جلسه چهارم (یاتاقان و روغنکاری)

مثال ۱

بال برینگ شیار عمیق به شماره 6206* را در تکیه‌گاهی استفاده نموده‌ایم که در آن مقدار بار شعاعی خالص F_r=2000N و سرعت دورانی n=3000 rpm می‌باشد با فرض دمای کارکرد $T=60^0C$ و شرایط تمیزی معمولی روغن (Normal cleanliness)مطلوب است:

الف)محاسبه عمر پایه یاتاقان (L_{10}=?)

F_r= 2000 N n= 3000 rpm T= 60^oc

برای یاتاقان شماره 6206* از کاتالوگ SKF داریم:

d= 30 mm ، D=62 mm

C=20.3 KN ، C_0= 11.2 KN

P_u= 0.48 ، f_o= 14

K_r= 0.025

P=F_r= 2 kN

جایگذاری : $L_{10} = (\frac{20.3}{2})^3 = 1045.68$ (میلیون دور)

$L_{10h} = \frac{10^6}{60n} L_{10} = 5809.3$ (ساعت)

ب) ضریب اطمینان استاتیکی یاتاقان را محاسبه نمایید

$S_0 = \frac{C_o}{P_o} = \frac{11.2}{2} = 5.6$ (According to the table 10 of SKF Catalogue)

ج) شماره روغن براساس ISO

می‌دانیم :

$$d_m = \frac{1}{2}(d+D) = \frac{1}{2}(30+62) = 46(mm)$$

حال داریم : $d_m = 46(mm)$, $n = 3000(rpm)$ ➔ $v_1 = 11\frac{mm^2}{s}$ (Diagram 5 of SKF)

Required viscosity at operating temp.

T= 60 °C

$\upsilon_1 = 11\frac{mm^2}{S}$ → ISO VG22 (انتخاب روغن) → $v = 22\frac{mm^2}{S}$ $(at T = 40^o c)$

د) مقدار عمر اصلاح شده یاتاقان براساس کاتالوگ SKF را با فرض قابلیت اطمینان 95% محاسبه کنید.

R= 95% L_{nm}=?

L_{5m}=? R= 95%

a_1= 0.62 (از جدول ۱ کاتالوگ) ، $k = \frac{v}{v_1} = \frac{22}{11} = 2$

از 0.5 استفاده میشود ($\eta_c = 0.5,...,0.6$) (جدول ۴) Normal cleanliness

$\Rightarrow \eta_c \times \frac{P_u}{P} = 0.12 \rightarrow 0.5\frac{0.48}{2} = 0.12$

با مراجعه به نمودار 1 صفحه 54 کاتالوگ SKF داریم:

For explorer bearing: $a_{skf} \approx 7$

حال داریم:

$L_{nm} = a_1 a_{skf} (\frac{c}{P})^q$

$L_{5m} = (0.62)(7)(\frac{20.3}{2})^3 = 4538.24$ (میلیون دور)

$L_{5mh} = 25213$ (ساعت)

هـ) برای بالبرینگ فوق حداقل بار شعاعی موردنیاز را محاسبه کنید:

$$F_{rm} = K_r \left(\frac{\upsilon_1 \times n}{1000}\right)^{2/3} \left(\frac{d_m}{100}\right)^2$$

v_1: oil viscosity at operating temp

$F_{rm} = (0.025)(\frac{11*3000}{1000})^{2/3}(\frac{46}{100})^2 = 0.054(KN)$

مثال ۲

بالبرینگ شیار عمیق شماره 6318*برای تکیه‌گاهی با بار شعاعی (F_r=8000 (N و بار محوری (F_a=5000(N مورد استفاده قرار گرفته‌است. سرعت دورانی شافت n= 1500 rpm و دمای کارکرد یاتاقان T=75 °C می‌باشد. وضعیت روغن را بصورت Normal Cleanliness در نظر بگیرید.

الف) عمر پایه یاتاقان را محاسبه کنید

L_{10} , L_{10h}=?

