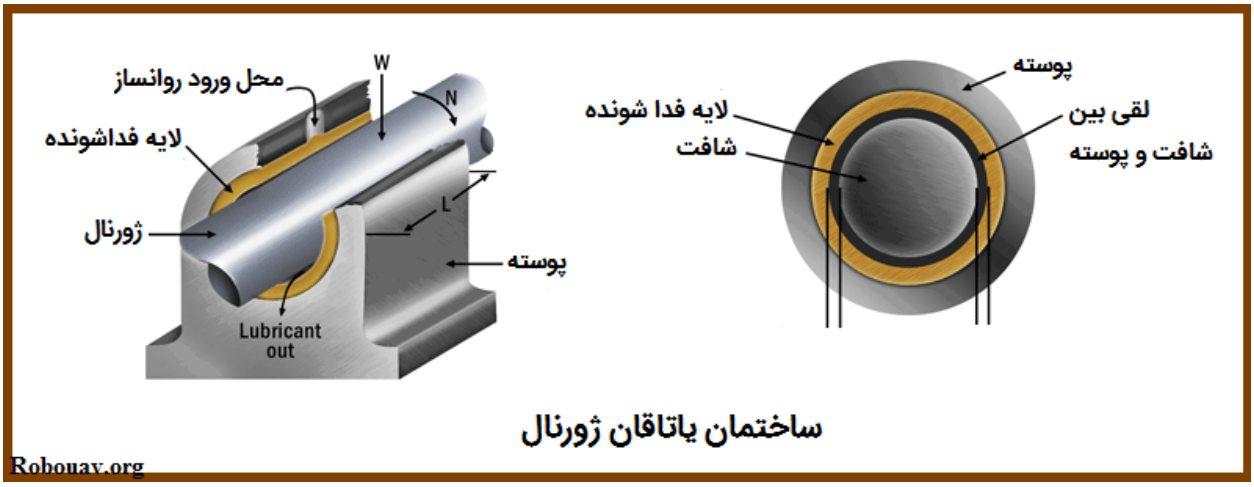
یاتاقان ها

بهترین رژیم روان کاری بستگی به نوع یاتاقان و کاربرد آن دارد.

یکی از ساده‌ترین انواع یاتاقان‌ها، یاتاقان‌های ساده یا یاتاقان‌های ژورنال هستند که در آن شفت توسط یاتاقانی که به صورت متحدالمرکز با شفت شکل گرفته، پوشانیده می‌شود. طول شفتی که در عرض یاتاقان قرار دارد، ژورنال نامیده می شود و بنابراین، یاتاقان ژورنال نامیده می شود (شکل ۱ را ببینید).

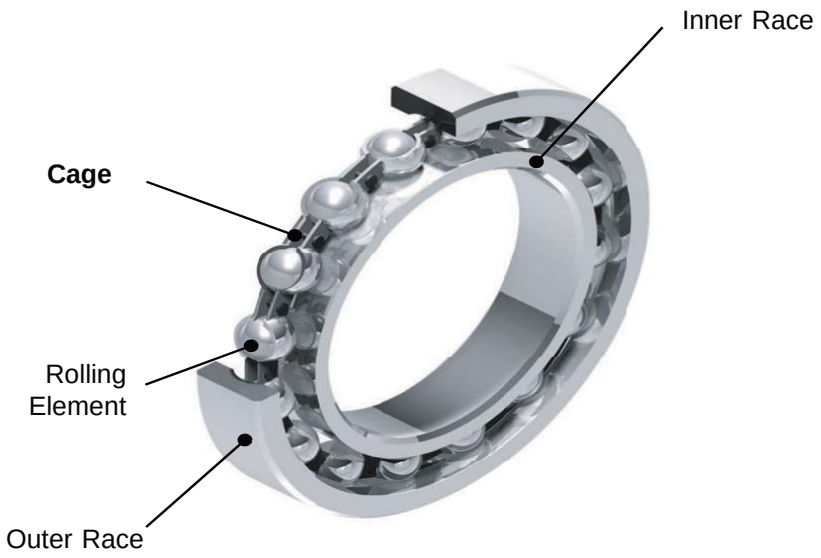


شکل ۱. یاتاقان های ساده یا ژورنال.

