



دانشگاه شاهرود
پایه

طراحی اجزاء ۲

(رشته مهندسی مکانیک)

میلاد صادق یزدی سیدعلی لطیفی رستمی

امروزه کتاب‌خوانی و علم‌آموزی، نه تنها یک وظیفه‌ی ملی، که یک واجب دینی است.

مقام معظم رهبری

در عصر حاضر یکی از شاخصه‌های ارزیابی رشد، توسعه و پیشرفت فرهنگی هر کشوری میزان تولید کتاب، مطالعه و کتاب‌خوانی مردم آن مرز و بوم است. ایران اسلامی نیز از دیرباز تاکنون با داشتن تمدنی چندهزارساله و مراکز متعدد علمی، فرهنگی، کتابخانه‌های معتبر، علما و دانشمندان بزرگ با آثار ارزشمند تاریخی، سرآمد دولت‌ها و ملت‌های دیگر بوده و در عرصه‌ی فرهنگ و تمدن جهانی به‌سان خورشیدی تابناک همچنان می‌درخشد و با فرزندان نیک‌نهاد خویش هنرنمایی می‌کند. چه کسی است که در دنیا با دانشمندان فرزانه و نام‌آور ایرانی همچون ابوعلی سینا، ابوریحان بیرونی، فارابی، خوارزمی و ... همچنین شاعران برجسته‌ای نظیر فردوسی، سعدی، مولوی، حافظ و ... آشنا نباشد و در مقابل عظمت آنها سر تعظیم فرود نیاورد. تمامی این افتخارات ارزشمند، برگرفته از میزان عشق و علاقه فراوان ملت ما به فراگیری علم و دانش از طریق خواندن و مطالعه منابع و کتاب‌های گوناگون است. به شکرانه‌ی الهی، تاریخ و گذشته ما، همیشه درخشان و پر بار است. ولی اکنون در این زمینه در چه جایگاهی قرار داریم؟ آمار و ارقام ارائه‌شده از سوی مجامع و سازمان‌های فرهنگی در مورد سرانه‌ی مطالعه‌ی هر ایرانی، برایمان چندان امیدوارکننده نمی‌باشد و رهبر معظم انقلاب اسلامی نیز از این وضعیت بارها اظهار گله و ناخشنودی نموده‌اند.

کتاب، دروازه‌ای به سوی گستره‌ی دانش و معرفت است و کتاب خوب، یکی از بهترین ابزارهای کمال بشری است. همه‌ی دستاوردهای بشر در سراسر عمر جهان، تا آنجا که قابل کتابت بوده است، در میان دست‌نوشته‌هایی است که انسان‌ها پدید آورده و می‌آورند. در این مجموعه‌ی بی‌نظیر، تعالیم الهی، درس‌های پیامبران به بشر، و همچنین علوم مختلفی است که سعادت بشر بدون آگاهی از آنها امکان‌پذیر نیست. کسی که با دنیای زیبا و زندگی‌بخش کتاب ارتباط ندارد بی‌شک از مهم‌ترین دستاورد انسانی و نیز از بیشترین معارف الهی و بشری محروم است. با این دیدگاه، به‌روشنی می‌توان ارزش و مفهوم رمزی عمیق در این حقیقت تاریخی را دریافت که اولین خطاب خداوند متعال به پیامبر گرامی اسلام (ص) این است که «بخوان!» و در اولین

سوره‌ای که بر آن فرستاده‌ی عظیم‌الشان خداوند، فرود آمده، نام «قلم» به تجلیل یاد شده‌است: «اقْرَأْ وَ رَبُّكَ الْأَكْرَمُ. الَّذِي عَلَّمَ بِالْقَلَمِ» در اهمیت عنصر کتاب برای تکامل جامعه‌ی انسانی، همین بس که تمامی ادیان آسمانی و رجال بزرگ تاریخ بشری، از طریق کتاب جاودانه مانده‌اند.

دانشگاه پیام‌نور با گستره‌ی جغرافیایی ایران‌شمول خود با هدف آموزش برای همه، همه‌جا و همه‌وقت، به‌عنوان دانشگاهی کتاب‌محور در نظام آموزش عالی کشورمان، افتخار دارد جایگاه اندیشه‌سازی و خردورزی بخش عظیمی از جوانان جویای علم این مرز و بوم باشد. تلاش فراوانی در ایام طولانی فعالیت این دانشگاه انجام پذیرفته تا با بهره‌گیری از تجربه‌های گرانقدر استادان و صاحب‌نظران برجسته کشورمان، کتاب‌ها و منابع آموزشی درسی شاخص و خودآموز تولید شود. در آینده هم، این مهم با هدف ارتقای سطح علمی، روزآمدی و توجه بیشتر به نیازهای مخاطبان دانشگاه پیام‌نور با جدیت ادامه خواهد داشت. به‌طور قطع استفاده از نظرات استادان، صاحب‌نظران و دانشجویان محترم، ما را در انجام این وظیفه‌ی مهم و خطیر یاری‌رسان خواهد بود. پیشاپیش از تمامی عزیزانی که با نقد، تصحیح و پیشنهادهای خود ما را در انجام این وظیفه‌ی خطیر یاری می‌رسانند، سپاسگزاری می‌نماییم. لازم است از تمامی اندیشمندانی که تاکنون دانشگاه پیام‌نور را منزلگاه اندیشه‌سازی خود دانسته و ما را در تولید کتاب و محتوای آموزشی درسی یاری نموده‌اند، صمیمانه قدردانی گردد. موفقیت و بهروزی تمامی دانشجویان و دانش‌پژوهان عزیز آرزوی همیشگی ما است.

