

## بررسی علت قلوه کن شدن یاتاقان ژورنال محور پینیون جعبه دنده بار واحدهای هیتاچی

غلامحسین احتشام زاده - حسن جعفری

شرکت برق منطقه ای خراسان - شرکت مدیریت تولید نیروگاههای گازی خراسان  
نیروگاه گازی قاین  
ایران

کلمات کلیدی: فیلم روغن، یاتاقان ژورنال، هیدرودینامیک، محور پینیون

### چکیده:

یاتاقانها از مهمترین اجزاء ماشین می باشند. وظیفه این اجزاء آن است که نیروهای وارده در سطوح اجزائی که نسبت به هم متحرک می باشند را با کمترین اصطکاک و تا حد ممکن بدون سایش انتقال دهند. این وظیفه از طریق جداکردن سطوح واقع در محل تماس امکان پذیر است. یاتاقان ژورنال محور پینیون جعبه دنده بار واحدهای هیتاچی یک یاتاقان لغزشی از نوع هیدرودینامیکی با مقطع دایره می باشد.

در این مقاله ابتدا مکانیزم کار یاتاقان ژورنال را تشریح کرده و تأثیر لقی یاتاقان را روی طرز کار آن بیان نموده و سپس ضمن بیان افت های اصطکاک کی کمترین ضخامت لایه روغن را به دست می آوریم. و عوامل مؤثر در قلوه کن شدن بابت یاتاقان را بیان می نمائیم. آنگاه موقعیت یاتاقان های ژورنال محور پینیون جعبه دنده بار واحدهای هیتاچی را بیان نموده و تاریخچه خرابی یاتاقان های آن را به دلیل قلوه کن شدن بابت یاتاقان از کناره های هوزینگ روغن یاتاقان مورد

بررسی قرار می دهیم و در نهایت پیشنهادهایی جهت جلوگیری از ایجاد خرابی در این گونه یاتاقانها ارائه کرده و تأثیر آن را بر میزان لرزش و صدای جعبه دنده بیان می نمائیم.

### ۱- مقدمه:

یاتاقانها از مهمترین اجزاء ماشین می باشند. وظیفه این اجزاء آن است که نیروهای وارده در سطوح اجزائی که نسبت به هم متحرک می باشند را با کمترین اصطکاک و تا حد ممکن بدون سایش انتقال دهند. این وظیفه از طریق جداکردن سطوح واقع در محل تماس امکان پذیر است. جدا کردن سطوح متحرک نسبت به هم یا به صورت مکانیکی به کمک یک جسم غلطان بین دو سطح (یاتاقان غلطشی) یا به روش هیدرولیکی (یاتاقان لغزشی هیدرواستاتیکی و یا هیدرودینامیکی) از طریق گازها و مایعات (روانسازها) صورت می پذیرد.

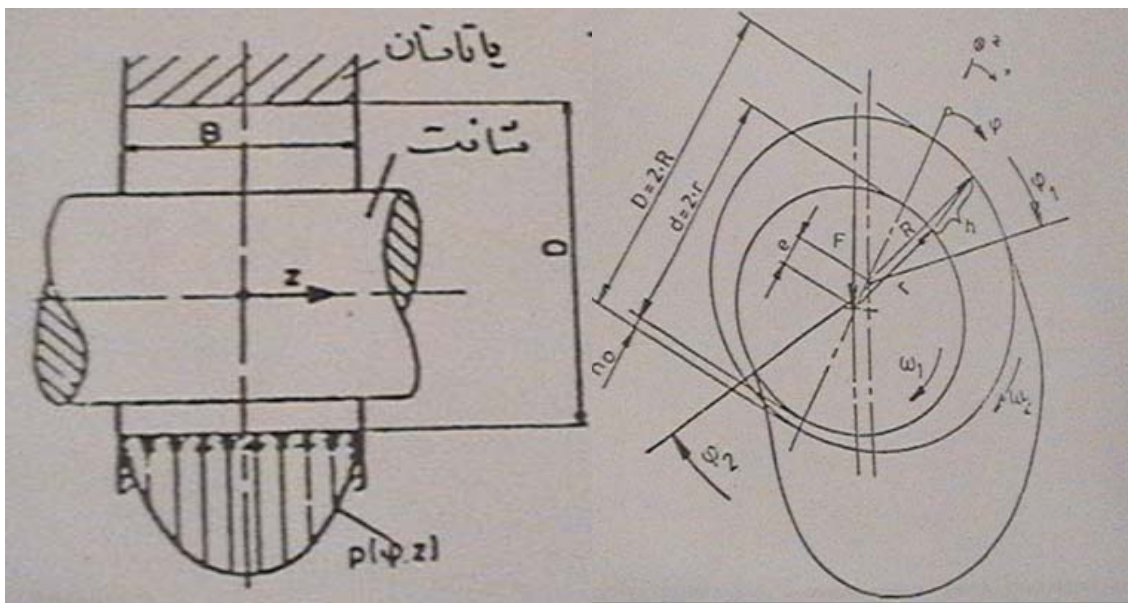
آنها. اکثر یاتاقانهای استفاده شده در نیروگاهها از این نوع می باشند. روغن با فشار تقریبی 2bar وارد یاتاقان شده و پس از راه اندازی و رسیدن شافت به دور نامی فیلم روغن تشکیل شده و یاتاقان قدرت تحمل بار پیدا می کند.