ساختار متالورژی یاتاقان در حالت ایده آل باید نرم تر از فلز شفت باشد. طراحی حکم می کند که یاتاقان قبل از شفت فرسوده شود، حالت ایده ال آن است که یاتاقان بدلیل کم هزینه و راحت تربودن تعویض شود، زیرا تعویض شفت هم پر هزینه و هم سخت تر انجام می شود. روغن کاری صحیح و مناسب یاتاقان ، به شما این امکان را میدهد تا عمر یاتاقان همزمان با عمر تجهیزات، افزایش دهید. یاتاقان های خطی، شکل دیگری از یاتاقان های ژورنال هستند، اغلب به عنوان یاتاقان در نظر گرفته نمی شوند. آنها ممکن است بعنوان کشوئی، راهنما یا راهگاه هم نامیده شوند.

یاتاقان های غلتشی از یک غلاف دورانی داخلی، یک غلاف دورانی بیرونی و جزء غلتشی که بین دو پوسته می چرخند (بسیار پیچیده تر از یک یاتاقان ساده) تشکیل شده اند. جزء غلتشی توسط یک قفسه در جای خود نگه داشته می شوند تا آنها را به طور یکنواخت بین غلاف های دورانی داخلی و خارجی نگه دارد (شکل ۲ را ببینید). این جزء غلتشی اصطکاک یاتاقان را با حداقل روغن کاری کاهش می دهد و گاهی اوقات به عنوان یاتاقان های

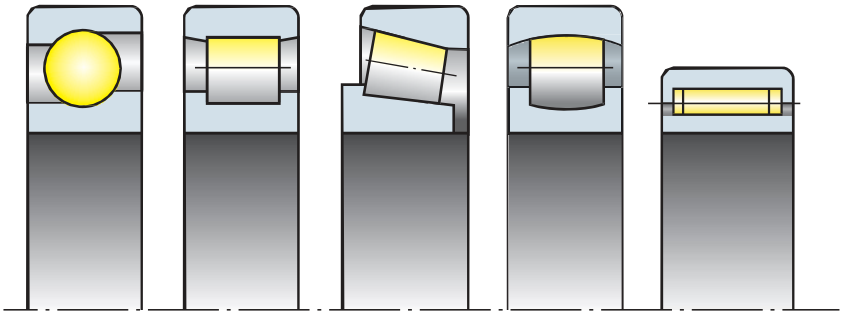
ضد اصطکاک نیز شناخته می شوند، اما این به معنای عدم اصطکاک نیست. بنابراین، ما هنوز باید یاتاقان ها را روغن کاری و مراقبت کنیم.



شکل ۲. اجزای تشکیل دهنده یاتاقان غلتشی.

یاتاقان های غلتشی بر اساس شکل غلتکی که در آن تعبیه شده است طبقه بندی می شوند. شکل ۳ چند نوع یاتاقان از این نوع را نشان می دهد. برخی از یاتاقان‌ها دارای دو ردیف از عناصر غلتشی هستند که به عنوان مثال، به آنها یاتاقان‌های «دو ردیف توپ» یا «غلتک دوبل» می‌گویند. یاتاقان های دو ردیفه برای تحمل بارهای شعاعی سنگین تر نسبت به همتایان تک ردیف خود استفاده می شوند. علاوه بر این، یاتاقان های غلتکی به طور کلی ظرفیت تحمل بار بیشتری نسبت به یاتاقانهای توپی دارند.

سوزنی	استوانه ای	مخروطی	لوله ای	توپی
غلتکی	غلتکی	غلتکی	غلتکی	



شکل ۳. انواع یاتاقانهای غلتکی.