دانشگاه پیام‌نور

فهرست مطالب

پیشگفتار یازده

فصل اول. یاتاقان‌های غلتشی ۱

هدف کلی ۱

هدف‌های یادگیری ۱

مقدمه ۱

۱-۱ یاتاقان‌های ساچمه‌ای ۲

۲-۱ یاتاقان‌های غلتکی ۴

۳-۱ عمر یاتاقان ۶

۴-۱ گزینش یاتاقان‌ها ۷

۱-۴-۱ بارگذاری شعاعی بدون بار محوری ۸

۲-۴-۱ بارگذاری ترکیبی شعاعی و محوری ۱۷

۳-۴-۱ بارگذاری متغیر ۲۱

۵-۱ تنش تماسی بین رولرها ۲۴

۶-۱ خرابی یاتاقان‌ها ۲۵

۷-۱ یاتاقان‌های همراستا شونده ۲۷

۸-۱ روان‌کاری ۲۸

۱-۸-۱ روغن ۲۹

۲-۸-۱ روان‌کاری با گریس ۳۰

۹-۱ پیش‌باردهی ۳۱

۱۰-۱ محفظه ۳۲

۱۱-۱ نصب و قرار ۳۴

۳۸	 خلاصه فصل اول
۳۹	 خودآزمایی تشریحی فصل اول

۴۳	 فصل دوم. تسمه‌ها
۴۳	 هدف کلی
۴۳	 هدف‌های یادگیری
۴۳	 مقدمه

۴۴	 ۱-۲ انواع تسمه‌ها از نظر شکل مقطع
۴۴	 ۱-۱-۲ تسمه تخت
۴۵	 ۲-۱-۲ تسمه گرد
۴۵	 ۳-۱-۲ تسمه ۷ شکل
۴۶	 ۴-۱-۲ تسمه دنداندار
۴۶	 ۲-۲ جنس تسمه‌ها
۴۶	 ۱-۲-۲ تسمه‌های چرمی
۴۷	 ۲-۲-۲ تسمه‌های لاستیکی
۴۷	 ۳-۲-۲ تسمه‌های برزنتی
۴۸	 ۳-۲ روش‌های اتصال تسمه‌ها
۴۸	 ۴-۲ روش‌های سفت کردن تسمه (ایجاد پیش تنش)
۵۱	 ۵-۲ روش‌های اتصال در سیستم تسمه و پولی
۵۴	 ۶-۲ تحلیل نیرویی تسمه‌ها
۵۴	 ۱-۶-۲ تحلیل هندسی محرکه‌های تسمه‌ای تخت
۵۵	 ۲-۶-۲ تحلیل نیرویی محرکه‌های تسمه‌ای تخت
۶۰	 ۳-۶-۲ ضریب کار
۶۳	 ۴-۶-۲ طراحی تسمه تخت
۶۶	 ۵-۶-۲ طراحی سیستم‌های انتقال قدرت تسمه‌های ۷ شکل
۶۷	 ۶-۶-۲ طراحی تسمه ۷ شکل به کمک جدول
۶۸	 ۷-۶-۲ عمر انتظاری
۷۴	 ۷-۲ نگهداری تسمه‌ها
۷۵	 خلاصه فصل دوم
۷۵	 خودآزمایی تشریحی فصل دوم

۷۹	 فصل سوم. کلاچ‌ها و ترمزها
۷۹	 هدف کلی
۷۹	 هدف‌های یادگیری
۷۹	 مقدمه
۸۱	 ۱-۳ کلاچ‌ها

