

بسم الله الرحمن الرحيم

مرجع

طراحی یاتاقان ها

مؤلفین:

دکتر کرامت ملک زاده فرد

(دانشیار دانشگاه صنعتی مالک اشتر)

مهندس جواد شهبازی کرمی

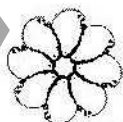
(دانشجوی دکترای مکانیک و مدرس دانشگاه)

مهندس محمد رضایی ها

(کارشناس ارشد مکانیک دانشگاه بوعلی سینا)

مهندس محسن مالکی

(کارشناس ارشد مکانیک دانشگاه تهران)



انتشارات شهبازی



عنوان و نام پدیدآور	مرجع طراحی یاناقان ها؛ مؤلفین کرامت ملک زاده فرد... او دنگران ا
مشخصات نشر	تهران: انتشارات شهبازی، ۱۳۹۳.
مشخصات ظاهری	۲۳۰ ص.؛ مصور، جدولی، نمودار.
سایک	۱۹۵۰۰۰ ریال؛ 2-5-94778-600-978
وضعیت فهرست نویسی	فیبیا
یادداشت	مؤلفین کرامت ملک زاده فرد، جواد شهبازی کرمی، محمد رضایی ها، محسن مالکی.
موضوع	یاناقان ها
موضوع	یاناقان ها -- طرح و ساختمان
منااسه افزوده	ملک زاده فرد، کرامت، ۱۳۴۷.
رده بندی کنگره	۱۳۹۳/۶۱/۶۱۰۱ T.J.
رده بندی دیویی	۸۲۲/۶۲۱
شماره کتابشناسی ملی	۳۶۸۰۹۴۶

مؤلفین:	کرامت ملک زاده - جواد شهبازی کرمی - محمد رضایی ها - محسن مالکی
ناشر:	انتشارات شهبازی
ناظر فنی:	یوسف محمودی
حرفه جیتی و صفحه آرایی:	قاسمی (رها)
طراحی جلد:	مجتبی فرهادی
چاپ و صحافی:	چاپ گنجینه نگار
نوبت چاپ:	اول ۱۳۹۳
شمارگان:	۵۰۰ جلد
قیمت:	۱۹۵۰۰۰ ریال
سایک:	2-5-94778-600-978 ISBN

تلفن: ۴۴۱۳۸۶۴۴ همراه: ۰۹۱۳۱۸۳۴۱۴۴

ایمیل: ShahbaziPub@gmail.com وب سایت: WWW.ShahbaziPub.ir

نماینده گی فروش تهران: بخش علوم بویا، میدان انقلاب، خیابان اردیبهشت (منبری جاوید)،
نیش کوچه نوروز، پلاک ۵۱، واحد ۱، تلفن: ۶۶۴۱۹۵۶۷-۶۶۹۶۰۷۷۳ تلفکس: ۶۶۹۶۰۷۷۲

توجه: کلیه حقوق عادی و معنوی چاپ و نشر، طرح روی جلد و عنوان کتاب با توجه به قانون حمایت حقوق مؤلفان، مصنفان و هنرمندان، مصوب سال ۱۳۴۸ برای انتشارات شهبازی محفوظ است. هرگونه استفاده بدون مجوز کتبی از ناشر تخلف بوده و بر اساس بند (۵) ماده ۲۳ قانون قابل پیگیری در محاکم قضایی می باشد.

مقدمه مؤلفین

یاتاقان وسیله‌ای است که اجازه حرکت نسبی مشخصی بین دو یا بیشتر از دو قطعه را می‌دهد. با تعریف ساده فوق می‌توان به کاربرد گسترده یاتاقان‌ها در کلیه ماشین‌های صنعتی و کاربردی پی برد، زیرا قطعات ماشین‌ها روی یاتاقان‌ها به صورت بی‌نظیری به نرمی نگهداری می‌شوند. این شکل کامل حرکت با قابلیت لغزش جداگانه کامل صفحات قطعات صلب به وسیله یک لایه جریان هدایت می‌شود. بدون استفاده از یاتاقان‌ها، می‌بایست پیوسته اجزایی را که تحت اصطکاک خراب می‌شوند، عوض کرد. در واقع هر کجا که نیاز به حرکت نسبی دو قطعه در یک ماشین می‌باشد، از یاتاقان‌ها استفاده می‌شود و علت اصلی ایجاد یاتاقان و ساخت آن در تفاوت بین لغزش و غلطش می‌باشد.

