۲۷
۹-۱ روش های تولید چرخنده	۲۹
۱-۹-۱ فرایندهای براده برداری فلزات	۲۹
۲-۹-۱ فرایندهای ریخته گری، شکل دهی و آهنگری	۳۱
۳-۹-۱ روش جایگزین و غیر سنتی تولید چرخنده	۳۲
۱۰-۱ بازرسی	۳۴

۱۱-۱	عملیات حرارتی	۳۵
۱-۱۱-۱	فرایندهای پیش‌سخت‌کردن	۳۵
۲-۱۱-۱	سخت‌کردن سرسر تا سیری و سخت‌کردن سطحی	۳۶
	فصل دوم	۳۹
	تریبولوژی و روانکاری چرخنده‌ها	۳۹
۱-۲	مقدمه	۳۹
۲-۲	رژیم‌های روانکاری	۳۹
۳-۲	اصطلاحات	۴۰
۴-۲	طبقه‌بندی انواع انهدام دندان چرخنده	۴۱
۱-۴-۲	انهدام بر حسب ترتیب با روکاس	۴۱
۱-۴-۲-۱	خستگی ریزش	۴۳
	الف- حفره‌دار شدن	۴۳
	ب- میکرو حفره‌دار شدن	۴۵
۲-۴-۱-۲	سایش	۴۶
	الف- چسبندگی	۴۶
	ب- سایش خراشان	۴۷
	ب- سایش ناشی از پولیش	۴۸
۲-۴-۱-۳	فرسایش	۴۹
۲-۴-۱-۴	روانکاری الاستوهیدرو دینامیک	۵۱
۲-۴-۱-۵	دمای حجمی چرخنده	۵۲
۲-۴-۱-۶	دمای فرسایش	۵۲
۵-۲	انتخاب روانکار	۵۴
	الف- روغن	۵۴
	ب- روانکارهای مصنوعی	۵۴
	ب- گریس	۵۵
	ت- روانکارهای چرخنده بدون محافظ	۵۵
	ث- روانکارهای جامد	۵۶
۲-۶	کاربردهای روانکاری روغنی	۵۶

۵۶	۱-۶-۲ چرخنده‌های خاردار، مارپیچ و مخروطی
۵۷	۲-۶-۲ چرخنده‌های حلزونی
۵۹	فصل سوم
۵۹	آلیاژهای آهنی و غیر آهنی
۵۹	۱-۳ مقدمه
۵۹	۲-۳ فولادهای چرخنده کار شده
۶۴	۱-۲-۳ فولادهای سخت‌شونده سطحی
۶۴	۱-۱-۲-۳ خواص عمومی
۶۶	۲-۱-۲-۳ فولادهای کربن‌دهی‌شونده
۶۷	۳-۲-۳ فولادهای نیتروژن‌دهی‌شونده
۶۸	۲-۲-۳ فولادهای سخت‌شونده سرتاسری
۶۹	۳-۳ الزامات فولاد در ساخت چرخنده
۶۹	۱-۳-۳ مشخصات فنی فولادهای چرخنده
۶۹	الف- سختی پذیری
۷۱	ب- قابلیت ماشینکاری
۷۴	۲-۳-۳ استحکام خستگی ناشی از خمش فولادهای کربن‌دهی‌شده
۷۴	۳-۳-۳ آزمون خستگی خمشی
۷۴	۱-۳-۳-۳ ارائه داده‌ها و آنالیز
۷۷	۴-۳-۳ آزمایش نمونه واقعی
۷۷	۴-۳-۳ مراحل خستگی و شکست
۸۰	۵-۳ شکست بین‌دانه‌ای و خستگی
۸۳	۶-۳ آخال‌ها و خستگی
۸۵	۷-۳ اندازه دانه آستنیت و خستگی
۸۵	۱-۷-۳ تأثیر اندازه دانه ریز بر روی میکرو ساختارها و خواص
۸۶	۲-۷-۳ عملیات حرارتی مجدد برای دستیابی به اندازه دانه ریز
۸۷	۸-۳ اکسیداسیون سطح و خستگی
۸۹	۹-۳ آستنیت باقی مانده و خستگی
۹۰	۱۰-۳ سرد کردن تا دماهای زیر صفر و خستگی