۱۲	۳-۱-۱ کلاچ صفحه‌ای و کلاچ چندصفحه‌ای
۸۷	۳-۱-۲ کلاچ مخروطی
۹۰	۳-۲-۱ ترمزها
۹۰	۳-۲-۲ ترمز نواری
۹۳	۳-۲-۳ ترمز کشکی
۱۰۶	۳-۲-۳ ترمز صفحه‌ای
۱۱۱	۳-۲-۴ ترمز لقمه‌ای
۱۱۳	۳-۲-۵ حرارت در ترمزها
۱۱۸	۳-۲-۶ مقایسه ترمزها
۱۱۹	۳-۳ اجسام مالشی مصرفی برای کلاچ‌ها و ترمزها
۱۲۲	خلاصه فصل سوم
۱۲۲	خودآزمایی تشریحی فصل سوم
۱۲۵	فصل چهارم. چرخنده‌های ساده
۱۲۵	هدف کلی
۱۲۵	هدف‌های یادگیری
۱۲۵	مقدمه
۱۲۷	۴-۱ تحلیل هندسی
۱۲۷	۴-۱-۱ واژگان هندسی
۱۳۰	۴-۱-۲ اصول
۱۳۲	۴-۱-۳ فرم دندانه‌های چرخنده‌ها
۱۳۴	۴-۱-۴ نسبت درگیری
۱۳۷	۴-۱-۵ چرخنده‌های مرتبط
۱۴۱	۴-۲ تحلیل نیرویی
۱۴۱	۴-۲-۱ تحلیل نیرویی دو چرخنده درگیر ساده
۱۴۴	۴-۲-۲ بار دینامیکی
۱۴۶	۴-۳ تحلیل مقاومتی
۱۴۷	۴-۳-۱ مقاومت خمشی در چرخنده‌های ساده
۱۵۸	۴-۳-۲ مقاومت سایشی در چرخنده‌های ساده
۱۶۳	۴-۳-۳ مسیر طراحی در چرخنده‌های ساده
۱۶۸	۴-۴ مشخصات عمومی
۱۶۸	۴-۴-۱ جنس چرخنده‌ها
۱۶۹	۴-۴-۲ روش‌های تولید
۱۷۱	خلاصه فصل چهارم
۱۷۲	خودآزمایی تشریحی فصل چهارم

فصل پنجم. چرخنده‌های غیر ساده (مخروطی، مارپیچ و حلزونی).....	۱۷۵
هدف کلی.....	۱۷۵
هدف‌های یادگیری.....	۱۷۵
مقدمه.....	۱۷۵
۱-۵ چرخنده‌های غیر ساده.....	۱۷۶
۱-۱-۵ چرخنده‌های مارپیچی.....	۱۷۶
۲-۱-۵ چرخنده‌های مخروطی.....	۱۷۹
۳-۱-۵ چرخنده‌های حلزونی.....	۱۸۱
۲-۵ واژگان هندسی چرخنده‌های غیر ساده.....	۱۸۲
۱-۲-۵ چرخنده مارپیچی.....	۱۸۲
۲-۲-۵ سینماتیک چرخنده‌های مخروطی مستقیم.....	۱۸۵
۳-۲-۵ روابط هندسی حلزون.....	۱۸۶
۳-۵ تحلیل نیرویی چرخنده‌های غیر ساده.....	۱۸۸
۱-۳-۵ تحلیل نیرویی چرخنده‌های مارپیچ.....	۱۸۸
۲-۳-۵ تحلیل نیرویی چرخنده‌های مخروطی.....	۱۹۲
۳-۳-۵ بررسی نیرو در چرخنده‌های حلزونی:.....	۱۹۵
۴-۵ تحلیل مقاومتی چرخنده‌های غیر ساده.....	۲۰۷
۱-۴-۵ چرخنده مارپیچ.....	۲۰۷
۲-۴-۵ چرخنده‌های مخروطی مستقیم (روابط آگما).....	۲۱۰
خلاصه فصل پنجم.....	۲۲۴
خودآزمایی تشریحی فصل پنجم.....	۲۲۴
فصل ششم. مواد مهندسی.....	۲۲۹
هدف کلی.....	۲۲۹
هدف‌های یادگیری.....	۲۲۹
مقدمه.....	۲۲۹
۱-۶ مقاومت استاتیکی مصالح.....	۲۳۰
۲-۶ مقاومت و سفتی مواد.....	۲۳۴
۱-۲-۶ مقاومت کششی.....	۲۳۴
۲-۲-۶ مقاومت فشاری.....	۲۳۶
۳-۲-۶ مقاومت پیچشی.....	۲۳۷
۳-۶ رفتار مواد.....	۲۳۸
۱-۳-۶ رفتار مواد در برابر بارهای ضربه‌ای.....	۲۳۸
۲-۳-۶ رفتار مواد در برابر بارهای دینامیکی متناوب.....	۲۴۱
۴-۶ کار سرد.....	۲۴۴
۱-۴-۶ فرایندهای سردکاری.....	۲۴۶