پرکاربردترین نوع یاتاقانها در صنایع مختلف تولیدی، خودروسازی، نظامی و هوا فضا، یاتاقان‌های هیدرواستاتیک و ابرو استاتیک می‌باشند که به ترتیب از مایع و گاز به عنوان لایه جداکننده سطوح تماس استفاده می‌کنند. در کلیه ماشین‌های نظامی، از جمله خودروها، تانک‌ها، نفربرها، هواپیماها و ... به کارگیری این نوع یاتاقان‌ها اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. از سوی دیگر، انتخاب نامناسب یاتاقان، که در مقایسه با بسیاری از قطعات دیگر ماشینها ارزان قیمت است، می‌تواند موجب تخریب و از کار افتادن ماشین در طول عمر بسیار پایین گردد. بنابراین، اهمیت تحلیل و بهینه‌سازی یاتاقان‌ها و نحوه انتخاب صحیح یاتاقان بر مبنای کاربرد آن در صنایع، امری بدیهی به نظر می‌رسد.

مهم‌ترین عامل در تحلیل‌های صورت گرفته در یاتاقان‌ها، بحث روانکاری می‌باشد که در این کتاب با حل عددی معادلات ناویر استوکس از روش حجم محدود و با استفاده از نرم افزار ANSYS، با در نظر گرفتن هر دو ترم اینرسی و لزجت به طور همزمان، به شبیه‌سازی و تحلیل این مقوله در یاتاقان‌های مسطح و حفره دار که در طراحی یاتاقان‌ها دارای اهمیت ویژه می‌باشند، پرداخته شده و میدان‌های سرعت، فشار و نیروهای مؤثر در روانکاری یاتاقان مورد تجزیه و بررسی قرار گرفته است.

در این کتاب به طور کامل به تشریح انواع یاتاقان‌ها پرداخته شده و پس از شبیه‌سازی، نتایج حاصله با مقایسه با یک روش تقریبی رایج، مورد ارزیابی قرار گرفته است. در پایان، نحوه انتخاب مناسب یاتاقان بر اساس کاربرد و شرایط به کارگیری قابل دست‌یابی می‌باشد.

امید است این کتاب بتواند کمکی کوچک در جهت رشد و تعالی هر چه بیشتر مهندسین عزیزمان ارائه دهد.

ملک‌زاده-شهبازی-کرمه-رضایه‌ها-ملکه

زمستان ۱۳۹۳

فهرست مطالب

۱۵	فصل ۱: مقدمه
۱۵	۱.۱ - مقدمه
۱۶	۱.۱.۱ - فشار گیج و فشار مطلق قراردادی
۱۶	۱.۲ - یاتاقان های هیدرواستاتیک، هیبریدی و آبرو استاتیک
۱۶	۱.۲.۱ - مفاهیم آبرو استاتیک و هیدرواستاتیک
۲۱	۱.۲.۲ - مفاهیم هیدرو دینامیک
۲۲	۱.۲.۳ - یاتاقان های آبرو استاتیک هیبریدی و هیدرواستاتیک هیبریدی
۲۳	۱.۲.۴ - مفاهیم یاتاقان های آبرو استاتیک
۲۳	۱.۲.۵ - چه زمانی از یاتاقان های آبرو استاتیک، هیبریدی و غیره
۲۵	۱.۳ - بار حمایتی یاتاقان
۲۵	۱.۳.۱ - آرایش یاتاقان
۲۵	۱.۳.۲ - صفحات طولی هیدرواستاتیک
۲۵	۱.۴ - صفحات فشرده آبرو استاتیک
۲۵	۱.۵ - یاتاقان های گرد
۲۶	۱.۶ - یاتاقان های هیبریدی ساده
۲۶	۱.۷ - جریان
۲۶	۱.۷.۱ - مزیت های نسبی انواع مختلف یاتاقان ها
۲۶	۱.۸ - هزینه
۲۶	۱.۹ - طبقه بندی یاتاقان ها
۲۷	۱.۹.۱ - یاتاقان های گرد
۲۹	۱.۹.۲ - یاتاقان های با صفحه مسطح
۳۱	۱.۱۰ - کاربردهای صنعتی و نظامی
۳۲	۱.۱۱ - انتخاب مواد و ساخت