۹۱	۱۱-۳ تنش‌های باقیمانده
۹۱	۱-۱۱-۳ ساچمه‌زنی و خستگی
۹۴	۱۲-۳ سایر خواص مورد علاقه برای فولادهای کربن‌دهی‌شده
۹۴	۱-۱۲-۳ خستگی ناشی از نورد تماسی
۹۵	۱۲-۳-۲ مقاومت سایشی
۹۷	۱۲-۳-۳ سختی گرم
۹۷	۱۲-۳-۴ استحکام خمشی و چقرمگی خمش
۹۸	۱۲-۳-۵ نرمی
۱۰۰	۱۲-۳ سایر آلیاژهای آهنی مورد استفاده برای چرخنده‌ها
۱۰۲	چدن ها
۱۰۲	الف- چدن خاکستری
۱۰۳	ب- چدن نشکن
۱۰۵	فولادهای زنگ نزن
۱۰۶	فولاد ابزار
۱۰۶	الف- فولاد ابزار تندبر
۱۰۶	ب- فولاد ابزار گرم کار
۱۰۶	آلیاژهای غیرآهنی
۱۰۶	الف- برنرها
۱۰۷	الف- برنرهای قلع
۱۰۷	ب- برنرهای منگنز
۱۰۸	پ- برنرهای آلومینیم
۱۰۹	ت- برنرهای سیلیسیم
۱۱۱	فصل چهارم
۱۱۱	روش‌های ساخت چرخنده‌ها
۱۱۱	۱-۴ مقدمه
۱۱۱	۲-۴ ریخته‌گری
۱۱۵	۱-۲-۴ فرآیندهای خاص ریخته‌گری
۱۱۷	۳-۴ شکل‌دهی

- ۱۱۷..... ۱-۳-۴ منگنه کاری
- ۱۱۸..... ۲-۳-۴ کشش سرد و اکستروژن
- ۱۱۸..... ۳-۳-۴ نورد چرخنده
- ۱۲۱..... ۴-۴ آهنگری
- ۱۲۱..... ۱-۴-۴ آهنگری با نرخ انرژی بالا
- ۱۲۲..... ۲-۴-۴ چرخنده های متداول تولید شده به روش آهنگری
- ۱۲۴..... ۳-۴-۴ آهنگری دقیق
- ۱۲۵..... ۴-۴-۴ چرخنده ها با کیفیت نزدیک به شکل نهایی
- ۱۲۷..... ۵-۴ متالورژی پودر
- ۱۳۰..... ۱-۵-۴ آلاییت ها و محدودیت ها
- ۱۳۱..... ۲-۵-۴ عمل های چرخنده
- ۱۳۳..... ۱-۵-۴ چرخنده ها خاردار
- ۱۳۳..... ۲-۵-۴ چرخنده ها مارپیچ
- ۱۳۳..... ۳-۵-۴ چرخنده های مخروطی و رویه ای
- ۱۳۴..... ۳-۵-۴ تلرانس های چرخنده
- ۱۳۵..... ۴-۵-۴ طراحی چرخنده و ابزار کلادی
- ۱۳۷..... ۵-۴ انتخاب مواد برای چرخنده
- ۱۳۷..... الف- تنش مجاز تماسی
- ۱۳۷..... ب- تنش مجاز خمشی
- ۱۳۷..... پ- استحکام ضربه ای و خستگی
- ۱۳۸..... ۶-۵-۴ کنترل کیفیت و بازرسی
- ۱۳۹..... ۷-۵-۴ مثال هایی از چرخنده های P/M
- ۱۴۰..... ۱-۷-۵-۴ چرخنده گرداننده ماشین جابجایی نامه ها
- ۱۴۱..... ۲-۷-۵-۴ چرخنده های انتقال برای کاربردهای شمارش اندازه تمپر پستی
- ۱۴۳..... ۳-۷-۵-۴ چرخنده خارج از مرکز
- ۱۴۴..... ۴-۷-۵-۴ چرخنده های کاهنده سرعت
- ۱۴۵..... ۵-۷-۵-۴ چرخنده های حلقه ای داخلی تولید شده با آهنگری پودر

