

مهندسی معکوس چرخ‌دنده‌های ساده و مارپیچ با معرفی نرم‌افزار

گردآوری و تألیف:

مهندس محمد جهان‌گرد عطار

مهندس رهام محمودی

سرشناسه: جهان گرد عطار، محمد، ۱۳۷۱
عنوان و نام پدیدآور: مهندسی معکوس چرخ‌دنده‌های ساده و مارپیچ با معرفی نرم‌افزار/گردآوری و تالیف: محمد جهان‌گرد عطار، رهام محمودی.
مشخصات نشر: تهران: شرکت هوافضای برآ، انتشارات هوانورد، ۱۴۰۱.
مشخصات ظاهری: ۱۳۰ص.: مصور، جدول، نمودار.
شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۷۵۹۰-۳۵-۷
وضعیت فهرست نویسی: فیبا
موضوع: مهندسی معکوس - نرم‌افزار Reverse engineering-- Software
چرخ‌دنده - طراحی و ساخت - نرم‌افزار Gearing -- Design and construction-- Software
چرخ‌دنده - طراحی و ساخت - الگوهای ریاضی Mathematical models -- Design and construction -- Gearing
شناسه افزوده: محمودی، رهام، ۱۳۶۳
رده بندی کنگره: TA ۱۶۸ / ۵
رده بندی دیویی: ۶۲۰ / ۰۰۴۲۰۲۸۵
شماره کتابشناسی ملی: ۸۸۴۹۲۰
اطلاعات رکورد کتابشناسی: فیبا



نام کتاب: مهندسی معکوس چرخ‌دنده‌های ساده و مارپیچ با معرفی نرم‌افزار گردآوری و تالیف: مهندس محمد جهان‌گرد عطار - مهندس رهام محمودی
ناشر: هوانورد
نوبت چاپ: اول
سال چاپ: ۱۴۰۱
شمارگان: ۵۰۰
قیمت: ۹۰۰۰۰۰ ریال
شابک: ۹۷۸-۶۲۲-۷۵۹۰-۳۵-۷

◀ کلیه حقوق چاپ برای ناشر محفوظ است. نقل مطالب فقط با ذکر مشخصات کامل کتاب و با اشاره به نام ناشر مجاز است.
◀ برای تهیه این کتاب می‌توانید به وبگاه www.aeroshop.ir مراجعه کنید یا با شماره تلفن ۷۷۸۵۰۲۵۹ - ۰۲۱ تماس حاصل فرمائید.

پیشگفتار

در بسیاری از واحدهای صنعتی کوچک و بزرگ، یکی از وظایف اصلی مهندسين را، مهندسی معکوس چرخ‌دنده‌های استاندارد و غیراستاندارد تشکیل می‌دهد. با توجه به وجود تعداد زیاد روابط و فرمول‌ها و لزوم انجام سعی و خطاهای فراوان در طراحی معکوس چرخ‌دنده‌ها و همچنین لزوم استفاده از جداول و نمودارهای متنوع از طرف دیگر، تدوین یک نرم افزار جامع در طراحی معکوس چرخ‌دنده‌های استاندارد و غیراستاندارد ضروری به نظر می‌رسد.

در این کتاب ضمن بررسی روابط و فرمول‌های مربوط به چرخ‌دنده و پروفیل اینولوت، روند حل معادلات با توجه به روش مهندسی معکوس، ایجاد یا تکمیل و تصحیح شده و در نهایت روش‌های مهندسی معکوس با کد نویسی در نرم‌افزار برنامه نویسی ویژوال بیسیک به صورت یک نرم‌افزار که دارای محیط گرافیکی و کاربردی ساده و روان است پیاده‌سازی شده است.

در این گزارش ضمن بیان مفاهیم اصلی چرخ‌دنده و منحنی اینولوت روابط و روند حل معادلات مورد نیاز برای مهندسی معکوس به طور کامل شرح داده شده است. در ادامه به معرفی بخش‌های مختلف نرم‌افزار و روش استفاده از آن پرداخته و در انتها با ارائه چندین نمونه عملی و تئوری صحت و دقت نرم‌افزار مورد ارزیابی قرار داده شده است. نتایج این بررسی دقت بسیار بالای نرم افزار را تأیید می‌کنند.