اغلب غلاف بیرونی ثابت نگه داشته می شود و غلاف داخلی به یک شفت چرخان متصل می شود. کاربردهای متداول در توربین ها و گیربکس هایی است که در آن یاتاقان ها شفت های دوار را پشتیبانی می کنند.
یاتاقان‌های محور فرمان خودروهای دیفرانسیل عقب نمونه‌ای از ثابت ماندن غلاف داخلی و چرخش غلاف بیرونی است. این یاتاقان ها نه تنها باید بار شعاعی وزن وسیله نقلیه را تحمل کنند، بلکه باید بار محوری را نیز در هنگام چرخش خودرو به راست یا چپ تحمل کنند. یاتاقان ها باید از لغزش محور چرخ به چپ یا راست جلوگیری کنند. یاتاقان غلتکی مخروطی معمولاً در این کاربرد استفاده می شود و اغلب به عنوان یاتاقان های تیمکن نامیده می شود که یکی از اولین شرکت هایی است که یاتاقانهای غلتکی مخروطی خودرو را طراحی و تولید می کند. تصویر یاتاقان غلتکی مخروطی شکل ۳، زاویه تماس جزء مخروطی با غلاف را نشان می دهد. با نگاه کردن به جهت تصویر، می توان متوجه شد که یاتاقان اجازه نمی دهد غلاف بیرونی به صورت محوری از راست به چپ حرکت کند. در عین حال، نیرویی از چپ به راست یاتاقان را جدا می کند. دو تا از این نوع یاتاقان ها روی Steer Axle قرار می گیرند، یکی برای کنترل نیروی پرتابه به سمت راست و دیگری برای کنترل نیروی پرتابه به سمت چپ، چرخ را روی شفت نگه می دارد.

به طور کلی یاتاقانهای غلتکی ظرفیت تحمل بار بیشتری نسبت به یاتاقانهای توپی دارند.

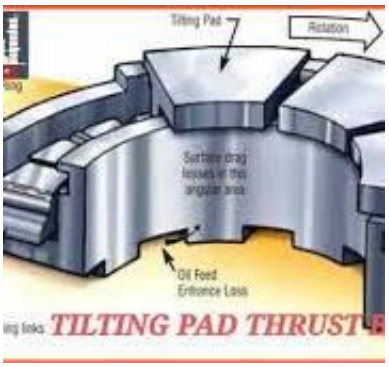
در شکل ۳ یاتاقان توپی می تواند مقداری بار محوری را به دلیل خلاف جهت قرارگرفتن "لبه "های غلاف داخلی و خارجی تحمل کند. این ساختار خاص باعث مقاومت در برابر فشار وارده از چپ به راست توسط غلاف بیرونی می شود. یاتاقان غلتکی بشکه مانند (استوانه ای) می تواند در مقابل برخی از رانش های محوری مقاومت کند. هیچکدام از اینها در برابر بار محوری زیاد، نمی توانند مقاومت کنند زیرا لبه های غلاف با سرعت بیشتری سائیده شده و در نهایت از کار می افتند. یاتاقانهای غلتکی سوزنی و لوله مانند فقط در کاربردهای بارشعاعی استفاده می شود ونه در بارهای محوری.

نکته جانبی در مورد یاتاقان های غلتکی این است که به دلیل شکل غلتک ها و غلاف بیرونی، آنها می توانند ناهماهنگی جزئی محور را بدون آسیب تحمل کنند. کاربرد غلتک های دو ردیفه در صنعت کاغذ سازی رایج هستند. یاتاقانها می توانند خم شدن جزئی شفت های خشک کن بزرگ معلق در دستگاه کاغذ را تحمل کنند.

بیایید به بارهای رانش محوری برگردیم. چرخ دنده های حلزونی و توربین ها بارهای محوری قابل توجهی تولید می کنند. یاتاقان‌های رانشی (Trust) معمولاً در اینها و سایر کاربردهایی که بارهای رانش ایجاد می‌کنند برای نگه داشتن محورهای دوار در جای خود استفاده می‌شوند. یاتاقان های رانشی هیچ بار شعاعی را تحمل نمی کنند. جهت گیری غلاف ها عمود بر غلاف یاتاقان های بار شعاعی است (شکل ۴ را ببینید).