۲۴۷	۵-۶ اثر گرما بر روی خواص مواد
۲۴۹	۵-۶ فلزاتی که در دماهای بالا مناسب هستند
۲۵۱	۶-۶ سختی
۲۵۴	۶-۷ فولاد و آلیاژهای آن
۲۵۵	۶-۷-۱ انواع فولادها
۲۵۸	۶-۷-۲ سیستم نام‌گذاری فولادها در استانداردهای آمریکایی
۲۶۰	۶-۸ فلزات غیر آهنی
۲۶۰	۶-۸-۱ آلومینیوم
۲۶۴	۶-۸-۲ مس
۲۶۶	۶-۸-۳ روی و قلع
۲۶۷	۶-۸-۴ سایر فلزات غیر آهنی
۲۶۷	۶-۹ سرامیک‌ها
۲۶۸	۶-۹-۱ سرامیک با مصارف عمومی
۲۶۸	۶-۹-۲ سرامیک‌های مهندسی
۲۷۰	۶-۹-۳ شیشه‌ها
۲۷۱	خلاصه فصل ششم
۲۷۱	خودآزمایی تشریحی فصل ششم
۲۷۳	پیوست‌ها
۲۷۴	جداول
۲۸۶	شکل‌ها
۲۸۹	منابع

پیشگفتار

علم آنچه را که هست شرح می‌دهد و مهندسی چیزی را که هرگز نبوده است خلق می‌کند. طراحی را می‌توان تدوین برنامه‌ای هدفمند برای ارضای یک نیاز معین یا حل یک مشکل تعریف کرد؛ برنامه‌ای که به محصولی ایمن، هدفمند، اعتمادپذیر، رقابت‌پذیر، قابل ساخت و مشتری‌پسند منجر می‌شود. طراحی یک فرایند با رفت و برگشت در مراحل بسیار زیاد است که از هم متأثرند. آموختن و به‌کارگیری این فرایند یک رویه پیوسته است که از زمان تحصیل شروع می‌شود و می‌تواند شما را به طراحی بزرگ تبدیل کند.

طراحی، اوج فعالیت‌های مهندسی است.

فرایند طراحی مهندسی، فرایندی است که برای توسعه بخشی به محصولات توسط مهندسان استفاده می‌شود. بنا به تعریف، به «فرایند درست کردن یک سامانه یا قطعه برای به دست آوردن نیازهای دلخواه» طراحی مهندسی می‌گویند.

در این کتاب، سعی شده است تا با بیان ترکیبی از مفاهیم اساسی پایه و تمرینات کاربردی، روند گزینش و طراحی برخی از پرکاربردترین اجزای مکانیکی شرح داده شود. آشنایی خوانندگان با معیارهای تصمیم‌گیری و استانداردهای قطعات صنعتی در طراحی‌های مهندسی از دیگر موارد مطروحه در این نوشتار است.

این کتاب در هفت فصل تنظیم شده است. در فصل اول انواع یاتاقان‌های غلتشی مورد بحث و بررسی قرار گرفته و نحوه انتخاب این یاتاقان و محافظت و نگهداری آن‌ها شرح داده می‌شود. فصل دوم به بیان انواع تسمه‌ها می‌پردازد و سعی شده است که بیانی جامع، هم از نظر تعاریف و ویژگی‌ها و هم از نظر تحلیل نیرویی، برای سیستم‌های محرکه دارای تسمه ارائه شود.

در فصل سوم انواع کلاچ‌ها و ترمزها به همراه تحلیل جامع نیرویی هر کدام ارائه شده است. فصل‌های چهارم و پنجم به انواع چرخدنده‌ها اختصاص یافته است. در این دو فصل، سعی شده است تا با بیانی روان و ساده به تحلیل و بررسی انواع چرخدنده، هم از نظر نیرو و هم از نظر مقاومت (تنش) پرداخته شود. در فصل ششم انواع مصالح مهندسی بیان شده و رفتار مکانیکی مواد در شرایط مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین فصلی به‌عنوان پیوست نیز در انتها در نظر گرفته شده است که در آن برخی جداول کاربردی مرتبط با موضوعات بیان شده در فصول مختلف کتاب گنجانده شده است.

میلاد صادق یزدی

سیدعلی لطیفی رستمی

۱۳۹۶

فصل اول

یاتاقان‌های غلتشی

هدف کلی

پس از مطالعه این فصل، دانشجو با مفاهیم زیر آشنایی پیدا می‌کند.
آشنایی با انواع یاتاقان‌های ساچمه‌ای و غلتکی و نحوه گزینش یاتاقان‌ها در شرایط کارکردی گوناگون

هدف‌های یادگیری

- پس از مطالعه این فصل، دانشجو باید بتواند بر مفاهیم زیر تسلط کافی داشته باشد:
۱. تعریف یاتاقان‌های غلتشی را فراگرفته باشد.
 ۲. با انواع یاتاقان‌های غلتشی آشنا شده باشد.
 ۳. بر محاسبه عمر یاتاقان، نحوه انتخاب آن و خرابی یاتاقان‌ها تسلط داشته باشد.
 ۴. نحوه روان‌کاری و محافظت از یاتاقان را فراگرفته باشد.
 ۵. با چگونگی نصب، سوارکردن و تنظیم یاتاقان‌ها آشنایی کامل داشته باشد.