فصل پنجم.....	۱۴۷
عملیات حرارتی چرخنده‌ها.....	۱۴۷
۱-۵-۱ سخت کردن سرتاسری.....	۱۴۷
۱-۵-۱-۱ فرآیندهای سخت کردن سرتاسری.....	۱۴۸
۱-۵-۱-۱-۱ آنیل کردن.....	۱۴۸
۱-۵-۱-۱-۲ نرماله و آنیل کردن.....	۱۴۸
۱-۵-۱-۱-۳ نرماله کردن و باز پخت.....	۱۴۹
۱-۵-۱-۱-۴ سریع سرد کردن و باز پخت.....	۱۴۹
۲-۱-۵ عوجاج چرخنده‌های سخت شده سرتاسری.....	۱۴۹
۳-۱-۵ کاربرد.....	۱۵۰
۴-۱-۵ بررسی مورس و راجل در ساخت چرخنده.....	۱۵۱
۱-۴-۱-۵ انتخاب مواد.....	۱۵۲
۲-۴-۱-۵ انتخاب فرآیند.....	۱۵۳
۱-۲-۴-۱-۵ عوجاج ناشی از عملیات..... رند های اخته شده از C-250.....	۱۵۳
۲-۵-۲ کربن دهی.....	۱۵۴
۱-۲-۵ کربن دهی گازی.....	۱۵۵
۱-۱-۲-۵ فرآیند و تجهیزات.....	۱۵۵
۲-۲-۵ دمای کربن دهی.....	۱۵۷
۳-۲-۵ کوره‌ها و تجهیزات برای کربن دهی گازی.....	۱۵۸
الف- کوره‌های اتمسفری.....	۱۵۸
ب- کوره‌های خلا و کوره‌های بستر سیال.....	۱۵۸
۴-۲-۵ سریع سرد کردن و سخت کاری.....	۱۵۹
۱-۴-۲-۵ تغییرات سختی سطح پس از سریع سرد کردن.....	۱۵۹
۲-۴-۲-۵ باز پخت چرخنده‌های کربن دهی شده و سریع سرد گردیده.....	۱۶۰
۵-۲-۵ کربن دهی مجدد.....	۱۶۱
۶-۲-۵ انتخاب مواد برای چرخنده‌های کربن دهی شده.....	۱۶۱
۷-۲-۵ سختی و سختی پذیری.....	۱۶۳
۱-۶-۲-۵ تاثیر عناصر آلیاژی متداول بر روی سختی و سختی پذیری.....	۱۶۵

