

جلسه دوم

انتخاب بلبرینگ ها

قبلاً استحکام بلبرینگ ها را بر اساس تنش فشاری وارد بر ساچمه ای که حامل بیشترین بار بود، مشخص می کردند به استثنای مواردی که بلبرینگ تحت بار ثابت قرار می گیرد، تجربه نشان داده است که دلیل واقعی گسیختگی، پدیده خستگی است.

بنابراین امروز برای مشخص کردن حداکثر بار قابل تحمل بلبرینگ ها از مشخصات خستگی آنها استفاده می شود. این مشخصات بستگی به نتایج آزمایشگاهی دارد. عمر بلبرینگ عبارت است از تعداد ساعات یا تعداد دوری که یاتاقان می تواند با یک سرعت معین پیش از بروز اولین عارضه تخریب در یکی از اجزاء متحرک آن، کار کند.

تجربه نشان داده که پیش بینی دقیق عمر یک بلبرینگ به طور تنها غیر ممکن است بنابراین از مشخصات خستگی برای تعیین بار اسمی استفاده می شود فرض کنید چند بلبرینگ ظاهر مشابه تحت شرایط یکسان آزمایش شوند طول عمری را که در آن ۱۰ درصد و یاتاقان ها خراب اما ۹۰ درصد آنها خوب کار می کنند، عمر اسمی یاتاقان یا عمر آن می نامند. از آنجا که یاتاقان های مرغوب دارای کیفیت ثابتی هستند لذا عمر میانگین آنها عموماً بیشتر از ۵ برابر عمر اسمی آنها نیست.

یاد آور می شویم که عمر میانگین عمریست که در آن ۵۰ درصد یاتاقان ها خراب می شوند و ۵۰ درصد دیگر در شرایط خوب کار می کنند.

هرگاه عمر اسمی یاتاقان را برابر با یک میلیون سیکل در نظر بگیریم مقدار باری را که یاتاقان می تواند پیش از بروز اولین عارضه تخریب در یکی از اجزاء متحرک آن تحمل کند، بار اسمی پایه C می نامند. مقادیر C برای یاتاقان های گوناگون در جدولی ارائه شده است. بنابراین C نشانگر مقدار باری است که ۹۰ درصد احتمال دارد که یاتاقان مورد نظر تحت آن یک میلیون دور یا بیش از یک میلیون دور کار کند.

عمر انتظاری بیشتر بلبرینگها ممکن است چند برابر یک میلیون دور باشد در واقع یک میلیون دور تعداد دور هایی است که بلبرینگ تقریباً طی ۸ ساعت می تواند با سرعت $2048rpm$ بزند.

بار اسمی پایه C به ازای عمر اسمی یک میلیون دور برای بلبرینگ های شعاعی نوع تماس زاویه ای با قطر کمتر از $1in$ از رابطه زیر به دست می آید:

$$C = f_c (i \cos \alpha)^{0.7} Z^{2/3} D^{1.8}$$

که در آن

f_c مقدار ثابتی است که از جدول انتخاب می‌شود و از عبارت $\frac{D \cos \alpha}{d_m}$ به دست می‌آید

i تعداد ردیف های ساچمه در بلبرینگ

α مقدار اسمی زاویه تماس بین خط اثر بار وارد بر ساچمه و صفحه قائم بر محور بلبرینگ

Z تعداد ساچمه ها در هر ردیف

D قطر ساچمه یا استوانه

d_m قطر گام حلقه های بلبرینگ

می باشند.

$\frac{D \cos \alpha}{d_m}$	f_c	$\frac{D \cos \alpha}{d_m}$	f_c	$\frac{F_a}{iZD^2}$	X	Y
0.05	3,550	0.22	4,530	25	0.56	2.30
0.06	3,730	0.24	4,480	50		1.99
0.07	3,880	0.26	4,420	100		1.71
0.08	4,020	0.28	4,340	150		1.55
0.09	4,130	0.30	4,250	200		1.45
0.10	4,220	0.32	4,160	300		1.31
0.12	4,370	0.34	4,050	500		1.15
0.14	4,470	0.36	3,930	750		1.04
0.16	4,530	0.38	3,800	1,000		1.00
0.18	4,550	0.40	3,660			
0.20	4,550					