مقدمه

یافتن روش‌های مناسب برای غلبه بر نیروی اصطکاک، از دیرباز در سرلوحه کارهای بشر بوده است. اصطکاک یکی از مهم‌ترین عوامل هدررفت انرژی در بخش‌های مختلف یک سیستم است. هنگامی که در سیستمی یک میل‌محور با حرکت دورانی داشته باشیم، اصطکاک بین میل‌محور و بدنه، سهم مهمی را در هدررفت انرژی آن مجموعه بازی می‌کند. برای کاهش اصطکاک در این موارد از یاتاقان‌ها استفاده می‌شود.

یاتاقان‌ها مجموعه‌هایی هستند که ضمن کاهش اصطکاک در فصل مشترک تماس، اجازه حرکت نسبی مشخصی را، به صورت حرکت چرخشی یا حرکت خطی، بین دو یا چند قطعه می‌دهند. یاتاقان‌ها براساس نوع عملکردشان به انواع ساده، غلتشی، لغزشی، مرصع، مغناطیسی و خمشی دسته‌بندی می‌شوند. یاتاقان‌ها از پیش، طراحی و ساخته می‌شوند. بنابراین، مسئله‌ای که یک متخصص طراحی با آن روبه‌رو است، نحوه گزینش صحیح یک یاتاقان است.

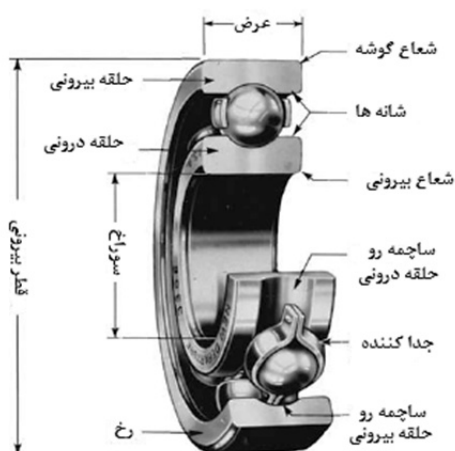
یاتاقان باید طوری انتخاب شود که درون فضایی با اندازه‌های از پیش تعیین شده قرار بگیرد، توانایی تحمل بار را با شرایط معین و علاوه بر این در شرایط کاری مشخص شده‌ای، عمر قابل قبولی داشته باشد. بنابراین یک طراح باید مسائل متعددی همچون میزان بار اعمالی، شرایط محیط، خواص مواد، شرایط روان کاری، تolerانس‌های ماشین کاری، نصب، هزینه، نوع کاربرد و ... را بررسی کند.

یکی از پرکاربردترین انواع یاتاقان، یاتاقان‌های غلتشی هستند. یاتاقان‌های غلتشی معمولاً در همه دستگاه‌هایی که در آن محور دورانی وجود دارد، حضور دارند. یاتاقان‌های ساچمه‌ای^۲ و یاتاقان‌های غلتکی^۳ دو نوع بسیار پرکاربرد از یاتاقان‌های غلتشی هستند. در این فصل، ابتدا به معرفی ساختمان و انواع یاتاقان‌های ساچمه‌ای و غلتکی پرداخته می‌شود. سپس نحوه گزینش یاتاقان‌ها در شرایط کارکردی گوناگون مورد بحث قرار می‌گیرد. در انتها ضمن معرفی برخی پارامترهای تأثیرگذار در گزینش یاتاقان‌ها، عوامل مؤثر در هر یک از آن‌ها تشریح خواهد شد.

۱-۱ یاتاقان‌های ساچمه‌ای

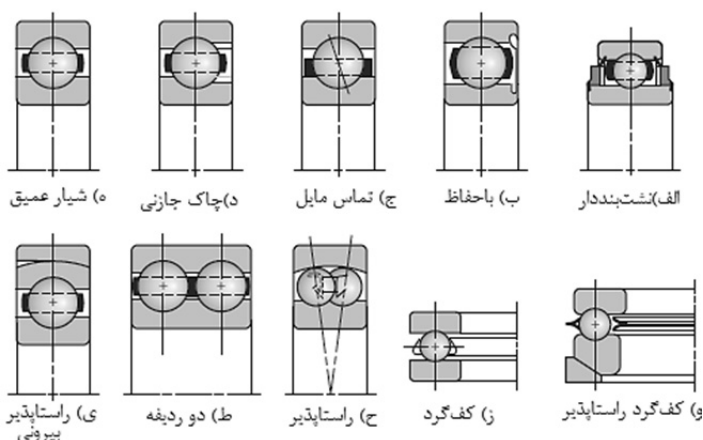
شکل ۱-۱ نمایی برش خورده از یک یاتاقان ساچمه‌ای را نشان می‌دهد. این یاتاقان‌ها از چهار بخش حلقه بیرونی، حلقه درونی، اجزای غلتنده (ساچمه‌ها) و جداسازها تشکیل شده‌اند. ساچمه‌ها بین حلقه‌های درونی و بیرونی، در داخل شیار که روی حلقه‌ها تعبیه شده‌است، قرار می‌گیرند. ایجاد شیار روی حلقه‌ها، باعث افزایش سطح تماس ساچمه‌ها با حلقه‌ها می‌شود و در نتیجه یاتاقان می‌تواند بارهای بزرگ‌تری را تحمل کند. قرار گرفتن یاتاقان‌ها در مکان‌های مشخص و عدم برخورد آن‌ها با یکدیگر در حین حرکت، وظیفه جداسازها است.