## ۲- یاتاقان ژورنال ساده :

این نوع یاتاقانها با مقطع دایره ای شکل بوده و لایه روغن در یک طرف قرار داشته و دارای شکاف یا هوزینگ روغن در یک نیمه از یاتاقان می باشند. در این نوع یاتاقان شافت دوار همانند یک پمپ روغن را به درون شکاف یاتاقان وارد کرده و از طریق یک همگرایی ناشی از خروج از مرکز شافت نسبت به پوسته یاتاقان، در فیلم روغن یک فشار توزیع می گردد. شکل (۱-۲) این توزیع فشار را به خوبی نشان می دهد. [۱]

هدف از روانکاری کاستن اصطکاک، جلوگیری از تولید حرارت و سایش قطعاتی که نسبت به هم حرکت دارند می باشد. برای این منظور ماده ای بین قطعات مذکور تزریق و فیلمی تشکیل داده می شود تا بین قطعات فاصله ایجاد شده و مستقیماً در تماس نباشند. روشهای مختلف روانکاری به طور کلی عبارتند از : ۱- روش هیدرواستاتیکی ۲- روش هیدرودینامیکی ۳- روش الاستوهیدرودینامیکی ۴- روش مرزی ۵- روش فیلم جامد

در روش هیدرودینامیکی لازم نیست که روغن ورودی تحت فشار باشد. اما وجود همیشگی روغن به حد کافی ضرورت دارد. حرکت نسبی سطوح، روغن را به جریان واداشته و فشار فیلم روغن ایجاد می گردد. که سبب پیدایش فاصله بین قطعات و تشکیل فیلم ضخیم می شود. شرایط تشکیل فیلم روغن به طریقه هیدرودینامیکی عبارتند از: وجود روغن به حد کافی، شرایط هندسی سطوح و حرکت نسبی



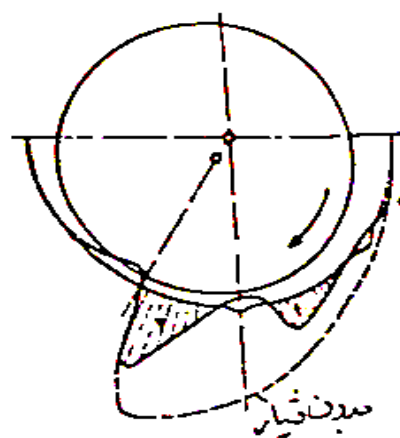
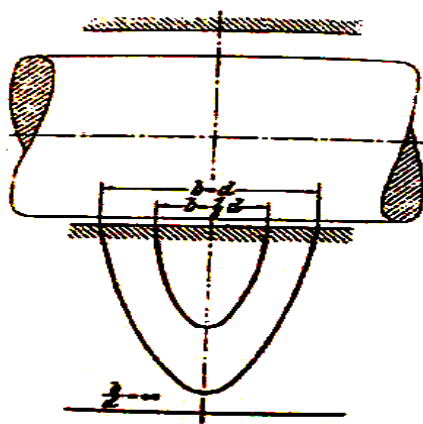
شکل (۱-۲): توزیع فشار فیلم روغن در یک یاتاقان لغزشی

این شیار با عمل پمپ کردن روغن توسط محور در حال چرخش تداخل می نماید و فشار در شیار، همان طور که در شکل (۲-۲) آمده به صفر می رسد در حالی که بعد از شیار، فیلم روغن دوباره ساخته شده و فشار فیلم افزایش می یابد. اگر چه شیارهای روغن روی یاتاقانها به پخش شدن روغن در

خروج از مرکز شافت در حین کار طوری تنظیم می شود که انتگرال توزیع فشار روغن با نیروی خارجی اعمال شده به یاتاقان (F) در تعادل باشد. وقفه در سطح یاتاقان به وسیله شیار روغن در منطقه اصلی فشار همانطور که در شکل (۲-۲) مشاهده می شود باعث کاهش قابلیت حمل می گردد. [۲]

چنین شیارهای جانبی، نه تنها به عنوان یک محفظه روغن و پخش کننده آن عمل می کنند، بلکه به گوه کردن روغن بین سطوح نیز کمک می نمایند. حداکثر فشار در جهت چرخش و قبل از محلی که حداقل ضخامت لایه روغن را دارد ایجاد می شود. در این حال مرکز محور تقریباً بر روی یک نیم دایره جابجا می شود. [۱] و [۷] و [۹]

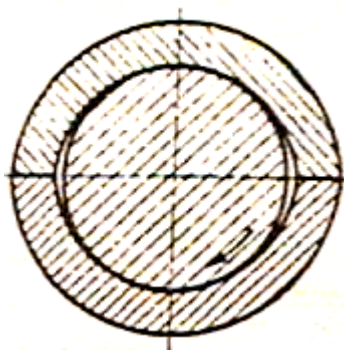
طول یاتاقانها کمک می کند ولی در ناحیه ای که بار بر یاتاقان وارد می شود، نباید قرار داشته باشد. در یاتاقانهایی که همواره جهت بار در هر سیکل تغییر کرده و از یک یاتاقان به یاتاقان دیگر تغییر می نماید، بهتر است که از شیارهایی در تمام طول یاتاقان استفاده نشود، و برای اینکه لایه روغن در تمام طول یاتاقان پخش شود باید شیارهای جانبی ( وقتی دو پوسته یاتاقان به همدیگر می چسبند ) وجود داشته باشد. این



شکل (۲-۲): توزیع فشار در یک یاتاقان لغزشی ژورنال در عرض های متفاوت با و بدون شیار طولی a