شکل ۱-۵: مقادیر ثابت برای بلبرینگ های رادیال تک شیار با تماس زاویه ای

شماره یاتاقان	قطر داخلی		قطر خارجی		عرض		ساجمه‌ها		ظرفیت بر حسب lb	
	mm	in.	mm	in.	mm	in.	No., Z	Diam., D	Dynamic C	Static P _{st}
102	15	0.5906	32	1.2598	9	0.3543	9	3/16	965	550
202			35	1.3780	11	0.4331	7	1/4	1,340	760
302			42	1.6535	13	0.5118	8	17/64	1,660	930
103	17	0.6693	35	1.3780	10	0.3937	10	3/16	1,040	640
203			40	1.5748	12	0.4724	7	5/16	1,960	1,040
303			47	1.8504	14	0.5512	6	3/8	2,400	1,240
104	20	0.7874	42	1.6535	12	0.4724	9	1/4	1,620	980
204			47	1.8504	14	0.5512	8	5/16	2,210	1,280
304			52	2.0472	15	0.5906	7	3/8	2,760	1,530
105	25	0.9843	47	1.8504	12	0.4724	10	1/4	1,740	1,140
205			52	2.0472	15	0.5906	9	5/16	2,420	1,520
305			62	2.4409	17	0.6693	8	13/32	3,550	2,160
106	30	1.1811	55	2.1654	13	0.5118	11	9/32	2,290	1,590
206			62	2.4409	16	0.6299	9	3/8	3,360	2,190
306			72	2.8346	19	0.7480	8	1/2	5,120	3,200
107	35	1.3780	62	2.4409	14	0.5512	11	5/16	2,760	2,010
207			72	2.8346	17	0.6693	9	7/16	4,440	2,980
307			80	3.1496	21	0.8268	8	17/32	5,750	3,710
108	40	1.5748	68	2.6772	15	0.5906	13	5/16	3,060	2,450
208		//	80	3.1496	18	0.7087	9	1/2	5,640	3,870
308		//	90	3.5433	23	0.9055	8	5/8	7,670	5,050
109	45	1.7717	75	2.9528	16	0.6299	13	11/32	3,630	2,970
209			85	3.3465	19	0.7480	9	1/2	5,660	3,980
309			100	3.9370	25	0.9843	8	11/16	9,120	6,150
110	50	1.9685	80	3.1496	16	0.6299	14	11/32	3,770	3,260
210			90	3.5433	20	0.7874	10	1/2	6,070	4,540
310			110	4.3307	27	1.0630	8	3/4	10,680	7,350
111	55	2.1654	90	3.5433	18	0.7087	13	13/32	4,890	3,950
211			100	3.9370	21	0.8268	10	9/16	7,500	5,710
311			120	4.7244	29	1.1417	8	13/16	12,350	8,660
112	60	2.3622	95	3.7402	18	0.7087	14	13/32	5,090	4,560
212			110	4.3307	22	0.8611	10	5/8	9,070	6,890
312			130	5.1181	31	1.2205	8	7/8	14,130	10,100
113	65	2.5591	100	3.9370	18	0.7087	15	13/32	5,280	4,950
213			120	4.7244	23	0.9055	10	11/16	10,770	8,460
313			140	5.5118	33	1.2992	8	15/16	16,010	11,600
114	70	2.7559	110	4.3307	20	0.7874	14	15/32	6,580	6,080
214			125	4.9213	24	0.9449	10	11/16	10,760	8,740
314			150	5.9055	35	1.3780	8	1	18,000	13,260

شکل ۱-۶: ابعاد و بار اسمی پایه برای بلبرین گهای رادیال کنراد تک شیار

مثال:

مقدار C را برای یاتاقان شعاعی شماره 207 به دست آورید.

حل:

اطلاعات داده شده: بلبرینگ شماره 207 از نوع کنراد با تعداد ردیف ساچمه واحد. فرضها: بار اسمی پایه بر اساس عمر یک میلیون دور یاتاقان محاسبه خواهد شد. روش حل: از معادله (۱) و جداول (۸-۱) و (۸-۲) استفاده می کنیم. جزئیات حل: از جدول (۸-۱) داریم

$$d_m = \frac{1}{2}(2.8346 + 1.3780) = 2.1063 \text{ in}$$

$$\frac{D \cos \alpha}{d_m} = \frac{0.4375}{2.1063} = 0.208$$

از جدول (۸-۲) داریم

$$f_c = 4550$$

از جدول (۸-۱) داریم

$$D = \frac{7}{16} = 0.4375 \text{ in} \quad D^{1.8} = 0.2258$$

$$Z = 9 \quad Z^{2/3} = \sqrt[3]{9^2} = 4.327$$

از معادله (۱) داریم

$$C = 4550 \times 4.327 \times 0.2258 = 4440 \text{ lb}$$

این بار اسمی برای یک میلیون دور محاسبه شده است و ۹۰ درصد یاتاقانها تحت این بار حتی بیش از یک میلیون دور هم کار می کنند.

معادلات طراحی یاتاقان ها عمدتاً و بر اساس آزمایش بدست آمده اند که در آنها ابعاد و سایر کمیت های آزمایش بر حسب in, lb هستند. بنابراین بهتر است در صورت داشتن واحد های SI آنها را به واحدهای آمریکایی تبدیل کنیم.

گر دو گروه یاتاقان مشابه تحت بارهای متفاوت P_2, P_1 کار کنند، نسبت عمر های اسمی N_2, N_1 آنها بر حسب دور برابر با عکس نسبت توان سوم بارهای وارده بر آن ها خواهد بود و به عبارت دیگر می توان نوشت:

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{P_2^3}{P_1^3}$$

معادلات بالا را می توان به صورت کلی زیر نیز نوشت

$$10^6 C^3 = N_1 P_1^3 = N_2 P_2^3 = N_3 P_3^3 = \alpha$$

جملات این معادله ثابت و با یکدیگر برابر هستند همانگونه که قبلاً ذکر شد این جملات برابر با $10^6 C^3$ هستند. در صورت لزوم در همه معادلات می توان به جای عمر مقدار زیر را قرار داد که داریم:

$$N = 60nL$$

و در آن:

N سرعت بر حسب (rpm)

L عمر بر حسب ساعت (hr)

مثال:

برای یاتاقان 207 مثال قبل بار شعاعی P را به ازای عمر $500hr$ با سرعت $1500rpm$ بدست آورید.

اطلاعات داده شده: بلیرینگ از نوع کنراد شماره 207 با یک ردیف ساچمه است.

$$n = 1500 \text{ rpm}; L = 500 \text{ hr}; C = 4440$$

فرضها: عمر اسمی یاتاقان به طور معکوس با مکعب بار وارد بر آن متناسب است.

روش حل: از معادلات (۳) و (۴) استفاده می کنیم.

جزئیات حل: با کاربرد معادلات (۳) و (۴) می توان نوشت

$$P_1^3 = \frac{10^6 C^3}{N_1} = \frac{10^6 C^3}{60 n L} = \frac{10^6 \times 4440^3}{60 \times 1500 \times 500} = 1945000000$$

از آنجا خواهیم داشت

$$P_1 = 1250 \text{ lb}$$