1. Bearing
2. Ball Bearing
3. Roller Bearings



شکل ۱-۱. معرفی اجزای اصلی یک یاتاقان ساچمه‌ای

شکل ۱-۲ مقطع برش خورده از انواع یاتاقان‌های استاندارد را نشان می‌دهد. یاتاقان‌های ساچمه‌ای شیار عمیق، توانایی تحمل بار شعاعی و مقداری بار محوری را دارند. یاتاقان‌های ساچمه‌ای با چاک جازنی ساچمه‌های بیشتری دارد که توانایی تحمل بار شعاعی بیشتری را ایجاد می‌کنند، اما با توجه به کم‌تر بودن عمق شیار آن، بار محوری کمتری را نسبت به یاتاقان‌های ساچمه‌ای شیار عمیق تحمل می‌کند. برای تحمل بار محوری بیشتر، بهتر است از یاتاقان‌های ساچمه‌ای تماس مایل استفاده شود.



شکل ۱-۲. گونه‌هایی از یاتاقان‌های ساچمه‌ای

اکثر یاتاقان‌های ساچمه‌ای با حفاظ‌های یک‌طرفه یا دوطرفه ساخته می‌شود تا از آن در برابر گرد و غبار یا آلودگی‌های محیطی محافظت کنند. یاتاقان‌های ساچمه‌ای نشت‌بنددار، یاتاقان‌هایی هستند که برای مدت طولانی نیاز به روان‌کاری ندارند. اگر بین میل‌محور و سوراخ نگه‌دارنده، ناهمراستایی بالایی وجود داشته باشد، از یاتاقان‌های راستاپذیر استفاده می‌شود. یاتاقان‌های ساچمه‌ای دوردیفه، تحمل بار شعاعی و محوری بالاتری نسبت به یاتاقان‌های تک‌ردیفه دارند. یاتاقان‌های کف‌گرد^۱ تنها تحمل بار محوری را دارند. شکل ۳-۱ به ما کمک می‌کند تا درک بهتری از هندسه گونه‌های یادشده داشته باشیم.

همه گونه‌های یادشده در ابعاد و اندازه‌های متنوع ساخته می‌شود. تیرانس‌های ابعادی در یاتاقان‌ها بسیار پایین است، در نتیجه ساچمه‌های ساخته‌شده باید کاملاً یکنواخت باشند. سطح تماس کم میان ساچمه‌ها و حلقه‌ها، منجر به ایجاد تنش‌های بسیار بالا می‌شود؛ به همین جهت در ساخت آن‌ها باید از موادی با نقطه تسلیم بالا استفاده شود.

با توجه به انواع تنش‌هایی که در یاتاقان‌های ساچمه‌ای وجود دارد، از آن‌ها انتظار نمی‌رود که عمر بی‌نهایتی داشته باشند، اما باید طوری طراحی یا انتخاب شوند که برای بازه زمانی مشخصی عمر قابل قبولی داشته باشند.



شکل ۳-۱. انواع یاتاقان ساچمه‌ای: الف) کف‌گرد ب) با حفاظ ج) دو ردیفه

۲-۱ یاتاقان‌های غلتکی

شکل ۴-۱ نمایی از یک یاتاقان غلتکی را نشان می‌دهد. یاتاقان‌های غلتکی همانند یاتاقان‌های ساچمه‌ای از چهار جزء اصلی تشکیل شده‌است: حلقه درونی، حلقه بیرونی،

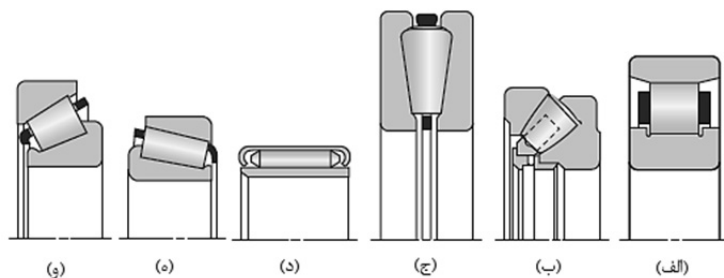
۵ یاتاقان‌های غلتشی

جداسازها و غلتک‌ها. همان‌گونه که مشاهده می‌شود در این یاتاقان‌ها از غلتک‌های استوانه‌ای به جای ساچمه‌ها استفاده شده‌است. به صورت کلی، هرگاه بارهای وارده به یاتاقان‌ها به صورت ضربه‌ای یا بسیار بزرگ باشد، از یاتاقان‌های غلتکی استفاده می‌شود.