شکل ۴. یاتاقان رانشی.

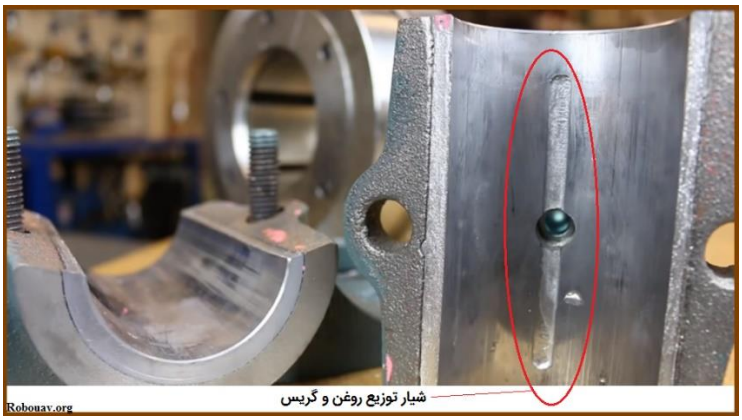
نوع دیگری از یاتاقان‌های رانشی که در بسیاری از کاربردهای توربین استفاده می‌شود، یاتاقان‌های رانشی کج بالشتکی است. یاتاقان رانشی کج بالشتک ازکج بالشتک ها برای ایجاد یک لبه لایه روغن در برابر طوق رانشی استفاده می کند تا در برابر بار محوری اعمال شده بر غلتک یاتاقان مقاومت کند.



شکل ۵. یاتاقان رانشی بالشتک کج

بیایید برخی از متغیرهایی را که در انتخاب روانکار برای یاتاقان‌های مختلف تأثیر می‌گذارند، مانند دما، سرعت، بار و طراحی سیستم، مرور کنیم. طراحی سیستم معمولاً تعیین می کند که جهت روانکاری در یاتاقان ژورنال و غلتک از گریس یا روغن استفاده شود. طراحی یاتاقانهایی که از گریس برای روانکاری استفاده می شود ارزانتر تمام می شود زیرا روانکاری چکه ای گریس به یاتاقان، نیاز به روان کننده کمتری دارد، زمانیکه سیستم خاموش می شود روان کننده کمتری از یاتاقان در اثر فشرده شدن از سیستم خارج می شود. بنابراین،گریس با فراهم کردن لایه روان کننده در زمان راه اندازی سیستم منجربه کاهش سائیدگی و ایجاد یک لایه درزگیر برای جلوگیری از ورود آلودگی، گرد و غبار، آب و سایر آلاینده های محیطی عمل می کند. از معایب استفاده از گریس این است که گرما را از یاتاقان خارج نمی کند و محدودیت هایی برای کاربرد در شرایط سرعت و بار وارده بالا دارد.

طراحی یاتاقان ژورنال ممکن است شامل شیارهایی باشد، به گونه ای که از نقطه ورود روغن یا گریس برای توزیع روانکار تا عرض یاتاقان امتداد داشته باشد. از الگوهای شیار متفاوتی بسته به کاربرد یاتاقان و کاربرد روان کننده، استفاده می شود. برخی از یاتاقان ها فقط دارای شیار در نیمه بالایی یاتاقان یا دور از منطقه تحمل بار یاتاقان هستند. سایر یاتاقان ها ممکن است در سرتاسر محیط داخلی یاتاقان شیار داشته باشند. با این حال، باید توجه داشت که شیارها در نواحی تحمل بار، ظرفیت تحمل بار را کاهش می‌دهند، که باید در هنگام انتخاب اندازه یاتاقان و توصیه گرانروی مناسب روغن مورد توجه قرارگیرد.