### ۳- یاتاقانهای ژورنال بیضی شکل

این نوع یاتاقانها در داخل بیضی شکل بوده و لایه روغن در دو طرف قرار دارد. به منظور جلوگیری از گردش نامتعادل یاتاقانهای شعاعی که با دور زیاد و بار کم در حرکت هستند از چند سطح لغزشی استفاده می کنند. این نوع یاتاقانها را یاتاقانهای لغزشی چند سطحی می نامند. شکل (۱-۳) یک نوع یاتاقان شعاعی چند سطحی با مقطع بیضی را نشان می دهد. در این شکل قسمت داخلی پوسته یاتاقان بیضی شکل است و لایه روغن در دو طرف قرار دارد. [۲] و [۳] و [۹]



شکل (۱-۳): یاتاقان لغزشی با مقطع بیضی شکل

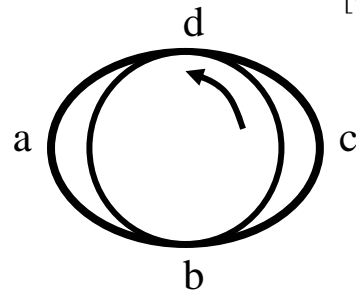
ضمن تقاضا برای کاربردهای با سرعت بالاتر، مسائل ارتعاشی به خاطر سرعت های بحرانی، نامتعادل بودن و ناپایداری، احتیاج برای اشکال هندسی یاتاقان ژورنال غیر از

همانطور که از شکل پیداست در یاتاقانهای دو تکه بیضی شکل از  $a$  تا  $b$  و از  $c$  تا  $d$  با توجه به جهت دوران حالت همگرایی وجود داشته و نواحی مطلوب است. پس ملاحظه می شود که با این وضعیت می توانیم نواحی پر فشار ایجاد نمایم. اگر از چند طرف فشار زیاد شود محور متعادل تر شده و ارتعاشات کاهش می یابد و یاتاقان دقیق تر کار می کند. زیرا که در نواحی کم فشار هم ناحیه فشار ایجاد کرده ایم. چند فشار از چند طرف محور را در بر گرفته و یاتاقان کاملاً خوب کار می کند و ظرفیت آن زیادتر می شود و از ارتعاشات آن کاسته می گردد.

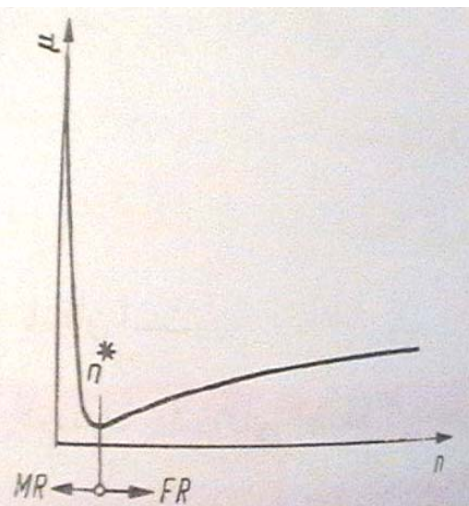
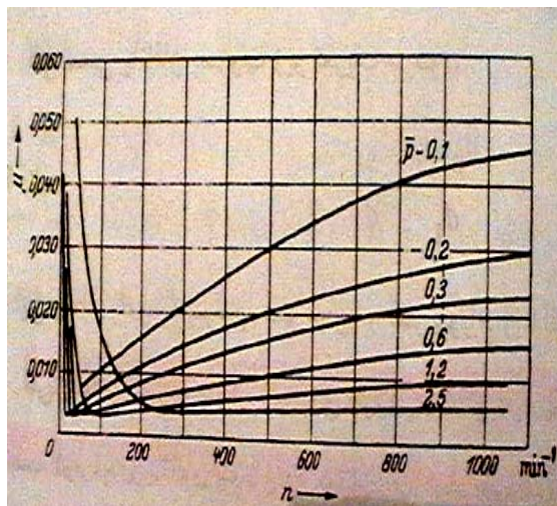
#### ۴- اصطکاک

وقتی که یک یاتاقان لغزشی شعاعی شروع به چرخش می کند حالات اصطکاک متفاوت ایجاد می شود. نمودار شکل (۴-۱) این موضوع را به وضوح نشان می دهد. [۵]

یاتاقان ژورنال ساده را بوجود آورده است. در حالت کلی علت ساخت یاتاقانهای بیضی تحمل بارهای بالاتر است. با توجه به مطالبی که در مورد یاتاقانهای دایره گفته شد ممکن است فشار ایجاد شده در روغن آنقدر کافی نباشد که بتواند تحمل بارهای لازم را بنماید. در نتیجه یاتاقانهای ژورنال را هم چند تکه می سازند که دو تکه و سه تکه و چهار تکه آن در صنعت متداول است. جهت بررسی چگونگی تشکیل فیلم روغن و ایجاد نواحی پر فشار شکل (۳-۲) را در نظر بگیرید. [۳]



شکل (۳-۲): نمایش نواحی پر فشار در یاتاقانهای ژورنال بیضی شکل



شکل (۴-۱): نمودار ضریب اصطکاک و دور در فشارهای سطحی متفاوت

که به اندازه کافی بالای نقطه  $n^*$  در حرکت باشد به طور صحیح طراحی و انتخاب شده است. در این صورت لایه روغن به تنهایی تمامی بار را حمل می کند. بدین ترتیب حداقل مجاز ضخامت لایه روغن  $h_{min}$  معین می شود. که به اندازه کافی از ضخامت  $h_0^*$  در  $n^*$  فاصله دارد. ضریب