شکل ۱-۴. معرفی اجزای اصلی یک یاتاقان غلتکی

برخی یاتاقان‌های استاندارد غلتکی در شکل ۱-۵ آورده شده‌است. به دلیل آنکه سطح تماس غلتک‌ها نسبت به ساچمه‌ها با حلقه‌های درونی و بیرونی بیشتر است، موجب می‌شود که یاتاقان‌های غلتک استوانه‌ای قابلیت تحمل بار شعاعی بیشتری را نسبت به یاتاقان‌های ساچمه‌ای، با ابعاد یکسان داشته باشند، اما شرایط تولید آن‌ها به مراتب از تولید یاتاقان‌های ساچمه‌ای سخت‌تر است.



شکل ۱-۵. (الف) غلتک استوانه‌ای، (ب) کف‌گرد غلتک کروی، (ج) کف‌گرد غلتک مخروطی، (د) سوزنی، (و) غلتک مخروطی

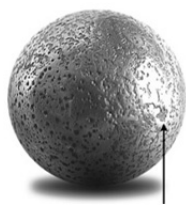
در یاتاقان‌های غلتکی، اندکی ناهم‌راستایی^۱، باعث می‌شود که غلتک‌ها کج شده و از مسیر خود خارج شوند. بنابراین باید غلتک‌ها و حلقه‌ها دقت ابعادی بالایی داشته و در این یاتاقان‌ها از جداسازهای قوی استفاده شود.

لازم به ذکر است که یاتاقان‌های غلتک استوانه‌ای بارهای محوری را نمی‌پذیرند. برای بارهای بسیار بزرگ و غیرهمراستا از یاتاقان‌های کف‌گرد غلتک کروی (بشکه‌ای) استفاده می‌شود. این یاتاقان‌ها طوری طراحی شده‌اند که با افزایش بار وارده بر آن‌ها، سطح تماس غلتک‌ها با حلقه‌های درونی و بیرونی افزایش می‌یابد. هرگاه فضای شعاعی کمی برای قرارگیری یاتاقان وجود داشته باشد، یاتاقان‌های سوزنی^۱ می‌توانند بسیار مفید واقع شوند. این یاتاقان‌ها در دو نوع با جداساز و بدون جداساز وجود دارند که تفاوت آن‌ها در میزان تحمل بار وارده بر آن‌ها نمایان می‌شود. یاتاقان‌های غلتک مخروطی، ترکیبی از مزایای یاتاقان‌های ساچمه‌ای و یاتاقان‌های غلتک استوانه‌ای را دارا هستند. این یاتاقان‌ها توانایی تحمل بسیار بیشتری از بارهای محوری و شعاعی و یا ترکیبی از آن‌ها را نسبت به یاتاقان‌های ساچمه‌ای دارند.

یاتاقان‌های یادشده تنها بخش کوچکی از انواع یاتاقان‌هایی است که در بازار وجود دارند. گاهی یاتاقان‌ها برای کاربردهای خاصی و برای گروهی از ماشین‌آلات ویژه‌ای ساخته می‌شوند. برای مثال می‌توان از یاتاقان‌های وسایل دقیق، که از فولاد ضدزنگ یا مواد گرم کار ساخته می‌شوند، یاتاقان‌های دو ردیفه و یا یاتاقان‌های با غلتک انعطاف‌پذیر نام برد.

۱-۳ عمر یاتاقان

هنگامی که یک یاتاقان در مجموعه‌ای قرار می‌گیرد، دیر یا زود دچار خرابی می‌شود؛ چرا که حتی اگر یاتاقان‌ها به‌خوبی تمیز و روان‌سازی شوند، در دمای مناسبی کار کنند، بارهای شعاعی و محوری بسیار ناچیزی بر آن‌ها وارد شود و از انواع آلودگی‌های محیطی دور بمانند، باز هم در اثر تماس حرکتی اجزا با یکدیگر، تنش‌های تماسی روی اجزای مختلف حرکتی یاتاقان‌ها اتفاق می‌افتد. تنش‌های تماسی منجر به خستگی فلزهای سازنده یاتاقان‌ها می‌شود. خستگی فلز در شرایط یاد شده، به شکل پوسته‌پوسته‌شدن سطوح تماسی زیر بار روی حلقه درونی، حلقه بیرونی، ساچمه‌ها (و یا غلتک‌ها) نمایان می‌شود (شکل ۱-۶).