For *6318 (از کاتالوگ SKF) →

d= 90 mm

D=190 mm C= 151 KN

C_0= 108 KN P_u= 3.8 KN

K_r= 0.03 f_o= 13

$$f_o \frac{F_a}{C_o} = (13)\frac{5000}{108000} = 0.602$$

→ e=0.25 , X=0.56 , Y=1.78 (جدول ۴ کاتالوگ SKF)

$$\frac{F_a}{F_r} = \frac{5000}{8000} = 0.625 > e \Rightarrow P = XF_r + YF_a$$

$$\Rightarrow P = 13380(N) \Rightarrow L_{10} = (\frac{C}{P})^q = (\frac{151}{13.38})^3 = 1437.35 \text{ (million Rev.)}$$

$$(L_{10})_h = \frac{10^6}{60n} \times L_{10} = 15970.6 \quad \text{ساعت}$$

ب) ضریب اطمینان استاتیکی

P_{01}= 0.6 F_r+0.5 F_a = 7300 (N)

P_{02}= F_r = 8000 N

P_0 = Max (P_{01}, P_{o2}) = 8000 (N)

S_0= $\frac{C_o}{P_o} = \frac{108KN}{8KN} = 13.5$ *ok* (جدول ۱۰ کاتالوگ)

ج) مقدارعمر اصلاح شده با قابلیت اعتماد 90%

(R= 90%) L_{10m} , $L_{10\ mh}$= ?

d_m= 140 mm

n= 1500 rpm → υ_1= 9 (mm^2/s) (نمودار ۵ کاتالوگ)

T=75°C → ISO VG 32

$$K=\frac{v}{v_1}=\frac{32}{9}=3.6$$

(Normal cleanliness حالت) → $\eta_C=0.6$ (از **جدول ٤ کاتالوگ**)

d_m>100 mm

$$\Rightarrow \eta_c \frac{P_u}{P}=(0.6)\frac{3.8}{13.38}=0.17$$

نمودار صفحه ۵۴ کاتالوگ → $a_{SKF}\approx 20$

R=90% → a_1= 1

$$L_{10m}=(1)(20)(\frac{151}{13.38})^3=28746.9$$ میلیون دور

L_{10mh}=31941.0 (ساعت)

د) محاسبه حداقل بار شعاعی ? =F_{rm}

$$F_{rm}=(0.03)(\frac{9*1500}{1000})^{\frac{2}{3}}(\frac{140}{100})^2=0.333KN$$

تمرین:

در صورت امکان بالبرینگ شیار عمیق ساده‌ای برای شرایط تکیه‌گاهی ذیل انتخاب نمایید:

F_r=6000 (N) d= 75 mm

F_a = 4700 (N) n= 2000 rpm

همچنین نوع ماشین ایجاب می نماید که حداقل عمر مطلوب برای یاتاقان 40000 ساعت و قابلیت اعتماد R=96% باشد.

Slight Contamination: سطح آلودگی روغن

$T=60^oC$ (دمای کارکرد یاتاقان)

مثال ۳:

در صورت امکان بالبرینگ شیار عمیق تک ردیفه ساده‌ای (DGBB) برای شرایط ذیل انتخاب نمایید.

بار شعاعی (N) 8000 ، بار محوری (N) 5500 و سرعت دورانی محور (rpm) 1500 می‌باشد و همچنین حداقل قطر نشیمن‌گاه یاتاقان (قطر محور) 75 میلی‌متر برآورد شده است و نوع ماشین ایجاب می‌کند که حداقل عمر مفید مطلوب یاتاقان 70000 ساعت باشد. در ضمن حداقل بار شعاعی مورد نیاز برای یاتاقان، ضریب اطمینان استاتیکی و نوع روغن مناسب برای یاتاقان را تعیین نمایید. برای محاسبات، ضریب قابلیت اعتماد را $R = 94\%$ ، سطح آلودگی (Concentration level) را برای روغن ناچیز (یعنی Slight Contamination) و دمای کارکرد یاتاقان را $T = 70^\circ C$ در نظر بگیرید. در صورتی که انتخاب یاتاقان از کاتالوگ SKF ممکن نباشد دلیل و پیشنهادهای خود را (حداقل سه پیشنهاد) جهت یک طراحی و انتخاب مناسب ارایه نمایید.