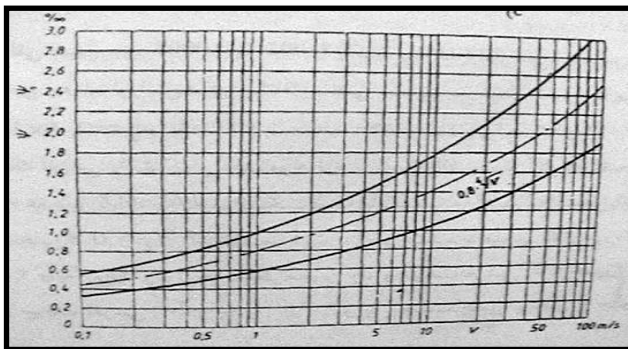
ضریب اصطکاک  $\mu$  نخست در محدوده اصطکاک خشک از مقدار  $\mu_0$  سریعاً کاهش یافته و بعد از برقراری لایه روغن (اصطکاک مایع) به طور آرام افزایش می یابد. پایین ترین نقطه منحنی بین اصطکاک مخلوط (خشک و مایع) و اصطکاک مایع در دور انتقال  $n^*$  است. یک یاتاقان لغزشی

$\alpha_1$  ضریب انبساط طولی محور و  $\alpha_2$  ضریب انبساط طولی یاتاقان می باشد که در مراجع مربوطه موجود است. لقی در حالت کار:

$$s_{\min} = s_{0\min} + \Delta s_{\min} \quad \text{و} \quad s_{\max} = s_{0\max} + \Delta s_{\max}$$

است.

لقى نسبی به کمک سرعت محیطی و از رابطه  $\varphi = 0.8 * 10^{-3} * \sqrt[4]{v}$  ( v بر حسب m/s ) بدست می آید. شکل (۴-۱) لقی نسبی یاتاقان به ازاء سرعت لغزشی را نشان می دهد. [۱] و [۹]



شکل (۴-۱): تغییرات لقی نسبی بر حسب سرعت لغزشی

### ۵- طرح مشکل

جعبه دنده بار واحدهای هیتاچی دارای یک محور پینیون با دور 5100 rpm و یک محور ویل با دور 3000 rpm می باشد. جهت کنترل حرکات محوری و شعاعی این دو محور از یک سری یاتاقانهای هیدرو استاتیک ژورنال، ژورنال تراست و تراست استفاده شده است. یاتاقانهای ژورنال محور پینیون از نوع دایره ای و یاتاقانهای ژورنال تراست محور ویل از نوع بیضی شکل می باشد. کلرنسی مجاز یاتاقانهای محور پینیون و محور ویل بین 0.34mm-0.41mm می باشد. نوع روغن مورد استفاده در این جعبه دنده ها روغن بهران توربین ۳۲ می باشد. این روغن در جعبه دنده واحدهای آلستوم نیز مورد استفاده قرار می گیرد و مشکل خاصی ندارد. [۴]

مشکلی که در این نوع جعبه دنده ها با آن مواجه هستیم قلوه کن شدن بابت یاتاقان ژورنال محور پینیون در ناحیه مکش روغن واز کناره های هوزینگ یاتاقان می باشد.

اصطکاک از گشتاور اصطکاکی و به کمک رابطه زیر به دست می آید. [۷]

$$\mu = \frac{T_R}{F \left( \frac{d}{2} \right)} \quad (1-4)$$

لقى نسبی یاتاقان به صورت زیر تعریف می شود.

$$\varphi = \frac{d_2 - d_1}{d_1} = \frac{s}{d} \quad (2-4)$$

در این رابطه  $d_1$  و  $d_2$  به ترتیب قطر محور و قطر سوراخ و s لقی یاتاقان است. لقی یاتاقان تأثیر بسیار زیادی روی طرز کار یاتاقان دارد. لقی کم به دلیل افت های اصطکاکی زیاد موجب گرم شدن یاتاقان شده و در مقابل لقی زیاد عدم هدایت صحیح محور در داخل سوراخ را به دنبال دارد. متناسب با بیشترین و کمترین لقی  $\varphi$  نیز مابین بزرگترین و کوچکترین مقدار نوسان می کند.

برای مقدار متوسط لقی  $s = 0.5(s_{\max} + s_{\min})$  مقدار متوسط لقی نسبی  $\varphi$  نیز مطرح است که نظیر s بستگی به دور n و یا سرعت لغزشی V و یا سرعت زاویه ای  $\omega$  و بار p دارد.

در محاسبات لقی سرد ( لقی در مونتاژ ) "  $s_0$  " در دمای محیط  $\theta_0 = 20^{\circ C}$  مطرح نیست بلکه لقی گرم ( لقی در حالت کار ) " s " مورد توجه است که مقدار آن اکثراً کمتر از  $s_0$  می باشد. برای تعیین لقی سرد "  $s_0$  " باید اندازه بالایی و پائینی سوراخ یاتاقان EI و ES و همچنین محور ei و es معلوم باشند.

