

مواد و فرایندهای ساخت چرخنده

دکتر حمید خرسند

مهندس مسعود طغرائی



سازمان اسناد و کتابخانه ملی جمهوری اسلامی ایران

شماره ۴۱۱

سرشناسه: خرسند، حمید، ۱۳۵۲ -

عنوان و نام پدیدآور: مواد و فرایندهای ساخت چرخدنده/حمید خرسند، مسعود طغرایی.
مشخصات نشر: تهران: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، انتشارات، ۱۳۹۴.
مشخصات ظاهری: ۳۲۰ ص.: مصور، جدول، نمودار.

ISBN: 978-600-8767-25-9

شابک: ۹-۲۵-۷۸۶۷-۶۰۰-۹۷۸

وضعیت فهرست نویسی: فیفا.

موضوع: چرخ دنده

موضوع: چرخ دنده -- طرح و ساختمان

شناسه افزوده: طغرایی، مسعود، ۱۳۶۲

رده بندی کنگره: ۱۳۹۴ م۹/ح۴/۸۴ TJ

رده بندی دیویی: ۶۲۱/۸۳۳

شماره کتابشناسی ملی: ۴۱۵۲۶۵۳

press.kntu.ac.ir



ناشر: دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

عنوان: مواد و فرایندهای ساخت چرخدنده

مؤلف: چن، وای - فا

مترجم: دکتر حمید خرسند، مهندس مسعود طغرایی

نوبت چاپ: دوم

تاریخ انتشار: دی ۱۴۰۲

شمارگان: ۲۰۰ جلد

چاپ و صحافی: آرمانسا

قیمت: ۲۵۰,۰۰۰ تومان

تمام حقوق برای ناشر محفوظ است

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

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

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

فهرست مطالب

پیشگفتار مولفین	سبزه
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
۲-۱-۳-۱ چرخنده های مارپیچ (هلیکال)	۱۲
۳-۱-۳-۱ چرخنده های جناقی	۱۲
۴-۱-۳-۱ چرخنده های داخلی	۱۲
۲-۳-۱ چرخنده های عمل کننده بر روی محورهای متقاطع	۱۴
۱-۲-۳-۱ چرخنده مخروطی	۱۴
الف- چرخنده های مخروطی مستقیم	۱۴
ب- چرخنده های مخروطی مارپیچ	۱۴
پ- چرخنده های مخروطی زرول	۱۵
۲-۲-۳-۱ چرخنده های رویه ای	۱۶
۳-۳-۱ چرخنده های عمل کننده بر روی محورهای غیرموازی و غیرمتقاطع	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 غیرستنی تولید چرخنده	۳۲
۱۰-۱ بازرسی	۳۴

۲۳۳.....	۵-۳-۵ کاربردها.....
۲۳۵.....	آنالیز انهدام چرخنده‌ها.....
۲۳۵.....	۱-۶ مقدمه.....
۲۳۵.....	۲-۶ دسته بندی انواع انهدام چرخنده.....
۲۳۷.....	۱-۲-۶ انهدام ناشی از خستگی.....
۲۳۸.....	۱-۱-۲-۶ خستگی خمشی.....
۲۴۴.....	۲-۱-۲-۶ خستگی تماسی.....
۲۴۶.....	۲-۲-۶ ماکرو حفره دار شدن.....
۲۴۷.....	۱-۲-۲-۶ ماکرو حفره دار شدن زیر سطحی.....
۲۴۷.....	۲-۲-۲-۶ ماکرو حفره دار شدن سطحی.....
۲۴۹.....	۳-۲-۶ میکرو حفره دار شدن.....
۲۵۱.....	۴-۲-۶ خستگی زیر سطحی.....
۲۵۲.....	۵-۲-۶ محل جوانه زنی جفرات بر روی پروفیل دندان چرخنده.....
۲۵۵.....	۶-۲-۶ خستگی غلتشی - تماسی.....
۲۵۸.....	۷-۲-۶ ورقه ورقه شدن.....
۲۵۹.....	۸-۲-۶ خستگی حرارتی.....
۲۶۱.....	۹-۲-۶ ضربه.....
۲۶۱.....	۱-۹-۲-۶ ضربه ناشی از خمش دندان.....
۲۶۲.....	۲-۹-۲-۶ برش دندان.....
۲۶۳.....	۳-۹-۲-۶ لب پریدگی دندان.....
۲۶۴.....	۱۰-۲-۶ سایش.....
۲۶۴.....	۱-۱۰-۲-۶ سایش خراشان.....
۲۶۵.....	۲-۱۰-۲-۶ سایش چسبان.....
۲۶۸.....	۳-۱۰-۲-۶ پوشش های مقاوم در برابر سایش.....
۲۶۹.....	۱۱-۲-۶ فرسایش.....
۲۷۰.....	۱۲-۲-۶ گسیختگی ناشی از تنش.....
۲۷۰.....	۱-۱۲-۲-۶ گسیختگی داخلی.....
۲۷۱.....	۲-۱۲-۲-۶ گسیختگی خارجی.....