در توربین های بخار و گاز به دلیل سرعت بالا، بارهای سنگین و دمای بالا ، استفاده از روغن در مقابل گریس کاربردی تر است. اکثر این توربین ها از یاتاقان های ژورنال استفاده می کنند و دارای یک سیستم گردشی توزیع روان کننده جهت تامین روان کننده به یاتاقان ها هستند. روان کننده در حال گردش به خنک نگه داشتن یاتاقان ها کمک می کند. ضمنا گردش روان کننده آلودگی را از یاتاقان ها خارج می کند. هنگامی که توربین به سرعت و دمای عملیاتی می رسد، روانکاری یاتاقان در رژیم روانکاری هیدرودینامیکی یا روانکاری لایه کامل سیال انجام می شود.

الزامات گرانروی روغن برای یاتاقان های ژورنال از ۱۲ سانتی استوک (cSt) تا ۳۵۰ cSt در دمای عملیاتی متفاوت است، همه اینها به سرعت شفت یا دور در دقیقه (rpm) و به ثابت و متوسط بودن بار وارده بستگی دارد.

حال، بیایید رژیم روانکاری یاتاقان های توربین را در زمان راه اندازی، که بسیار کمتر از دور در دقیقه جهت رسیدن به روانکاری هیدرودینامیکی نیاز است، را در نظر بگیریم. بسیاری از سیستم‌های روان‌کاری توربین از روان‌کاری هیدرواستاتیک برای جدا کردن شفت از یاتاقان در هنگام راه‌اندازی توربین استفاده می‌کنند تا روغن کافی برای تولید یک رژیم روانکاری لایه مخلوط قبل از ایجاد سیال لایه کامل ایجاد شود. در هنگام راه اندازی، یک پمپ جریان روغن را به قسمت تحتانی یاتاقان هدایت می کند تا شیارهای یاتاقان و شفت را از سطح یاتاقان بلند کند. هنگامی که روانکاری هیدرودینامیکی ایجاد شد، دیگر پمپ هیدرواستاتیک برای نگهداشت روانکاری سیال لایه کامل، مورد نیاز نیست.

یاتاقانهای موتور خودرو نیز از طریق سیستم گردشی، روانکاری می شود. با این حال، آنها قبل از استارت زدن موتور به صورت هیدرواستاتیک روغن کاری نمی شوند. یاتاقان های خودرو به روغن موتور باقی مانده در یاتاقان ها و مواد افزودنی ضد سایش برای محافظت از یاتاقان ها در هنگام راه اندازی متکی هستند.

به دلیل هم سطحی یاتاقان با شفت، شفت روی یک لایه روان کننده شناور می شود. محور یاتاقانهای غلتکی دارای یک نقطه تماس بین توپ غلتکی راهگاههای غلاف و یک خط تماس غلتکها و راهگاههای غلاف دارند، در هر دو مورد، این سطوح نامنطبق هستند و یک رژیم روانکاری الاستو هیدرودینامیک (EHD) ایجاد می کنند. فشارهای اعمال شده بر روی پوسته یاتاقان و شفت در محدوده ۳۰۰۰۰ psi است که باعث تغییر شکل سریع فلزات می شود و به طور لحظه ای روغن را در ناحیه تماس به دام می اندازد. تحت این فشارها، به طور لحظه ای گرانروی روغن افزایش یافته و گرانروی روغن جهت جدا کردن شفت از غلاف یاتاقان به صورت تصاعدی بالا می رود. در محاسبات روانکاری الاستو هیدرودینامیک EHD برای رسیدن به درجه گرانروی مناسب عواملی مانند زبری سطح، متالوژی شفت، دما و سرعت موثر است. روانکاری الاستو هیدرودینامیک EHD موضوع پیچیده ای است که در آینده به آن پرداخته خواهد شد.

نوع متالوژی شفت و غلاف و نحوه قرارگیری آنها، حداکثر سرعتی را که یک یاتاقان ممکن است عملکرد مناسبی داشته باشد را دیکته می کند. هم اندازه یاتاقان و هم دور در دقیقه، سرعت واقعی شفت غلتشی یاتاقان را تعیین می کند. بنابراین، سازندگان اصلی یاتاقان خودرو OEM از ضریب"NDm" یا مقدار عددی برای بیان حداکثر محدوده عملیاتی یاتاقان استفاده می کنند. ضریب NDm همچنین یک راهنمای کلی برای حداکثر ضریب مجاز برای روغن کاری و روان کاری گریس را ارائه می دهد (جدول ۱ را ببینید).