$$s_{0\max} = (d_2 + ES) - (d_1 + ei) \quad (3-4)$$

$$s_{0\min} = (d_2 + EI) - (d_1 + es) \quad (4-4)$$

$$s_{0\min} = (d_2 + EI) - (d_1 + es) \quad (5-4)$$

$$\varphi_0 = 0.5(s_{0\max} + s_{0\min}) / d_2$$

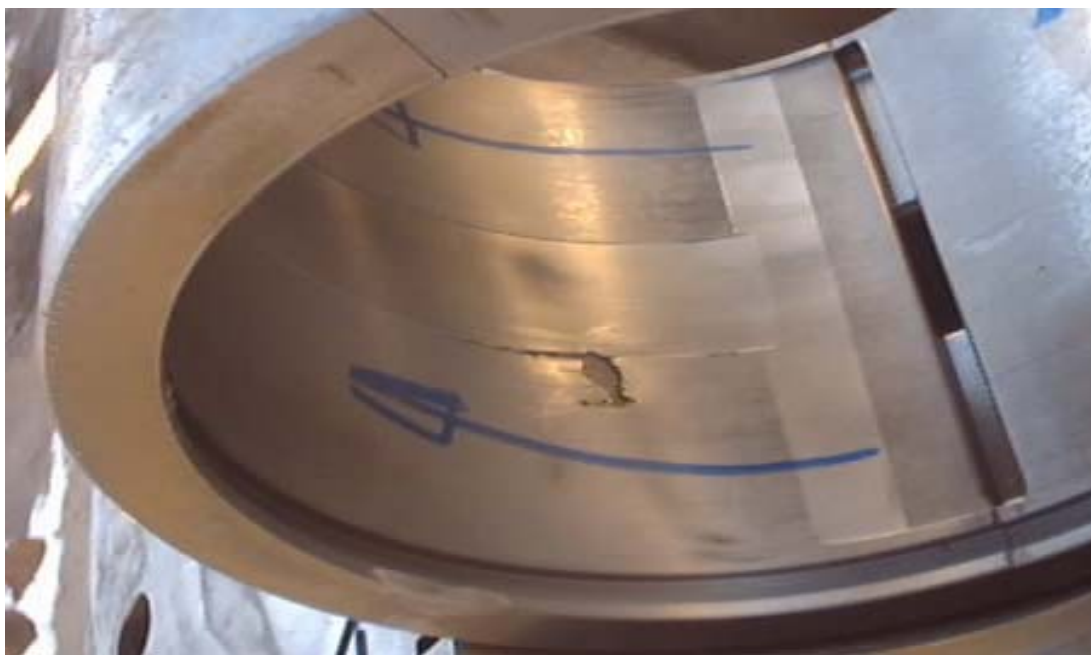
تغییرات لقی یاتاقان "  $\Delta s$  " در دمای حالت کار برابر است

$$\Delta s_{\max} = \{ (d_2 + ES)\alpha_2 - (d_1 + ei)\alpha_1 \} (\theta - \theta_0) \quad (6-4)$$

$$\Delta s_{\min} = \{ (d_2 + EI)\alpha_2 - (d_1 + es)\alpha_1 \} (\theta - \theta_0) \quad (7-4)$$

مشکل دیگری که در این جعبه دنده ها با آن مواجه هستیم بالا بودن دمای درین روغن یاتاقانهای ژورنال محور پینیون می باشد. که در حالت بی باری و همچنین در فصل تابستان اتفاق می افتد. و عموماً واحد را در فصل تابستان با محدودیت بار مواجه می سازد.

با تحقیقات به عمل آمده مشخص گردید که در بازدیدهای متوالی که سه بار در طول یک سال بر روی جعبه دنده انجام شده است سه ست یاتاقان ژورنال محور پینیون که فابریک و نو نیز بوده اند به دلیل وجود این نقیصه تعویض شده اند. که با توجه به حساسیت بالای این یاتاقانها و همچنین ارزیابی آنها بایستی به فکر چاره افتاد. شکل (۵-۱) ناحیه کندگی باییت و میزان آن را بعد از ۸۰۰ ساعت کارکرد نشان می دهد. [۴]



شکل (۵-۱) ناحیه کندگی باییت و میزان آن بعد از ۸۰۰ ساعت کارکرد

بخار در این محل تقطیر شده و در نتیجه ذراتی از مایع از مسیر اصلی خود منحرف شده و با سرعت های فوق العاده زیاد به اطراف برخورد می نمایند. با توجه به محل کندگی باییت در یاتاقان ژورنال محور پینیون جعبه دنده بار واحد های هیتاچی در شکل (۵-۱) مشاهده می شود که کندگی باییت در فاصله هشت سانتی متری از دهانه ورودی روغن اتفاق می افتد و این نشان می دهد که در ورودی روغن یاتاقان فشار به شدت افت می نماید و از فشار تبخیر مایع در درجه حرارت مربوطه کمتر می شود. و حبابهای بخاری بوجود می آید. این حبابهای بخار به همراه روغن به نقطه ای دیگر (محل کندگی باییت) که فشار بالاتر است حرکت می

## ۶- عوامل مؤثر در قلوه کن شدن یاتاقان

### ۶-۱) کاویتاسیون

روغن یا هر مایع دیگر در هر درجه حرارتی به ازاء یک فشار معین تبخیر می شود. از آنجاییکه در مدلهای هیدرودینامیکی یاتاقان، نیازی نیست که روغن ورودی تحت فشار باشد و فقط وجود همیشگی روغن در حد کافی ضرورت دارد این یاتاقان شبیه یک پمپ عمل می نماید. هرگاه در حین جریان مایع (روغن) در داخل پمپ (یاتاقان) فشار، در نقطه ای از فشار مایع، در درجه حرارت مربوطه کمتر شود، حبابهای بخاری بوجود می آیند که به همراه مایع به نقطه ای دیگر با فشار بالاتر حرکت می نمایند. اگر در محل جدید، فشار مایع به اندازه کافی زیاد باشد، حبابهای

