

Tragfähigkeit Lebensdauer

Die Bestimmung der erforderlichen Lagergröße geht von den Anforderungen an Belastbarkeit, Lebensdauer und Betriebssicherheit des Wälzlagers aus. Als Maß für die Tragfähigkeit eines Wälzlagers werden bei der Lagerberechnung die Tragzahlen verwendet.

Dynamische Tragzahl C

Die dynamische Tragzahl C wird für die Berechnung dynamisch beanspruchter Lager verwendet. Es handelt sich um eine Auswahl an Lagern, die unter Belastung umlaufen. Die dynamische Tragzahl bezieht sich auf eine Belastung, die nach Größe und Richtung unveränderlich ist und bei Radiallagern rein radial, bei Axiallagern rein axial und zentrisch wirkt.

Statische Tragzahl Co

Die statische Tragzahl Co wird angewandt bei Wälzlagern, die mit sehr niedriger Drehzahl umlaufen, langsame Schwenkbewegungen ausführen oder im Stillstand belastet werden. Sie ist als diejenige Belastung definiert, bei der die gesamte plastische Verformung von Wälzkörpern und Laufbahnen, an der am höchsten beanspruchten Berührungsstelle, das 0,0001-fache des Wälzkörperdurchmessers beträgt.

Lebensdauer und Dimensionierung

Wälzlager sind während ihres Betriebes einer Vielzahl von Einflüssen ausgesetzt, die sich zum Teil nicht genau vorhersehen bzw. rechnerisch erfassen lassen. Es sollten Belastung und Drehzahl eines Lagers bekannt sein, hilfreich sind noch zusätzliche Einflüsse wie Temperatur, Vibration und der Zustand des Schmiermittels.

Die Bestimmung der erforderlichen Lagergröße geht von den Anforderungen an Belastbarkeit, Lebensdauer und Betriebssicherheit des Wälzlagers aus. Als Maß für die Tragfähigkeit eines Wälzlagers werden bei der Lagerberechnung die Tragzahlen verwendet.

Bei der Dimensionierung von Lagerungen muss man unterscheiden, ob die Lager dynamisch oder statisch beansprucht sind. Umlaufende Lager sind dynamisch beansprucht. Statische Beanspruchung liegt vor, wenn die Lager stillstehen oder Schwenkbewegungen ausführen.

Lebensdauer

Die Lebensdauer eines Wälzlagers ist die Anzahl der Umdrehungen oder Betriebsstunden bei konstanter Drehzahl, die das Lager aushält, bevor die ersten Anzeichen einer Werkstoffermüdung auftreten. Da die Lebensdauer von offensichtlich identischen Lagern, unter gleichen Betriebsbedingungen unterschiedlich ist, muss eine eindeutige Festlegung des Begriffes Lebensdauer getroffen werden. Die Norm ISO 281 definiert infolgedessen eine nominelle Lebensdauer, genannt L_{10h} - Lebensdauer, die von 90% der unter gleichen Betriebsbedingungen geprüften Lagern erreicht wird.

Die nominelle Lebensdauer L_{10h} steht also für eine 10%ige Ausfallwahrscheinlichkeit.

Lebensdauerberechnung

Äquivalente dynamische Lagerbelastung:

Sie ist definiert als die gedachte, nach Größe und Richtung konstante Radialbelastung, die die gleiche nominelle Lebensdauer ergibt, wie die tatsächlich wirkende Belastung.

Formel:

$$P = XFr + YFa$$

Hierbei ist:

- P... äquivalente dynamische Lagerbelastung in[N]
- Fr ... Radialkomponente der Belastung in [N]
- Fa .. Axialkomponente der Belastung in[N]
- X ... Radialfaktor des Lagers
- Y ... Axialfaktor des Lagers

Tragfähigkeit Lebensdauer

Lebensdauerberechnung (Fortsetzung)

Äquivalente statische Lagerbelastung:

Sie ist definiert als die Radialbelastung, die im Lager die gleichen bleibenden Verformungen hervorruft wie die tatsächlich wirkende Belastung.

Formel:

$$P_o = X_o F_r + Y_o F_a$$

Hierbei ist:

- Po... Äquivalente statische Lagerbelastung in [N]
- Fr ... Radialkomponente der größten statischen Belastung in [N]
- Fa ... Axialkomponente der größten statischen Lagerbelastung in [N]
- Xo ... Radialfaktor des Lagers
- Yo ... Axialfaktor des Lagers

Wenn $P_o < F_r$ ist, so ist mit $P_o = F_r$ zu rechnen.