۲۷۱.....	۱۳-۲-۶ علت‌های انهدام چرخنده
۲۷۴.....	۱۴-۲-۶ اجرای آنالیز انهدام
۲۷۵.....	۱-۱۴-۲-۶ آماده‌سازی برای بازرسی
۲۷۵.....	۲-۱۴-۶ بازرسی در محل
۲۷۶.....	۱-۲-۱۴-۲-۶ آزمایش خارجی
۲۷۶.....	۲-۲-۱۴-۲-۶ مدل‌های تماس دندان چرخنده
۲۷۶.....	۳-۲-۱۴-۲-۶ مدل‌های تماس بدون بار
۲۷۷.....	۴-۲-۱۵-۲-۶ مدل‌های تماس بارگذاری شده
۲۷۷.....	۳-۱۴-۲-۶ برداشتن جعبه دنده
۲۷۷.....	۱-۳-۱۴-۲-۶ هم‌محوری نصب
۲۷۷.....	۴-۱۴-۲-۶ انتقال جعبه دنده
۲۷۸.....	۵-۱۴-۲-۶ بازکردن جعبه دنده
۲۷۸.....	۶-۱۵-۲-۶ بازرسی اجزاء
۲۷۸.....	۱-۶-۱۵-۲-۶ بازرسی قبل از تمیزسازی
۲۷۸.....	۲-۶-۱۴-۲-۶ بازرسی پس از تمیزسازی
۲۷۹.....	۳-۶-۱۴-۲-۶ گردآوری هندسه چرخنده
۲۷۹.....	۷-۱۴-۲-۶ تعیین نوع انهدام
۲۸۰.....	۱-۷-۱۴-۲-۶ آزمون‌ها و محاسبات
۲۸۰.....	۲-۷-۱۴-۲-۶ محاسبات طرح چرخنده
۲۸۰.....	۸-۱۴-۲-۶ آزمون‌های آزمایشگاهی
۲۸۱.....	۱۵-۲-۶ مثال‌هایی از آنالیز انهدام چرخنده
۲۹۵.....	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 این چرخنده‌ها وجود داشته است.

چرخنده‌ها به خاطر جایگاه ممتاز در عملکرد بسیاری از ماشین‌آلات و قطعات مکانیکی برای بیش از دو هزارسال 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 جعبه‌دنده‌های سبک‌تر، کوچکتر و قابل اطمینان‌تر را در گستره وسیعی از شرایط کار داشته و از نظر اقتصادی به صرفه باشند، افزایش یافته است.

در حال حاضر میانگین عمر برای یک چرخنده در صنعت تسیتی 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 شرط اینکه 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 پیچیده‌تر می‌نماید. 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 بایستی 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 اصلی چرخنده و تنش‌های اعمالی و الزامات استحکامی مورد نیاز مرتبط با چرخنده‌ها مورد بحث قرار می‌گیرد. در ادامه انواع انهدام‌های مرتبط با روانکاری (حفره‌دارشدن، 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 تالیف نوشتار حاضر، خود را مصون از خطا نمی‌دانند و از نظرات، انتقادات و پیشنهادات خوانندگان محترم استقبال می‌نمایند.

حمید خرسند

مسعود طغرانی

۱۳۹۴

www.ketab.ir