### ۳-۶) لقی یاتاقان

وقتی از لقی صحبت می شود در رابطه با شرایط کار دائمی یاتاقان است. یعنی حالتی که دما از شرایط عادی قبل از عمل بالاتر رفته است. یاتاقان قبل از شروع به کار سرد بوده و بعد از شرایط دائمی کار دمای فیلم روغن بالاست و محیط داغی بوجود آمده است. با توجه به اینکه معمولاً انبساط حرارتی محور نسبت به یاتاقان سریعتر است ممکن است از این لحاظ عواقب نامطلوب حاصل گردد. یعنی انبساط محور از لقی مورد لزوم بکاهد و فضایی برای تشکیل فیلم باقی نماند. در این صورت اصطکاک و حرارت تولید شده به عملکرد صحیح یاتاقان لطمه وارد می کند. مشکلی که در تابستان با آن مواجه هستیم و معمولاً واحدها را با محدودیت بار مواجه می سازد. در اثر ازدیاد دمای فیلم روغن، گرانروی پایین می آید و ممکن است تماس مستقیم بین محور و یاتاقان حاصل گردد و سایش و یا مقدمات گریپاژ فراهم گردد. پایین آمدن گرانروی عامل عمده ایجاد تلاطم در فیلم روغن است. در شرایط تلاطم گشتاور اصطکاکی نسبت به حالت لایه ای فوق العاده بیشتر است. مسئله تلاطم در بالا رفتن گشتاور اصطکاکی و اتلاف قدرت و ضایعات دیگر تأثیر به سزایی دارد. کم بودن لقی یاتاقان باعث افزایش درجه حرارت روغن می شود. در این دما روغن کیفیت مطلوب خود را از دست می دهد. مثلاً مولکولهای آن شکسته شده و اسیدهای مضر در آن بوجود می آید. همچنین مصالح یاتاقان تمایل به انعطاف پذیری پیدا می کنند. مخصوصاً اگر بارها پررودیک باشد صدمات حاصله بیشتر است. با توجه به اینکه متناسب با بار گرفته شده از واحدها، نیروهای وارده به جعبه دنده و یاتاقانها متغیر است و به عبارتی بارهای اعمالی پررودیک می باشند و همچنین لقی مجازی که شرکت سازنده برای یاتاقانهای ژورنال محور پینیون در نظر گرفته است بین  $0.34\text{mm}-0.41\text{mm}$  بوده و این مقدار لقی، لقی سرد می باشد و در حالت دائمی کار این مقدار با توجه به انبساط های طولی ایجاد شده در محور و یاتاقان کاهش می یابد احتمال وجود مشکلات ذکر شده راجع به کم بودن لقی حتمی است. و از طرفی در بررسی های به عمل آمده از گزارش

نمایند. این حبابها با جریان روغن در اثر افزایش فشار به یکباره و به شدت تقطیر می شوند. تقطیر ناگهانی حبابهای بخار موجب کوچک شدن ناگهانی فضای اشغالی توسط بخار می گردد. در این حالت ذراتی از مایع که در همسایگی این ابر بخار قرار گرفته اند، مجبور به پر کردن این فضای خالی خواهند شد. این ذرات در اثر اختلاف فشار زیاد، سرعت های فوق العاده بالا پیدا می کنند. برخورد ذراتی با چنین سرعت و فرکانس بالا، به طور مداوم به سطح یاتاقان و محور سبب کندگی باییت و فلز محور واز بین رفتن آن می گردد. لذا در این محل ها خوردگی و کندگی شدید به چشم می خورد. [۶]

### ۲-۶) اکسیداسیون

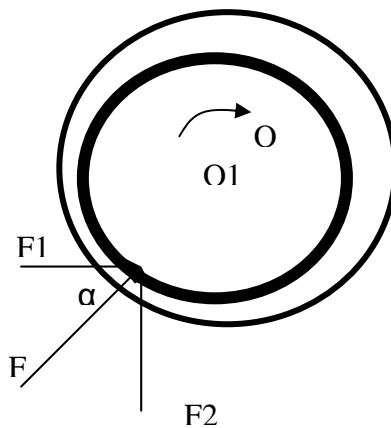
اگر روغن در دمای بالا قرار گیرد و در درجه حرارت های بالا روانکاری نماید، حضور مقدار قابل ملاحظه هوا در مجاورت فلزات فعال به عنوان کاتالیزور، سبب اکسید شدن روغن می گردد. نقطه بحرانی برای اکسید شدن روغن ۹۳ درجه سانتی گراد می باشد. شدت عمل اکسیداسیون بستگی به میزان پالایش روغن دارد اما روغن های خوب پالایش شده نیز قادر نیستند مدت زیادی دماهای بالا را تحمل کنند. بر اثر اکسیداسیون روغن: اسیدیته، پسماند کربن و رسوبات لجنی از روغن به شدت افزایش می یابد. بوجود آمدن اسید و لجن، کف کردن، خوردگی و غلیظ شدن جزو عوارض اکسیداسیون روغن به شمار می آیند. و در عمر مفید آن تأثیر زیادی دارند. هوای ورودی به یاتاقانها ممکن است از خط مکش پمپ های روغن یا کاهش یافتن سطح تانک های روغن یا شیرها و اتصالات وارد مسیر روغن شوند. همچنین ممکن است در اثر کندانسه شدن روغن ورودی به سیستم روغنکاری شونده و افزایش رطوبت در روغن، اکسیداسیون روغن به شدت گسترش یابد. بنابراین با توجه به نوع کندگی باییت و متخلخل شدن سطح باییت یاتاقان، اکسیداسیون روغن نیز می تواند یکی از عوامل خوردگی و مکندگی باییت باشد. چرا که دمای درین روغن در این یاتاقانها در حالت بی باری به ۱۰۰ درجه سانتی گراد می رسد. [۱] و [۸]