Bearing type	Oil lubricated	Grease lubricated
Radial ball bearings	500,000	340,000
Cylindrical roller bearings	500,000	300,000
Ball and roller thrust bearings	280,000	140,000

جدول ۱. حداکثر فاکتورهای NDm برای روانکاری

ضریب NDm عبارت است از:حاصل ضرب دور در دقیقه (n) ضربدر مجموع سوراخ داخلی غلاف (d) و قطرخارجی غلاف بیرونی (D) بر حسب میلی متر، که همگی بر۲ تقسیم می شوند، یا

$$NDm = n(d + D))/2.$$

ضریب DN، شاید یک ضریب قدیمی NDm باشد، که فقط از سوراخ داخلی غلاف بر حسب میلی‌متر بر دقیقه برای بدست آوردن ضریب DN استفاده می شد. اکثر سازندگان اصلی یاتاقان خودرو OEM استفاده از ضریب DN را به نفع ضریب NDm متوقف کرده اند، زیرا تغییرات اندازه شفت متنوع شده است.

معادله ضریب NDm اساساً دایره گام یا قطر متوسط قطر غلاف یاتاقان را ضربدر دور در دقیقه برای تعیین ضریب در نظر می گیرد.

یاتاقان های غلتکی نسبت به یاتاقان های ژورنال به میزان قابل توجهی روغن کمتری نیاز دارند. از آنجائیکه یاتاقان های غلتکی با گریس روان کاری می شوند، فواصل زمانی طولانی نیاز به روانکاری مجدد با گریس دارند. یاتاقان های غلتکی، مقداری ازگریس را از مسیر غلتک خارج می کنند تا با غلتک درگیری پیدا نکند، اما نه آنقدر که شفت و غلاف با هم تماس داشته باشند. شفت به حرکت چرخشی خود در گریس ادامه می دهد و روغن کافی برای روان کاری یاتاقان را از داخل گریس بیرون می کشد. جالب توجه است که یاتاقان‌های غلتشی با سرعت بالا، همانطور که انتظار می‌رود، به روغن با گرانروی کم نیاز دارند، اما با گریس سفت‌تر یا با درجه NLGI بالاتر، بهتر کار می‌کنند. گریس سفت‌تر به مسیر شفت برنمی‌گردد که باعث مقاومت اضافی در یاتاقان و گرمای بیش از حد شود.

استفاده از روان کننده مناسب وکاربری درست آن باعث دوام آوردن یاتاقان درطول عمرتجهیزات می شود.

به طور مشابه، روغن، خواه از روشهای تزریق روغن از بطری روغن ریزی ، حمام روغن یا سیستم گردش روغن استفاده شود، می تواند باعث اصطکاک داخلی اضافی شود. سطح روغن باید فقط تا وسط پایین شفت باشد. این کار روان کننده کافی برای محافظت از یاتاقان را فراهم می کند اما نه آنقدر که باعث تداخل در چرخش شفت و گرم شدن بیش از حد آن شود. لزوما روغن بیشتر بهتر نیست.

یاتاقان‌ها اغلب به گونه‌ای طراحی می‌شوند که برای محافظت از اجزای حیاتی‌تر یک سیستم یا ماشین، "فدائی" شوند. با این حال، با روان کننده های امروزی دارای عملکرد بالاتر و متالورژی بهتر شفت، استفاده از روان کننده مناسب و کاربرد درست آن، ممکن است یاتاقان تا پایان عمر تجهیزات دوام بیاورد. در حقیقت، امروزه انواع زیادی ازیاتاقان‌های با روان‌کننده‌های بادوام «مادام العمر» بدون نیاز به روان‌کاری مجدد، به بازار عرضه می شوند. همانطور که از نام آن پیداست، انتظار می‌رود که یاتاقان‌های مادام العمر دائمی تا پایان عمر تجهیزات دوام بیاورند.