- ۱۶۶-۲-۵ انتخاب فولاد چرخنده بر مبنای سختی پذیری
- ۱۶۷-۲-۵ میزان کربن و خواص پوسته
- ۱۶۸-۲-۵ عمق پوسته دندان
- ۱۶۸-۲-۵ اندازه گیری عمق پوسته
- ۱۷۰-۲-۵ عمق موثر پوسته چرخنده های ساخته شده از فولاد پرآلیاژ
- ۱۷۰-۲-۵ عمق کلی پوسته توصیه شده برای چرخنده های فولادی کم آلیاژ
- ۱۷۲-۲-۵ عمق پوسته در نوک های دندان
- ۱۷۲-۲-۵ اندازه دانه و عمق پوسته
- ۱۷۲-۲-۵ سختی مغز دندان چرخنده
- ۱۷۴-۲-۵ ۱- سختی مغز بر حسب استحکام خمشی ماکزیمم
- ۱۷۵-۲-۵ ناند، نسیداسیون سطحی
- ۱۷۵-۲-۵ ۱۰- اندازه دانه بر حسب سختی مغز
- ۱۷۶-۲-۵ ۱۱- میکروساختار پوسته های کربن دهی شده
- ۱۸۰-۲-۵ ۱۲- مشکلات مرتبط با کربن دهی
- ۱۸۱-۲-۵ ۱-۱۲- نوک و شعاع های نوک
- ۱۸۲-۲-۵ ۲-۱۲- آستنیت باقیمانده و تاثیر آن بر عملکرد چرخنده
- ۱۸۴-۲-۵ ۳-۱۲- اعوجاج ناشی از عملیات سردی چرخنده های کربن دهی و سخت شده
- ۱۸۴-۲-۵ ۴-۱۲- مکانیک اعوجاج ناشی از عملیات حرارتی
- ۱۸۷-۲-۵ ۵-۱۲- اندازه گیری اعوجاج های چرخنده
- ۱۸۷-۲-۵ ۶-۱۲- چندین توصیه برای به حداقل رساندن اعوجاج
- ۱۸۸-۲-۵ ۱۳-۲- مشخصه های اعوجاجی برخی از مواد چرخنده
- ۱۹۰-۲-۵ ۱-۱۳- سنگ زنی چرخنده های دارای اعوجاج
- ۱۹۱-۲-۵ ۱۴-۲- ساچمه زنی چرخنده های کربن دهی و سخت شده
- ۱۹۴-۲-۵ ۱-۱۴- انواع ساچمه
- ۱۹۴-۲-۵ ۲-۱۴- اندازه ساچمه
- ۱۹۴-۲-۵ ۳-۱۴- شدت
- ۱۹۵-۲-۵ ۴-۱۴- پوشش دادن
- ۱۹۵-۲-۵ ۵-۱۴- زاویه برخورد

- ۱۹۵..... ۲-۱۴-۶ تنش باقیمانده
- ۱۹۶..... ۲-۱۴-۷ پروفیل سطح دندان
- ۱۹۷..... ۲-۱۴-۷ مشخصات ساچمه‌زنی
- ۱۹۷..... ۳-۵ نیتروژن دهی
- ۱۹۸..... ۳-۱ فرآیند نیتروژن دهی گازی
- ۱۹۹..... ۳-۲ پارامترهای نیتروژن دهی گازی
- ۱۹۹..... ۳-۲-۱ عمق پوسته در نیتروژن دهی
- ۲۰۰..... ۳-۲-۲ زمان سیکل نیتروژن دهی
- ۲۰۱..... ۳-۲-۳ عمق موثر پوسته
- ۲۰۱..... ۳-۲-۴ عمق پوسته
- ۲۰۱..... ۳-۲-۵ سختی سطح
- ۲۰۲..... ۳-۲-۶ شعاع های به و نوک پهن‌شده برای دندانها
- ۲۰۲..... ۳-۲-۷ لایه سفید در چرخندهای نیتروژن دهی شده
- ۲۰۶..... ۳-۳-۳ میکروساختار مغز و هسته نیتروژن دهی شده
- ۲۰۸..... ۳-۴-۴ بررسی خستگی و انهدام چرخندهای روزن دهی شده
- ۲۰۸..... ۳-۴-۱ جعبه دنده منهدم شده مورد بررسی
- ۲۰۸..... ۳-۴-۲ حادثه انهدام
- ۲۱۰..... ۳-۴-۳ ارزیابی متالورژیکی
- ۲۱۳..... ۳-۴-۱-۱ آنالیز شکست
- ۲۱۵..... ۳-۵-۵ عمر خستگی خمشی چرخندهای نیتروژن دهی شونده
- ۲۱۵..... ۳-۶-۱ اعوجاج در نیتروژن دهی
- ۲۱۶..... ۳-۷-۲ کاربردها و هزینه های نیتروژن دهی گازی
- ۲۱۶..... ۳-۷-۱ کاربردها
- ۲۱۷..... ۳-۷-۲ هزینه‌ها
- ۲۱۸..... ۳-۸-۱ نیتروژن دهی یونی
- ۲۲۰..... ۳-۸-۲ زمان و عمق پوسته نیتروژن دهی یونی
- ۲۲۰..... ۳-۸-۳ سختی و عمق پوسته
- ۲۲۱..... ۳-۸-۴ اعوجاج