۳۲	۱.۱۱.۱ - قرآیند ساخت و اجرا
۳۴	۱.۱۲ - انتخاب جنس مواد
۳۵	۱.۱۳ - یاتاقان های آبرواستاتیک
۳۷	فصل ۲: مبانی نظریه جریان
۳۷	۲.۱ - مقدمه
۳۷	۲.۲ - چسبندگی
۳۸	۲.۳ - چگالی واحدهای همسان
۳۹	۲.۴ - تراکم پذیری
۳۹	۲.۴.۱ - مایعات
۳۹	۲.۴.۲ - گازها
۳۹	۲.۵ - جریان ویسکوز بین صفحات موازی
۴۰	۲.۵.۱ - جریان با فشار القایی
۴۱	۲.۵.۲ - جریان با سرعت القایی
۴۱	۲.۵.۳ - جریان با فشار القایی بین صفحات موازی دایره ای
۴۲	۲.۵.۴ - جریان ترکیبی فشار و سرعت القایی در یک شیار
۴۲	۲.۶ - جریان ویسکوز ترکیبی سرعت و فشار القایی در دو صفحه دویعدی نا موازی
۴۳	۲.۷ - جریان در محدودکننده ها
۴۳	۲.۷.۱ - پیوستگی جریان بین محدودکننده و یاتاقان
۴۴	۲.۷.۲ - جریان در طول یک محدود کننده موئین
۴۵	۲.۷.۳ - جریان در طول یک محدود کننده شیار
۴۵	۲.۷.۴ - جریان در یک اورفیس
۴۶	۲.۷.۵ - جریان مایع
۴۶	۲.۷.۶ - جریان هوا
۴۶	۲.۸ - فشار حفره و نرخ فشار

۴۶	۲.۸.۱ - یک یاتاقان با کنترل کننده مویین
۴۸	۲.۸.۲ - یک یاتاقان با کنترل کننده اوریفیسی
۴۸	۲.۸.۳ - نرخ فشار و شرایط طراحی
۴۸	۲.۹ - بار یاتاقان
۴۹	۲.۹.۱ - یاتاقان با سطح مسطح
۵۰	۲.۹.۲ - یک یاتاقان مسطح با صفحات مخالف
۵۱	۲.۹.۳ - یاتاقان های گرد
۵۲	۲.۱۰ - استفاده از اطلاعات هنجار شده
۵۳	۲.۱۱ - یاتاقان آیرودینامیک - خلاصه روابط
۵۴	۲.۱۱.۱ - فرض هم دمایی
۵۴	۲.۱۱.۲ - جریان حجمی هوای آزاد
۵۴	۲.۱۱.۳ - قوانین گاز ها
۵۴	۲.۱۱.۴ - جریان گاز از شکاف محدود کننده جریان
۵۵	۲.۱۱.۵ - جریان گاز داخل یک پد دایره ای
۵۵	۲.۱۱.۶ - جریان گاز در داخل یک محدود کننده لوله ای
۵۵	۲.۱۱.۷ - جریان گاز در داخل یک سوراخ محدود کننده
۵۶	۲.۱۱.۸ - فشار گاز در پد کنترل مویین
۵۶	۲.۱۱.۹ - فشار سوراخ در پد کنترل اوریفیس
۵۶	۲.۱۱.۱۰ - فرورفتگی مجازی
۵۷	فصل ۳ : توان، افزایش دما و بهینه سازی شکل
۵۷	۳.۱ - مقدمه
۵۸	۳.۲ - توان پمپ
۵۸	۳.۳ - توان اصطکاکی
۵۸	۳.۴ - نرخ توان
۵۹	۳.۵ - افزایش دما