Anwendungsbeispiel:

Gewählt wurde das Lager S 607 ZZ, das unter folgenden Betriebsbedingungen arbeiten soll:

- Radialbeanspruchung: $F_r = 50 \text{ N}$
- Axialbeanspruchung: $F_a = 15 \text{ N}$
- Drehzahl: $n = 12.000 \text{ min}^{-1}$
- dynamische Tragzahl: $C = 2311 \text{ N}$
- statische Tragzahl: $C_o = 1057 \text{ N}$

$$\frac{F_a}{C_o} = \frac{15 \text{ N}}{1057 \text{ N}} = 0,014$$

Aus unten stehender Tabelle folgt : $e = 0,22$

$$\frac{F_a}{F_r} = \frac{15 \text{ N}}{50 \text{ N}} = 0,3 > 0,2$$

Somit ergeben sich folgende Faktoren:

$$X = 0,56 \\ Y = 2$$

Mit diesen beiden Werten lässt sich die äquivalente dynamische Lagerbelastung P errechnen:

$$P = 0,56 \cdot 50 \text{ N} + 2 \cdot 15 \text{ N} = 58 \text{ N}$$

Nominelle Lebensdauer:

$$L_{10h} = \frac{10^6 \cdot C^3}{60 \cdot n \cdot P}$$

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 \cdot 12.000 \text{ min}^{-1}} \cdot \left(\frac{2.311 \text{ N}}{58 \text{ N}} \right)^3 = 87.858 \text{ h}$$

Die nominelle Lebensdauer beträgt somit ungefähr 88.000 Stunden.

Berechnungsfaktoren X und Y für Rillenkugellager

Fa/Co	Lagerluft Normal					Lagerluft C3					Lagerluft C4				
	e	Fa/Fr < e		Fa/Fr > e		e	Fa/Fr < e		Fa/Fr > e		e	Fa/Fr < e		Fa/Fr > e	
		X	Y	X	Y		X	Y	X	Y		X	Y	X	Y
0,025	0,22	1	0	0,56	2	0,31	1	0	0,46	1,75	0,4	1	0	0,44	1,42
0,04	0,24	1	0	0,56	1,8	0,33	1	0	0,46	1,62	0,42	1	0	0,44	1,36
0,07	0,27	1	0	0,56	1,6	0,36	1	0	0,46	1,46	0,44	1	0	0,44	1,27
0,13	0,31	1	0	0,56	1,4	0,41	1	0	0,46	1,3	0,48	1	0	0,44	1,16
0,25	0,37	1	0	0,56	1,2	0,46	1	0	0,46	1,14	0,53	1	0	0,44	1,05
0,5	0,44	1	0	0,56	1	0,54	1	0	0,46	1	0,56	1	0	0,44	1

Lebensdauerberechnung

Äquivalente Belastung der Pendelkugellager

Dynamische äquivalente Belastung

$$P_r = F_r + Y_1 F_a \quad \text{bei } F_a/F_r \leq e$$

$$P_r = 0,65 F_r + Y_2 F_a \quad \text{bei } F_a/F_r < e$$

Statische äquivalente Belastung

$$P_{or} = F_r + Y_o F_a$$

Die Werte für die lagerabhängigen Faktoren e , Y_o , Y_1 und Y_2 können der Lagertabelle auf der Seite 29 entnommen werden.

Tragzahlen von Hybridlagern

Der E-Modul beeinflusst auch die Tragzahl. Die Tragzahlberechnung von Hybridlagern ist nicht genormt und wird deshalb unterschiedlich durchgeführt. Aus Versuchen ist bekannt, dass das Ausfallverhalten von Hybridlagern dem von Stahl lagern sehr ähnlich ist. Die Tragfähigkeit eines Hybridlagers beeinflusst auch die Leistungsfähigkeit und somit die Lebensdauerberechnung L10.

Dies ist eine wichtige Aussage der man besonders viel Aufmerksamkeit in den letzten Jahren geschenkt hat.

Wälzkörper aus Siliziumnitrid sind viel steifer als Stahl-Wälzkörper und dazu ist die Kontaktfläche auf der Laufbahn viel geringer. Für eine vorhandene Belastung bedeutet dies, dass die Flächenpressung in der Laufbahn zunimmt und die L10 Lebensdauer „theoretisch“ in einem Hybridlager abnimmt. Tatsächlich gibt es Anwendungen bei dem die Lager an der Belastungsgrenze laufen, welche niedrigere Lebensdauererwartungen zeigen, wenn ein Stahlager durch ein Hybridlager ausgetauscht wird, weil die Laufbahnen ermüden.

Die richtige Aussage zur Materialermüdungslebensdauer kann nur mit einer Berechnung der Herzl'schen Pressung im Wälzkontakt, bei der die Massenkräfte berücksichtigt werden, gemacht werden. So wird der scheinbare Nachteil der niedrigeren Tragzahl der Hybridlager größtenteils wieder ausgeglichen.