۲۲۲	 ۴-۵ کربن-نیتروژن دهی
۲۲۲	 ۱-۴-۵ مقدمه
۲۲۳	 ۲-۴-۵ فولادهای قابل کاربرد و کاربردهای نیتروژن دهی
۲۲۴	 ۳-۴-۵ عمق پوسته
۲۲۴	 ۴-۴-۵ سختی پذیری پوسته
۲۲۵	 ۵-۴-۵ سریع سرد کردن و بازپخت
۲۲۵	 ۱-۵-۴-۵ سریع سرد کردن
۲۲۶	 ۲-۵-۴-۵ بازپخت
۲۲۶	 ۶-۴-۵ اعوجاج
۲۲۶	 ۵-۵ سخت کاری شعله ای و القایی
۲۲۶	 ۵-۵ مقدمه
۲۲۷	 ۲-۵-۵ سخت کاری القایی
۲۲۷	 ۱-۲-۵-۵ مراد قابل کاربرد
۲۲۸	 ۲-۲-۵-۵ عملیات پیش گرم
۲۲۸	 ۳-۲-۵-۵ مدل های سخت کاری
۲۲۹	 ۴-۲-۵-۵ سریع سرد کردن و بازپخت
۲۲۹	 ۱-۴-۲-۵-۵ سریع سرد کردن
۲۳۰	 ۲-۴-۲-۵-۵ بازپخت
۲۳۰	 ۵-۲-۵-۵ سختی سطح و عمق پوسته
۲۳۱	 ۱-۵-۲-۵-۵ عمق موثر پوسته
۲۳۱	 ۶-۲-۵-۵ سختی مغز دندانه و استحکام خستگی
۲۳۲	 ۷-۲-۵-۵ مشکلات سخت کاری القایی
۲۳۳	 ۱-۷-۲-۵-۵ اعوجاج ناشی از عملیات حرارتی
۲۳۳	 ۳-۵-۵ سخت کاری شعله ای
۲۳۴	 ۱-۳-۵-۵ تجهیزات
۲۳۴	 ۲-۳-۵-۵ گازها
۲۳۴	 ۳-۳-۵-۵ مواد قابل کاربرد
۲۳۴	 ۴-۳-۵-۵ سریع سرد کردن

۲۳۵	 ۵-۳-۵-۵ کاربرد ها
۲۳۷	 آنالیز انهدام چرخنده ها
۲۳۷	 ۱-۶ مقدمه
۲۳۷	 ۲-۶ دسته بندی انواع انهدام چرخنده
۲۳۹	 ۱-۲-۶ انهدام ناشی از خستگی
۲۴۰	 ۱-۱-۲-۶ خستگی خمشی
۲۴۶	 ۲-۱-۲-۶ خستگی تماسی
۲۴۸	 ۲-۲-۶ ماکرو حفره دار شدن
۲۴۹	 ۱-۲-۶ میکرو حفره دار شدن زیر سطحی
۲۴۹	 ۲-۲-۶ ماکرو حفره دار شدن سطحی
۲۵۱	 ۳-۲-۶ میکرو حفره دار شدن
۲۵۳	 ۴-۲-۶ خستگی زیر سطحی
۲۵۴	 ۵-۲-۶ محل جوانه زنی حفرات بر روی پروفیل دندانه چرخنده
۲۵۷	 ۶-۲-۶ خستگی غلتشی - تماسی
۲۶۰	 ۷-۲-۶ ورقه ورقه شدن
۲۶۱	 ۸-۲-۶ خستگی حرارتی
۲۶۳	 ۹-۲-۶ ضربه
۲۶۳	 ۱-۹-۲-۶ ضربه ناشی از خمش دندانه
۲۶۴	 ۲-۹-۲-۶ برش دندانه
۲۶۵	 ۳-۹-۲-۶ لب پریدگی دندانه
۲۶۶	 ۱۰-۲-۶ سایش
۲۶۶	 ۱-۱۰-۲-۶ سایش خراشان
۲۶۷	 ۲-۱۰-۲-۶ سایش چسبان
۲۷۰	 ۳-۱۰-۲-۶ پوشش های مقاوم در برابر سایش
۲۷۱	 ۱۱-۲-۶ فرسایش
۲۷۲	 ۱۲-۲-۶ گسیختگی ناشی از تنش
۲۷۲	 ۱-۱۲-۲-۶ گسیختگی داخلی
۲۷۳	 ۲-۱۲-۲-۶ گسیختگی خارجی