۶۰	۳.۵.۱ - افزایش دمای سرعت پایین
۶۱	۳.۵.۲ - افزایش دمای سرعت بالا
۶۲	۳.۶ - حداقل توان به عنوان پارامتر بهینه سازی
۶۲	۳.۷ - حداقل توان برای یاتاقان های سرعت پایین
۶۲	۳.۷.۱ - نسبت پهنای بهینه برای یاتاقان های سرعت پایین
۶۲	۳.۷.۲ - یاتاقان های هیدرواستاتیک
۶۳	فصل ۴: صفحات، ضرایب شکل جریان و سطح
۶۳	۴.۱ - شکل صفحات و ضرایب شکل
۶۴	۴.۲ - حفره های مجازی و اتلاف پراکندگی
۶۶	۴.۳ - صفحات دایره ای
۶۸	۴.۴ - اطلاعات صفحات مربعی
۶۸	۴.۵ - اطلاعات صفحه دایره ای با شیار حلقوی
۶۹	۴.۶ - اطلاعات صفحات مخروطی
۶۹	۴.۶.۱ - صفحه مخروطی با ورودی مرکزی
۷۰	۴.۷ - صفحات مخروطی با یک حفره حلقوی
۷۱	۴.۸ - اطلاعات صفحات کروی
۷۳	فصل ۵: یاتاقان های هیدرواستاتیک و آیرواستاتیک
۷۳	۵.۱ - استفاده از جداول طراحی
۷۳	۵.۲ - انتخاب عرض جداره
۷۴	۵.۳ - تغییرات عرض جداره با تغییر ضخامت فیلم
۷۴	۵.۴ - تغییرات جریان با تغییر ضخامت فیلم
۷۴	۵.۵ - تغییرات سختی با تغییر ضخامت فیلم
۷۴	۵.۶ - یاتاقان با صفحه منفرد
۷۶	۵.۷ - یاتاقان با صفحات مساوی مخالف

۷۸	۵.۸ - یاتاقان با صفحات مخالف نامساوی
۸۱	۵.۹ - چیدمان ترکیبی صفحات (کنترل موئینگی)
۸۱	۵.۹.۱ - روند
۸۲	۵.۹.۲ - تغییر شکل ها
۸۳	۵.۹.۳ - انتخاب نرخ فشار طراحی برای چیدمان صفحات ترکیبی
۸۴	۵.۹.۴ - جدول روند طراحی
۹۷	فصل ۶ : یاتاقان های گرد باره ای
۹۷	۶.۱ - یاتاقان های گرد پاره ای فرورفته
۱۰۳	۶.۲ - یاتاقان های گرد جزئی با یک شیار تغذیه فشار بالا
۱۰۷	فصل ۷ : یاتاقان های گرد هیدرواستاتیک دارای فرورفتگی
۱۰۷	۷.۱ - مقدمه
۱۰۷	۷.۱.۱ - کاربرد یاتاقان های گرد
۱۰۸	۷.۱.۲ - نرخ خروج از مرکزی
۱۰۸	۷.۲ - جریان
۱۰۹	۷.۲.۱ - جریان داخلی
۱۰۹	۷.۲.۲ - جریان خارجی
۱۰۹	۷.۲.۳ - جریان هم مرکز بیشینه
۱۱۰	۷.۲.۴ - داده های محاسبه شده برای جریان
۱۱۰	۷.۲.۵ - جریان با فرورفتگی داخلی و زاویه پل
۱۱۱	۷.۲.۶ - گردش جریان در حفره
۱۱۱	۷.۲.۷ - جریان گردابه ای و معشوش
۱۱۲	۷.۲.۸ - جریان هیدرودینامیک
۱۱۳	۷.۲.۹ - اطلاعات جریان
۱۱۴	۷.۳ - بارگذاری
۱۱۴	۷.۳.۱ - بار تقریبی