(ب)



(الف)

شکل ۱-۶. خرابی ناشی از خستگی روی الف) حلقه درونی ب) یاتاقان

برای ارزیابی عمر مفید یاتاقان، یک تعریف کمی از آن ارائه می‌شود. به تعداد دورهای گردش حلقه درونی (درحالی که حلقه بیرونی ساکن است) و یا تعداد ساعات کاری (در یک سرعت زاویه‌ای استاندارد) یک یاتاقان تا زمانی که اولین جلوه خستگی در آن آشکار شود، عمر یاتاقان می‌گویند. آزمایش‌ها نشان می‌دهد که عمر یک یاتاقان خاص به‌طور دقیق قابل پیش‌بینی نیست، مگر آنکه طبق تعریف بالا مورد آزمایش قرار گیرد تا به خستگی برسد که در این صورت دیگر نمی‌توان از آن یاتاقان استفاده کرد.

یاتاقان‌هایی با ابعاد و ظاهر یکسان که توسط یک شرکت تولید می‌شوند ممکن است دارای عمرهای متفاوتی باشند. این تفاوت می‌تواند ناشی از شرایط تولید غیریکسان، شرایط ارزیابی غیریکسان و یا تolerانس‌های ابعادی یاتاقان‌های تولید شده باشد و همین امر، کار گزینش یاتاقان‌ها را براساس این تعریف دشوار می‌کند.

بر همین اساس، انجمن سازندگان یاتاقان آمریکا^۱ تعریفی جدید از عمر یاتاقان را برای گروهی از یاتاقان‌ها که دارای ابعاد و اندازه یکسان هستند، تحت عنوان عمر محک^۲ ارائه کرده است. بنابر این تعریف، به تعداد دورهای گردش (و یا تعداد ساعات کاری در سرعت‌های زاویه‌ای یکسان) که ۹۰ درصد یاتاقان‌های یک گروه به آن می‌رسند بدون آنکه جلوه‌ای از خستگی در هیچ‌یک از اجزای آن مشاهده شود، عمر محک آن گروه از یاتاقان‌ها می‌گویند و آن را با L_{10} نمایش می‌دهند.

۴-۱ گزینش یاتاقان‌ها

یاتاقان‌ها در انواع و ابعاد گوناگون و برای کارکردهای متنوعی توسط شرکت‌های

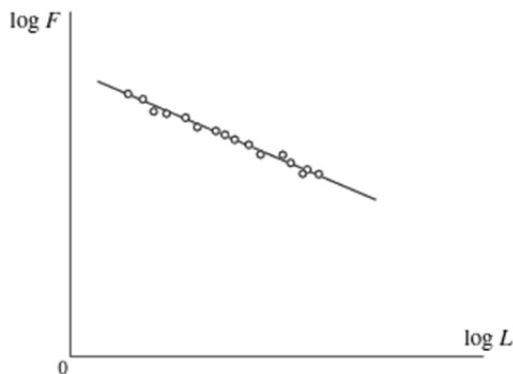
1. The American Bearing Manufacturers Association (ABMA)

2. Rating Life

مختلف ساخته می‌شوند. سؤال اصلی مطرح برای یک طراح این است که کدام یک از این موارد می‌تواند جواب‌گوی نیاز طرح وی باشد؛ یا به عبارت دیگر، او چطور باید از بین تمام گزینه‌های موجود، یک یاتاقان را انتخاب کند. برای این کار، طراح باید گزینه‌های زیادی را در نظر بگیرد. ابعاد و اندازه، محدودیت‌های فضا، نوع کاربرد، شرایط کاری (مانند دما، رطوبت، خوردگی، وجود یا عدم وجود گرد و خاک و یا سایر ذرات آلاینده، و غیره) همه و همه از مواردی هستند که باید قبل از طراحی، آن‌ها را در نظر گرفت. پژوهش‌های صورت گرفته نشان می‌دهد که علاوه بر موارد یاد شده، جهت و مقدار بار اعمالی، نقش تعیین‌کننده‌ای در یک انتخاب مناسب دارد. بار وارده بر یاتاقان‌ها می‌تواند از نوع ثابت یا متغیر و در جهت شعاعی، محوری و یا ترکیبی از آن دو باشد. هنگامی که نوع یا جهت بار اعمالی به یاتاقان‌ها تغییر می‌کند، محاسبات لازم برای انتخاب یاتاقان مناسب هم متفاوت می‌شود.

۱-۴-۱ بارگذاری شعاعی بدون بار محوری

برای بررسی اثر میزان بار شعاعی وارد شده روی عمر محک یاتاقان‌ها، گروه‌هایی از یاتاقان‌های مشابه که دارای ابعاد، اندازه و شرایط یکسان بودند تحت آزمایش‌های متعدد قرار گرفته‌اند. در این آزمایش‌ها، عمر محک یاتاقان‌ها، L ، تحت بارهای شعاعی گوناگون، F ، (بدون بار محوری) بررسی شد. نتیجه این آزمایش‌ها نشان می‌داد که یک رابطه خطی بین لگاریتم بار شعاعی وارد شده روی یاتاقان و لگاریتم عمر محک آن گروه از یاتاقان‌ها وجود دارد (شکل ۷-۱).



شکل ۷-۱. نمایش تغییرات عمر محک با بار شعاعی در منحنی لگاریتمی