۲۷۳	.....	۱۳-۲-۶	علت‌های انهدام چرخنده
۲۷۶	.....	۱۴-۲-۶	اجرای آنالیز انهدام
۲۷۷	.....	۱-۱۴-۲-۶	آماده‌سازی برای بازرسی
۲۷۷	.....	۲-۱۴-۶	بازرسی در محل
۲۷۸	.....	۱-۲-۱۴-۲-۶	آزمایش خارجی
۲۷۸	.....	۲-۲-۱۴-۲-۶	مدل‌های تماس دندان چرخنده
۲۷۸	.....	۳-۲-۱۴-۲-۶	مدل‌های تماس بدون بار
۲۷۹	.....	۴-۲-۱۵-۲-۶	مدل‌های تماس بارگذاری شده
۲۷۹	.....	۳-۱۴-۲-۶	برداشتن جعبه دنده
۲۷۹	.....	۴-۲-۶	هم‌محوری نصب
۲۷۹	.....	۱۴-۱-۶	انتقال جعبه دنده
۲۸۰	.....	۵-۱۴-۲-۶	باز کردن جعبه دنده
۲۸۰	.....	۶-۱۵-۲-۶	بررسی اجزاء
۲۸۰	.....	۱-۶-۱۵-۲-۶	بازرسی قبل از تعمیرکاری
۲۸۰	.....	۲-۶-۱۴-۲-۶	بازرسی پس از تعمیرکاری
۲۸۱	.....	۳-۶-۱۴-۲-۶	گردآوری هندسه چرخنده
۲۸۱	.....	۷-۱۴-۲-۶	تعیین نوع انهدام
۲۸۲	.....	۱-۷-۱۴-۲-۶	آزمون‌ها و محاسبات
۲۸۲	.....	۲-۷-۱۴-۲-۶	محاسبات طرح چرخنده
۲۸۲	.....	۸-۱۴-۲-۶	آزمون‌های آزمایشگاهی
۲۸۳	.....	۱۵-۲-۶	مثال‌هایی از آنالیز انهدام چرخنده
۲۹۷	.....		مراجع :
۲۹۹	.....		نشانه‌گذاری

پیشگفتار مولفین

چرخنده‌ها از دیرباز مورد استفاده بشر قرار گرفته است. قبل از استفاده از فولاد، اکثر چرخنده‌ها از مواد در دسترس که به راحتی قابل شکل‌دهی بودند، نظیر چوب ساخته می‌شدند. به دلیل عمر کم این چرخنده‌ها نیاز به جایگزینی مکرر آنها وجود داشته است.

چرخنده‌ها به خاطر جایگاه ممتاز در عملکرد بسیاری از ماشین‌آلات و قطعات مکانیکی برای بیش از دو هزار سال است که مورد توجه قرار گرفته‌اند. پیشرفت‌های جدید صورت گرفته در تکنولوژی چرخنده، به ویژه از نقطه نظر ماده سازنده، سالها است که بررسی شده و در مقالات و کتاب‌های متعددی چاپ گردیده است. البته کتاب‌های جامعی در مورد مواد، عملیات حرارتی و روش‌های ساخت چرخنده با نقطه نظر متالورژیکی در داخل ارائه نشده است، از این رو در کتاب حاضر سعی بر آن شده است تا این جنبه‌های فنی در تکنولوژی ساخت چرخنده به صورت یکجا گردآوری شود. امروزه به دلیل تقاضای مکرر برای طرح‌های چرخنده که قابلیت انتقال قدرت را از طریق جعبه بنده‌های سبک‌تر، کوچک‌تر و قابل اطمینان‌تر را در گستره وسیعی از شرایط کار داشته و از نظر اقتصادی، صرفه‌مند، افزایش یافته است.