۱۱۵	۷.۳.۲ - تحلیل بارگذاری
۱۱۵	۷.۳.۳ - بارگذاری طراحی ایمن و اطلاعات بار
۱۱۵	۷.۳.۴ - بار پیشینه ایمن
۱۱۵	۷.۳.۵ - تعداد حفره ها
۱۱۶	۷.۳.۶ - نرخ پهنای سطح
۱۱۶	۷.۳.۷ - نرخ فشار هم مرکز
۱۱۷	۷.۳.۸ - جهت بارگذاری
۱۱۸	۷.۳.۹ - اثرات سرعت
۱۱۸	۷.۴ - توان، نرخ توان و افزایش دما
۱۱۸	۷.۴.۱ - توان پمپاژ
۱۱۸	۷.۴.۲ - توان اصطکاک
۱۱۸	۷.۴.۳ - توان کمینه
۱۱۹	۷.۴.۴ - افزایش دما
۱۱۹	۷.۵ - نرخ های پهنای سطح و نرخ فشار هم مرکز
۱۱۹	۷.۶ - انتخاب تلورانس برای لقی پوسته یاتاقان
۱۲۰	۷.۷ - انتخاب فشار تغذیه، لزجت و لقی
۱۲۰	۷.۷.۱ - فشار تغذیه
۱۲۲	۷.۷.۲ - غلظت
۱۲۳	۷.۷.۲.۱ - یاتاقان های سرعت پایین
۱۲۳	۷.۷.۲.۲ - یاتاقان های سرعت بالا
۱۲۳	۷.۷.۳ - لقی
۱۲۳	۷.۴ - سختی پوسته یاتاقان
۱۲۳	۷.۴.۱ - سختی یاتاقان گرد هم مرکز
۱۲۴	۷.۴.۲ - تأثیر کنترل جریان روی سختی

۱۲۵	۷.۴.۳ - اطلاعات محاسبه سختی
۱۲۶	۷.۵ - مشتق گیری از سختی یاتاقان های گرد
۱۲۷	۷.۶ - اختلال های کوچک
۱۲۸	۷.۷ - جدول روند طراحی
۱۳۱	فصل ۸ : یاتاقان های گرد ساده
۱۳۱	۸.۱ - مقدمه
۱۳۲	۸.۲ - انتخاب وضعیت یاتاقان
۱۳۲	۸.۲.۱ - یاتاقان با شیار ورودی
۱۳۳	۸.۲.۲ - یاتاقان با سوراخ ورودی
۱۳۳	۸.۲.۳ - یاتاقان هیبریدی نامتقارن
۱۳۴	۸.۳ - نرخ توان
۱۳۴	۸.۴ - نرخ فشار هیدرواستاتیک هم مرکز
۱۳۴	۸.۵ - لقی یاتاقان و محدوده لقی
۱۳۶	۸.۶ - بار نگهدارنده هیدرواستاتیک
۱۳۶	۸.۶.۱ - یاتاقان سرعت صفر با شیار ورودی
۱۴۰	۸.۶.۲ - یاتاقان با شیار ورودی و سوراخ ورودی سرعت صفر
۱۴۰	۸.۶.۲.۱ - هشت سوراخ ورودی در هر ردیف
۱۴۱	۸.۷ - یاتاقان هیبریدی با شیار ورودی
۱۴۱	۸.۷.۱ - بار قابل تحمل برای کمینه سرعت
۱۴۲	۸.۷.۲ - تأثیر افزایش K
۱۴۳	۸.۷.۳ - نرخ طول / قطر
۱۴۳	۸.۷.۴ - نرخ فشار هم مرکز
۱۴۳	۸.۷.۵ - نرخ جدار ضخیم
۱۴۴	۸.۶ - یاتاقان هیبریدی با سوراخ ورودی
۱۴۵	۸.۷ - اندازه شیار و پورت های سوراخ ورودی