حل : طراحی و انتخاب یاتاقان DGBB ،

داده‌های مسأله :

$$F_r = 8000(N) \quad و \quad F_a = 5500(N)$$

$$n = 1500rpm \quad و \quad d = 75(mm)$$

ساعت $= 70000$ عمر مفید مورد نیاز

Slight Cont. و $T = 70^\circ C$ و $R = 94\%$

با توجه به مقدار بار شعاعی نسبتاً بالا، انتخاب اول از جدول SKF برای $d = 75mm$ را یاتاقان شماره 6415 در نظر می‌گیریم.

$$\text{از کاتالوگ SKF} \xrightarrow{\text{انتخاب}} 6415(DGBB)\begin{cases} d = 75mm \\ D = 190mm \\ C = 153KN \\ C_0 = 114KN \\ p_u = 4.15KN \\ K_r = 0.035 \\ f_a = 12 \end{cases}$$

$$f_0 \frac{F_a}{C_0} = (12)\frac{5.5}{114} = 0.579 \xrightarrow[SKF]{Table\,4} \begin{cases} e \approx 0.247 \\ X = 0.56 \\ Y \approx 1.79 \approx 1.8 \end{cases}$$

$$\frac{F_a}{F_r} = \frac{5500}{8000} = 0.688 > e \rightarrow p = XF_r + YF_a$$

$$\rightarrow p = (0.56)(8000) + (1.8)(5500) = 14.38KN$$

$$L_{10} = (\frac{C}{p})^3 = (\frac{153}{14.38})^3 = 1204.5 \quad \text{میلیون دور}$$

$$\rightarrow L_{10h} = \frac{10^6}{60n} L_{10} = 13383 \quad \text{ساعت}$$

$$d_m = \frac{D+d}{2} = 132.5(mm)$$

$$\text{SKF جدول ٤ کاتالوگ} \rightarrow \eta_c = 0.6$$

$$\text{SKF نمودار ۵ کاتالوگ} \rightarrow \nu_1 = 8$$

$$\text{SKF نمودار ۶ کاتالوگ} \rightarrow \begin{cases} \nu = 22 \\ ISOVG22 \end{cases} \quad \text{نوع روغن}$$

$$\left.\begin{aligned} k = \frac{\nu}{\nu_1} = 2.75 \\ \eta_c \frac{p_u}{p} = 0.173 \end{aligned}\right\} \xrightarrow[\text{کاتالوگ SKF}]{\text{نمودار ۱ ص ٥٤}} a_{SKF} \approx 15$$

$$\text{SKF ، 53 از جدول صفحه} \xrightarrow{R=94\%} a_1 = 0.72$$

$$L_{nm} = a_1 a_{SKF} (\frac{C}{p})^2$$

$$\rightarrow L_{6m} = (0.72)(15)(\frac{153}{14.38})^3 = 13008.33 \quad \text{میلیون دور}$$

$$\rightarrow L_{6mh} = L_{6m} \frac{10^6}{60n} = 144536.95 \quad \text{ساعت} > 70000 \quad \text{ساعت}$$

مشاهده می‌شود که یاتاقان DGBB به شماره 6415 از کاتالوگ SKF برای منظور فوق مناسب است برای اطمینان بیشتر می‌توان یاتاقانی ضعیف‌تر از آن به شماره 6315* را نیز مورد بررسی قرار داد. (به عهده دانشجو)

$$p_0 = 0.6F_r + 0.5F_a$$

$$p_0 = \max(F_r, 0.6F_r + 0.5F_a) = \max(8000, 7550)$$

$$\rightarrow p_0 = 8000(N)$$

$$S_0 = \frac{C_0}{p_0} \rightarrow S_0 = \frac{C_0}{p_0} = 14.25 \text{ Ok (Acc. To table 10 page 77)}$$

$$F_{rm} = k_r (\frac{\nu_1 n}{1000})^{\frac{2}{3}} (\frac{d_m}{100})^2 = 0.322 \ KN \quad \text{می‌نیمم بار شعاعی}$$

پایان جلسه چهارم