باعث می شود که فشار در یک طرف یاتاقان بر روی محور افزایش و در طرف دیگر کمتر شود و باعث شود محور را به حالت اولش بر گرداند. این کار باعث ایجاد ارتعاش در محور می شود. در پدیده oil wipe ارتعاش بر اثر ماهیت حرکت محور در داخل یاتاقان شکل می گیرد. مطابق شکل (۶-۴-۱) با توجه به تئوری های روانکاری هیدرودینامیکی، محور خود را به سمت چپ یاتاقان می کشد.

بازدیدهای قبلی مشخص گردید که لقی در زمان مونتاژ یاتاقانهای مذکور 0.31mm بوده که خود مزید بر علت گشته است. [۸] و [۴]

#### ۶-۴) پدیده oil wipe

روتور یا محور در داخل یاتاقان آزاد است و در اطرافش یک فیلم روغن وجود دارد که در حالت عادی در تعادل است و هیچگونه ارتعاشی ندارد. حال اگر محور یک عامل ارتعاشی داشته باشد، تعادلش در داخل یاتاقان به هم می خورد و



شکل (۶-۴-۱): بررسی نیروهای اعمالی در پدیده oilwipe

راه جبران این کار این است که یاتاقان را به صورت استوانه ای نسازند بلکه به صورت بیضی یا پاکتی می سازند تا فشار شکن داشته باشد. [۸] و [۹]

#### ۷- ارائه چند پیشنهاد جهت رفع مشکل

جعبه دنده بار واحدهای هیتاچی از نوع GCS50SC با یاتاقانهای ژورنال دایره ای در محور پینیون و یاتاقانهای ژورنال تراست بیضی شکل در محور ویل می باشد. دور محور پینیون 5100rpm و دور محور ویل 3000rpm می باشد. کلرنسی مجاز یاتاقانهای هر دو محور بین 0.34mm-0.41mm می باشد. عموماً این جعبه دنده ها در مقایسه با جعبه های واحد های آلستوم و آگ دارای لرزش و صدای بالاتر می باشند. و مشکل قلوه کن شدن یاتاقان پینیون در جعبه دنده های واحدهای آلستوم و آگ وجود ندارد. این

در سرعت های پایین فشار روغن زیاد می باشد. نیروی عکس العمل تکیه گاه (f) که بر اثر نیروی هیدرودینامیکی ایجاد می شود به دو مؤلفه f1 و f2 تجزیه می شود. بر اثر نیروی f1 مرکز محور (o1) نسبت به مرکز یاتاقان (o) حالت نوسانی پیدا می کند. مقدار f1 در دورهای بالاتر از f2 زیادتر می باشد. زیرا زاویه  $\alpha$  کوچک می شود. چون  $f1 = f \cos \alpha$  و  $f2 = f \sin \alpha$  لذا  $f1 > f2$  خواهد بود. نوسان محور بین o1 باعث بروز ارتعاش و پدیده oil wipe می گردد. بروز این پدیده اختلال در نحوه روغن کاری یاتاقان ایجاد می نماید. که با بزرگ تر شدن هر چه بیشتر f1 که خود تابعی از دور محور، لزجت روغن، لقی و طول یاتاقان است، این اختلاف و کاهش دبی روغن بیشتر می گردد. که در نهایت یاتاقان را آسیب می رساند. یک



ژورنال محور پینیون و محدودیت بار بخصوص در فصل تابستان می گردد.

سومین پیشنهاد با توجه به اینکه جهت بار در هر سیکل تغییر می کند این است که شیار طولی در یاتاقانهای ژورنال محور پینیون حذف گردد. و برای اینکه لایه روغن در تمام طول یاتاقان پخش شود باید شیارهای جانبی (وقتی دو پوسته یاتاقان به همدیگر می چسبند) وجود داشته باشد. این چنین شیارهای جانبی نه تنها به عنوان یک محفظه روغن و پخش کننده آن عمل می کنند، بلکه به گوه کردن روغن بین سطوح نیز کمک می نمایند

#### ۸- نتیجه گیری

به منظور جلوگیری از گردش نامتعادل یاتاقانهای شعاعی که با دور زیاد و بار کم در حرکت هستند از یاتاقانهای با چند سطح لغزشی استفاده می شود. در حالت کلی علت ساخت یاتاقانهای بیضی تحمل بارهای بالاتر است. با توجه به مطالبی که در مورد یاتاقانهای دایره گفته شد ممکن است فشار ایجاد شده در روغن آنقدر کافی نباشد که بتواند تحمل بارهای لازم را بنماید در نتیجه یاتاقانهای ژورنال را هم چند تکه می سازند که دو تکه و سه تکه و چهار تکه آن در صنعت متداول است. با این چند تکه کردن می توانیم نواحی پر فشار ایجاد نماییم. و در جایی که بار خیلی زیاد است معمولاً سه تکه و چهار تکه استفاده می شود. اگر از چند طرف فشار زیاد شود محور متعادل تر شده و ارتعاشات کاهش می یابد. چند تکه کردن باعث می شود که یاتاقان دقیق تر کار کند زیرا که در نواحی کم فشار هم ناحیه فشار ایجاد کرده ایم. چند فشار از چند طرف محور را در بر گرفته و یاتاقان کاملاً خوب کار می کند و ظرفیت آن زیادتر شده و از ارتعاشات آن کاسته می شود. لذا برای کارایی بهتر جعبه دنده های بار واحدهای هیتاچی و جلوگیری از مکنندگی بابت این نوع یاتاقانها پیشنهاد می گردد که این یاتاقانها به صورت بیضی شکل طراحی و ساخته شوند در این صورت بایستی محدوده مجاز کلرنسی یاتاقانهای ژورنال محور پینیون کمتر از محدوده مجاز کلرنسی یاتاقانهای محور ویل گردد و در