۱۴۷	۸.۸ - بار حمایتی هیدرواستاتیک و هیبریدی
۱۴۷	۸.۹ - جریان هیبریدی / هیدرواستاتیکی هم مرکز
۱۴۹	۸.۱۰ - افزایش دما و توان
۱۵۰	۸.۱۰.۱ - حداقل توان
۱۵۰	۸.۱۰.۲ - افزایش دما
۱۵۰	۸.۱۱ - یاتاقان های گرد آبرواستاتیک
۱۵۱	۸.۱۲ - نرخ فشار آبرواستاتیک هم مرکز
۱۵۱	۸.۱۳ - لقی آبرواستاتیک و محدودیت های لقی
۱۵۱	۸.۱۴ - بار حمایتی آبرواستاتیک
۱۵۳	۸.۱۵ - جریان آبرواستاتیک هم مرکز
۱۵۴	۸.۱۶ - یاتاقان های گرد آبرواستاتیک هیبریدی
۱۵۵	۸.۱۷ - جنس ماده و بافت سطح برای یاتاقان های گرد
۱۶۳	فصل ۹ - یاتاقان گرد مخروطی
۱۶۳	۹.۱ - کاربرد
۱۶۹	فصل ۱۰ - یاتاقان های کروی
۱۶۹	۱۰.۱ - کاربرد
۱۷۱	۱۰.۲ - پارامترهای اساسی
۱۷۲	۱۰.۲.۱ - هندسه اساسی
۱۷۲	۱۰.۲.۲ - مقادیر جابجایی و کمینه ضخامت لایه روغن
۱۷۳	۱۰.۲.۳ - نسبت فشار و طراحی محدودکننده
۱۷۳	۱۰.۲.۴ - نسبت های پهنای جداره
۱۷۳	۱۰.۳ - یاتاقان های کروی دارای شیار مرکزی
۱۷۷	۱۰.۵ - یاتاقان کروی چندشیاره منفرد
۱۷۷	۱۰.۶ - یاتاقان کروی چند شیاره عرضی

۱۸۱	فصل ۱۱ - دینامیک
۱۸۱	۱۱.۱ - مقدمه
۱۸۲	۱۱.۲ - بارگذاری استاتیکی
۱۸۳	۱۱.۳ - بارگذاری دینامیکی
۱۸۴	۱۱.۴ - مستهلک سازی لایه تحت فشار
۱۸۶	۱۱.۵ - تراکم پذیری در باتاقان ها
۱۸۶	۱۱.۶ - مدل دینامیکی بالشتک نیروی محوری
۱۹۰	۱۱.۷ - صفحه فشاری هیدرواستاتیک با تکیه گاه باریک
۱۹۳	فصل ۱۲ : شبیه سازی المان محدود باتاقان
۱۹۳	۱۲.۱ - شبیه سازی اجرا محدود توسط ANSYS
۱۹۵	۱۲.۲ - مقدمه
۱۹۵	۱۲.۳ - مطالعات گذشته روی بافت سطح
۱۹۶	۱۲.۴ - مقدمه ای بر CFD
۱۹۷	۱۲.۵ - هدف پژوهش
۱۹۷	۱۲.۶ - معادلات حاکم
۱۹۷	۱۲.۷ - هندسه های مورد استفاده
۱۹۹	۱۲.۷ - شرایط مرزی
۱۹۹	۱۲.۷.۱ - روتور بدون حرکت
۱۹۹	۱۲.۷.۲ - مرحله ای
۱۹۹	۱۲.۷.۳ - روتور استاتور گذرا
۲۰۰	۱۲.۸ - پارامترهای کنترل جریان گذرا
۲۰۰	۱۲.۸.۱ - گام زمانی
۲۰۰	۱۲.۸.۲ - عدد کوران
۲۰۰	۱۲.۸.۳ - ضریب بیشینه تکرار
۲۰۱	۱۲.۹ - طرح گذرا

۲۰۱	۱۲.۱۰ - استراتژی مش بندی
۲۰۲	۱۲.۱۱ - نتایج
۲۰۲	۱۲.۱۱.۱ - معیار همگرایی
۲۰۵	۱۲.۱۲ - تحلیل فرکانس بار
۲۰۶	۱۲.۱۳ - اختلاف عددی
۲۱۰	۱۲.۱۴ - شبیه سازی حالت پایدار
۲۱۳	۱۲.۱۵ - شبیه سازی گذرا
۲۱۴	۱۲.۱۶ - ظرفیت بار قابل تحمل
۲۱۹	۱۲.۱۷ - نتیجه گیری و کارهای آتی
۲۲۱	علائم و نمادها
۲۲۵	مراجع
۲۳۰	سایر آثار