مؤلفین بر خود لازم می‌دانند از همه کسانی که در تهیه و انتشار این کتاب ما را یاری نمودند کمال تشکر و تقدیر را به عمل آورند.

بی شک، این کتاب عاری از نقص و کاستی نبوده لذا از کلیه ی اساتید، دانشجویان، مهندسين و خوانندگان محترم خواهشمندیم با راهنمایی‌های خود از طریق ایمیل ما را در تکمیل آن یاری رسانند.

مهندس محمد جهان گرد عطار

M.jahangard@ut.ac.ir

مهندس رهام محمودی

Rm.mahmoudi@chmail.ir

تقدیم به شهدای عرصه‌ی تحقیقات و خودکفایی کشور بوشهر سردار شهید حاج حسن طهرانی مقدم

و

تقدیم به خانواده‌ی ایمان که موفقیت خود را مدیون زحمات و صبوری آنها می‌دانیم.

فهرست مطالب

۱۱	فصل ۱: مقدمه و اصول چرخ‌دنده
۱۲	۱-۱- مقدمه
۱۲	۱-۲- مهندسی معکوس
۱۳	۱-۲-۱- مزایای روش مهندسی معکوس نسبت به روش مهندسی مستقیم
۱۵	۱-۲-۲- مهندسی معکوس در چرخ‌دنده
۱۵	۱-۳- منحنی اینولوت
۱۸	۱-۴- سایر مشخصات چرخ‌دنده
۲۳	۱-۵- اصلاح دندانه
۲۴	۱-۶- انواع دندانه‌های اصلاح شده
۲۴	۱-۶-۱- نوع S0
۳۱	فصل ۲: محاسبات و روابط مهندسی معکوس
۳۲	۲-۱- مقدمه
۳۲	۲-۲- روش ضخامت
۳۷	۲-۳- فلوجارت مهندسی معکوس به روش ضخامت
۴۰	۲-۴- روش تحلیلی
۴۰	۲-۴-۱- رویه‌ی اندازه‌گیری
۴۱	۲-۴-۲- گام اول: محاسبه مدول و زاویه فشار
۴۴	۲-۴-۳- گام دوم: محاسبه زاویه مارپیچ و ضریب اصلاح پینیون
۵۱	۲-۴-۴- گام سوم: محاسبه ضریب اصلاح برای چرخ‌دنده
۵۲	۲-۴-۵- گام چهارم: محاسبه اندازه‌گیری دندانه‌ای و اندازه‌گیری روی پین برای چرخ‌دنده
۵۵	۲-۴-۶- گام پنجم: محاسبه ضرایب فزونیده و کاهشده برای پینیون و چرخ‌دنده
۵۶	۲-۴-۷- گام ششم: محاسبه ضریب کلی تماس
۵۷	۲-۵- فلوجارت روش تحلیلی مهندسی معکوس
۶۳	۲-۶- روش اندازه‌گیری دندانه‌ای
۶۴	۲-۷- فلوجارت مهندسی معکوس روش اندازه‌گیری دندانه‌ای