جعبه دنده ها خیلی نرم تر کار می کنند. با بررسی های به عمل آمده مشخص گردید که یاتاقان های ژورنال محور پینیون این جعبه دنده ها از نوع بیضی شکل می باشد. در این نوع یاتاقانها لایه روغن در دو طرف قرار دارد. یعنی به منظور جلوگیری از گردش نامتعادل یاتاقانهای شعاعی که با دور زیاد و بار کم در حرکت هستند از چند سطح لغزشی استفاده می کنند. با افزایش سطوح لغزشی می توان نواحی پر فشار ایجاد نمود. به طور کلی اگر از چند طرف فشار زیاد شود محور متعادل تر شده و ارتعاشات کاهش می یابد. افزایش سطوح لغزشی باعث می شود که یاتاقان دقیق تر کار کند. زیرا که در نواحی کم فشار هم ناحیه فشار ایجاد می شود. چند فشار از چند طرف محور را در بر گرفته و یاتاقان کاملاً خوب کار می کند. و ظرفیت آن زیاد تر می شود و از ارتعاشات آن کاسته می شود. لذا با توجه به موارد فوق اولین پیشنهاد و مناسب ترین آنها تغییر طرح یاتاقانهای ژورنال دایره ای شکل محور پینیون به نوع بیضی شکل می باشد. این کار به راحتی با تغییر نشیمنگاه یاتاقان بر روی پوسته جعبه دنده امکان پذیر است. با ایجاد این تغییر طرح نه تنها مشکل قلوه کن شدن بابت یاتاقان ژورنال محور پینیون از محل مکش روغن حل خواهد شد بلکه تأثیر بسزایی در لرزش و صدای جعبه دنده نیز ایجاد خواهد کرد. چرا که عامل اصلی مکنندگی بابت نامتعادلی نواحی فشار در یاتاقان و کاهش دبی روغن و ضخامت فیلم روغن است.

مورد دومی که در این رابطه قابل بحث است حداقل کلرنسی مجاز این نوع یاتاقانها است. با توجه به اینکه محور پینیون با دور 5100rpm و محور ویل با دور 3000rpm می چرخد. می بینیم که کارخانه سازنده کلرنسی یاتاقانهای این دو محور را یکسان در نظر گرفته است. در صورتی که بر اساس منحنی شکل شماره (۴-۱) می بینیم که با افزایش دور محور کلرنسی مجاز آن افزایش می یابد. لذا به عنوان دومین پیشنهاد افزایش کلرنسی مجاز یاتاقان ژورنال محور پینیون نسبت به یاتاقانهای ژورنال محور ویل است. چرا که کم بودن کلرنسی باعث افزایش دمای درین روغن یاتاقانهای

صورتی که از همان یاتاقانهای دایره ای شکل در محور پینیون جعبه دنده استفاده گردد بایستی محدوده کلرنسی مجاز آن بیشتر از محدوده مجاز کلرنسی یاتاقانهای ژورنال محور ویل گردد. چرا که با توجه به نمودار شکل (۴-۱) با افزایش دور محور بایستی کلرنسی آن افزایش یابد. همچنین می بایست شیار طولی در این یاتاقانها حذف و در عوض شیارهای جانبی ایجاد گردد. شیارهای جانبی نه تنها به عنوان یک محفظه روغن و پخش کننده آن عمل می کنند، بلکه به گوه کردن روغن بین سطوح نیز کمک می نمایند.

#### ۹ - منابع و مأخذ:

۱. طراحی اجزاء ماشین- انتقال نیرو " دکتر مهدی اخلاقی " دانشگاه صنعتی امیر کبیر
۲. یاتاقانها و هادیها " مهندس محمدرضا فرامرزی " نیروگاه مشهد
۳. بررسی عملکرد یاتاقانهای لغزشی بیضوی و استوانه ای " مهندس سیدجلال مظلوم مقدم " پایان نامه کارشناسی
۴. مجموعه کاتالوگها و اسناد و مدارک واحد های هیتاچی، آلستوم، آ ا گ
۵. مبانی روانکاری و فیلم سیال " برنارد، ج همراک " ترجمه " اصغر برادران رحیمی " انتشارات دانشگاه فردوسی/مشهد ۱۳۷۷
۶. پمپ و پمپاژ " دکتر سید احمد نوربخش " دانشکده فنی دانشگاه تهران
۷. اصول طراحی یاتاقان و روانکاری " دکتر مصطفی اسلامیان " دانشگاه امام رضا(ع)
۸. روغنکاری یاتاقانها و تعمیرات آنها " مهندس خلیل جنت دوست " مؤسسه آموزش عالی علمی کاربردی صنعت آب و برق

#### 9. Thory and practice of lubrication for engineers' Dudley D . fuller '