در حال حاضر میانگین عمر برای یک چرخنده در صنعت نسبتی از میلیون چرخه می‌باشد که سبب گردیده است تا توسعه و استفاده از مواد با استحکام بالا شتاب گیرد. چرخنده‌های ساخته شده از فولادهای خاص به شریانیکه تحت عملیات حرارتی و ماشینکاری موثری برای دستیابی به دقت هندسی بالا قرار گیرند، توانایی برآورده نمودن این الزامات را دارا خواهند بود. این موضوع طراحی و ساخت چرخنده‌ها را پیچیده‌تری می‌سازد. به منظور اجرای این وظیفه، علاوه بر طراحی، مواردی از قبیل روش ساخت، روانکاری و آنالیز انهدام آن نیز مورد بررسی قرار می‌گیرد. به عبارت دیگر طراحی چرخنده یک فرایند ترکیبی است که باستی اندازه چرخنده، هندسه، مواد، فرایندهای ماشینکاری و عملیات حرارتی به گونه‌ای انتخاب شوند که سطوح کیفی مورد نیاز را در چرخنده‌های نهایی برآورده سازند.

در این کتاب در ابتدا انواع مختلف چرخنده‌ها، واژه‌شناسی آنها، تنش‌های اعمالی و الزامات استحکامی مورد نیاز مرتبط با چرخنده‌ها مورد بحث قرار می‌گیرد. در ادامه انواع انهدام‌های مرتبط با روانکاری (حفره‌دار شدن، سایش و فرسایش)، روانکاری الاستوهیدرودینامیک، انتخاب روانکار و کاربرد روانکار مورد بررسی قرار خواهند گرفت. در فصل سوم آلیاژهای پایه آهنی و غیر آهنی با تاکید بر خواص فولادهای کربن‌دهی شده و مواد مورد انتخاب برای چرخنده‌های انتقال قدرت با عملکرد بالا ارائه گردیده است. در فصل چهارم روش‌های تولید چرخنده‌ها از قبیل ریخته‌گری، شکل‌دهی، آهنگری و فرایندهای متالورژی پودر مورد بررسی قرار گرفته‌اند. عملیات حرارتی چرخنده‌ها با در نظر گرفتن دو روش سخت‌کاری سطحی و سخت‌کاری سرتاسری در فصل پنجم مرور می‌گردد. در این فصل سعی شده است که اعوجاج ناشی از عملیات حرارتی

چرخنده‌ها برای فرایندهای اصلی به طور دقیق مورد بحث و بررسی قرار گیرد چرا که ایجاد اعوجاج بعد از عملیات حرارتی یکی از مهمترین مشکلات تولید چرخنده‌ها و یکی از عوامل اصلی افزایش هزینه‌ها می‌باشد. همچنین با بررسی مطالعات گذشته صنعتی برای هر یک از فرایندهای موفق عملیات حرارتی سعی بر آن شده است تا اطلاعات ارزشمندی در زمینه بهبود کیفیت چرخنده که با کنترل مناسب ماده و فرایند امکان پذیر است، به دست آید. این اطلاعات نه تنها در فهم بهتر اعوجاج چرخنده‌ها بلکه در انتخاب ماده و فرایند عملیات حرارتی مناسب برای گستره وسیعی از کاربردها قابل استفاده می‌باشد و در نهایت انواع گونه‌های انهدام چرخنده و آنالیز آن با تاکید بر دو گونه اصلی انهدام چرخنده، خستگی خمشی و خستگی تماسی، مورد توجه قرار گرفته است.

امید است کتاب حاضر مورد توجه و استفاده طراحان، مهندسان و اساتید بزرگوار، دانشجویان و صنعتگران عزیز این حوزه قرار گرفته و بخشی از منابع علمی و کاربردی لازم و مورد نیاز را برای ایشان فراهم سازد. همچنین پیش‌زمینه‌ای را برای تداوم مطالعه، تحقیق و پژوهش در این راستا فراهم آورد. نویسندگان در تهیه، نوشتار حاضر، خود را مصون از خطا نمی‌دانند و از نظرات، انتقادات و پیشنهادات خوانندگان محترم استقبال می‌نمایند.

حمید خرسند

مسعود طغرائی

۱۳۹۴