۶۶	۲-۸- روش اندازه‌گیری روی پین
۶۸	۲-۹- فلوجارت مهندسی معکوس به روش اندازه‌گیری با پین
۷۱	فصل ۳: معرفی نرم‌افزار
۷۲	۳-۱- مقدمه
۷۲	۳-۲- قسمت ابتدایی
۷۴	۳-۳- روش ضخامت دایروی یا مستقیم
۸۱	۳-۴- روش اندازه‌گیری دندان‌های (Span Measurement)
۸۳	۳-۵- روش اندازه‌گیری با پین
۸۴	۳-۶- روش تحلیلی
۹۱	فصل ۴: بررسی نمونه‌های کاربردی
۹۲	۴-۱- مقدمه
۹۲	۴-۲- صحت سنجی روش ضخامت دایروی یا مستقیم
۹۲	۴-۲-۱- نمونه چرخ‌دنده ساده واقعی صنعتی ۱
۹۷	۴-۲-۲- نمونه چرخ‌دنده ساده واقعی ۲
۹۸	۴-۲-۳- نمونه چرخ‌دنده ساده واقعی ۳
۱۰۱	۴-۲-۴- نمونه جفت چرخ‌دنده ساده واقعی
۱۰۲	۴-۳- نمونه چرخ‌دنده مارپیچ
۱۰۶	۴-۴- نمونه چرخ‌دنده داخلی
۱۰۹	۴-۴-۱- نمونه جفت چرخ‌دنده داخلی - خارجی
۱۱۱	۴-۵- صحت سنجی روش تحلیلی
۱۱۲	۴-۵-۱- نمونه چرخ‌دنده مارپیچ حل شده در مرجع [۱]
۱۱۳	۴-۵-۲- نمونه چرخ‌دنده ساده استاندارد
۱۱۶	۴-۵-۳- نمونه چرخ‌دنده ساده غیر استاندارد همراه با ضریب اصلاح
۱۱۸	۴-۵-۴- نمونه جفت چرخ‌دنده خارجی - داخلی
۱۲۱	فصل ۵: مراجع
۱۲۳	پیوست
۱۲۴	توابع اینولوت

فصل ۱: مقدمه و اصول چرخ دنده

۱-۱- مقدمه

در این فصل بعد از بیان نکاتی پیرامون مهندسی معکوس و بیان ضرورت انجام این پروژه به بررسی اصول و کلیاتی که برای آشنایی با چرخ‌دنده‌ها لازم است پرداخته شده‌است. در ابتدا منحنی اینولوت که در اکثر چرخ‌دنده‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد معرفی شده است. سپس به بیان روابط و ویژگی‌هایی از منحنی اینولوت در دندانه‌ها پرداخته می‌شود که در مهندسی معکوس چرخ‌دنده مورد نیاز است. در ادامه مشخصات و ویژگی دندانه‌های چرخ‌دنده بیان می‌شود. سپس مفهوم اصلاح دندانه و انواع آن و مزایای آن معرفی می‌شود و روابط برای حالت‌های اصلاح شده بیان می‌گردد. همچنین در انتهای این فصل به معرفی چرخ‌دنده‌های داخلی و روابط حاکم بر این نوع از چرخ‌دنده‌ها پرداخته می‌شود.

۱-۲- مهندسی معکوس

مهندسی معکوس^۱ به علمی گفته می‌شود که در آن از پاسخ به سوال می‌رسند و در واقع فرایند کشف اصول تکنولوژیکی یک دستگاه، شیئی یا یک سیستم می‌باشد که از طریق تجزیه و تحلیل ساختار و عملکرد آن حاصل می‌شود. در اکثر مواقع موضوع مورد بررسی یک دستگاه مکانیکی، الکتریکی، برنامه نرم‌افزاری یا یک ماده بیولوژیکی یا شیمیایی می‌باشد که بدون داشتن دانش قبلی و تنها با جداسازی اجزا و تجزیه و تحلیل شیوه عملکرد آن، سعی در ایجاد یک نمونه جدید از آن می‌گردد. مهندسی معکوس به طور عمده در استفاده‌های تجاری و نظامی به کار می‌رود و هدف آن استنباط پارامترهای طراحی یک محصول موجود، بدون داشتن دانش کافی در زمینه تولید آن محصول و فقط با پیمودن فرایند معکوس و به کارگیری تکنیک‌های مشابه می‌باشد.

¹ Reverse Engineering

لازمه اجرای این روش وجود نمونه‌هایی از محصول است که مبنای کار تحقیقات قرار می‌گیرد. با استفاده از روش مهندسی معکوس، اطلاعات و دانش فنی محصولات موجود، مکانیزم عمل‌کرد و هزاران اطلاعات مهم دیگر را بازیابی کرده و در کنار استفاده از روش‌های مهندسی مستقیم^۱ و روش‌های ساخت قطعات، تجهیزات، تست‌های مورد استفاده در خط مونتاژ و ساخت قالب‌ها، گیج و فیکسچرها و دستگاههای کنترل، نسبت به ایجاد کارخانه‌ای پیشرفته و مجهز جهت تولید محصولات فوق اقدام می‌نمایند. همچنین ممکن است مهندسی معکوس، برای رفع معایب و افزایش قابلیت‌های محصولات موجود نیز مورد استفاده قرار بگیرد. به عنوان مثال در کشور جهت رفع معایب و افزایش قابلیت‌های محصولات موجود نیز مورد استفاده قرار بگیرد. به عنوان مثال در کشور آمریکا، مهندسی معکوس توسط شرکت "جنرال موتور" بر روی محصولات کمپانی "فورد موتور" و نیز برعکس، برای حفظ وضعیت رقابتی و رفع نواقص محصولات به کار برده شده است.

۱-۲-۱- مزایای روش مهندسی معکوس نسبت به روش مهندسی مستقیم

همان‌گونه که ذکر شد، شیوه رایج برای ساخت و تولید محصول را مهندسی مستقیم و رسیدن از محصول آماده به شیوه و اجزای ساخت آن را مهندسی معکوس می‌نامند. بین این دو شیوه، تفاوت‌هایی وجود دارد که به برخی از مهم‌ترین آنها اشاره می‌شود. در روش مهندسی معکوس، محصولی که قرار است تولید شود، در دسترس است و وجود تنها یک نمونه از محصولی که قرار است تولید شود، کافی است. یعنی جواب مسأله معلوم است ولی راه رسیدن به آن جواب معلوم نیست. اما در روش طراحی مستقیم، در ابتدا هیچ ایده و حتی طرح کلی نسبت به محصول نهایی و اجزاء به کار رفته در آن، وجود ندارد و همگی باید توسط پژوهشگر و طراح، طراحی شوند.

¹ Forward Engineering

در روش مهندسی معکوس، اطمینان بیشتری وجود دارد که به یک محصول با کیفیت و مناسب دست پیدا کنیم و این به دو دلیل است:

- مشخصات نهایی محصول در عمل و در زمان استفاده واقعی، توسط طراحان و سازندگان اولیه تثبیت شده است؛
- راه رسیدن به این محصول با توجه به مشخصات فنی بالا به‌طور کامل مشخص و هموار شده است.

با توجه به اینکه در محصولات تولیدی، جهت سهولت و کیفیت تولید، قطعات و مجموعه‌های استاندارد شده به کار می‌رود، در صورت استفاده از مهندسی معکوس، به جای بررسی و تعیین استانداردها برای اجزای مختلف، تنها شناخت و طبقه‌بندی کردن این استانداردها مورد نیاز خواهد بود. در نتیجه سرعت عمل زیادی در اجرای طرح حاصل می‌شود.

دسترسی به روش‌های ساخت و ویژگی‌های قطعات، کاری زمان‌بر و هزینه‌بر به شمار می‌آید. دستیابی به کیفیت قطعات تولید شده، هزینه‌ها را بالا می‌برد و برای مقرون به صرفه بودن تولید، تلاش بسیاری نیاز است. به دلیل اینکه در مهندسی معکوس با استفاده از مشخصات واقعی قطعات، نسبت به کشف فرآیندهای تولید قطعات اقدام می‌شود، نیاز به پژوهش‌های زمان‌بر و هزینه‌بر فراوان در این زمینه منتفی می‌شود و تولید محصولات مقرون به صرفه خواهد شد. هر فناوری نوینی، نتیجه سال‌ها تکامل و تطبیق با شرایط مختلف است که اکنون در اختیار ما قرار گرفته است. در مهندسی معکوس، ضمن رفع نقایص محصولات موجود، به تولید محصولی مطابق با نیاز مشتریان و منطبق با علم روز اقدام می‌شود. بنابراین با سرعت بیشتری می‌تواند در بین مشتریان رواج یافته و دغدغه‌های بازاریابی کمتری را برای صاحبان محصول در پی داشته باشد.