Dimensionieren 2

Prof. Dr. K. Wegener

Name	
Vorname	
Legi-Nr.	

Übung 3: Druckschalter

Voraussetzung

- Federn

Problemstellung

Ein Drucklichtschalter soll mit einer Anfangskraft von $F_1 = 3\,N$ bis zu einer Endkraft von $F_2 \cong 4\,N$, über einen Weg von $\Delta s = 5\,mm$ geschaltet werden. F_2 entspreche der maximal zulässigen Kraft.
Die eingebaute Schraubenfeder wird aus konstruktiven Gründen mit einem mittleren Wickeldurchmesser $D = 10$ mm ausgeführt. Mindestabstand zwischen den federnden Windungen bei F_2 ist $0.6 \cdot d = S_a / n$, mit d = Drahtdurchmesser. An jedem Federende sei eine Windung angelegt, d.h. nicht federnd, nicht angeschliffen.

Material:

Federstahl mit $\tau_{zul} = 500\,N/mm^2$.

Schubmodul:

$G = 83\,000\,N/mm^2$

Abb. 1.1 Drucklichtschalter (B203fedZ)

Für die Schraubenfeder sind statisch zu dimensionieren:

1. Drahtdurchmesser d
2. Federkonstante R
3. wirksame und totale Anzahl Windungen n und n_{tot}
4. Blocklänge der vollständig zusammengedrückten Feder L_B
5. Federlänge bei gedrücktem Schalter L_2
6. Federlänge der entlasteten Feder L_0

Lösung

1. Drahtdurchmesser

Drahtdurchmesser d so wählen, dass zulässige Schubspannung nicht überschritten wird, mit $F_2 = 4$ N, D = 10 mm, $\tau_{zul} = 500$ N/mm^2. Der Faktor k(d, D) zur Berücksichtigung der Spannungsüberhöhung auf der Feder-Innenseite ist abhängig vom Drahtdurchmesser d und vom Wicklungsdurchmesser D bzw. dem Wickelverhältnis D/d.

$$d_{min} = \sqrt[3]{\frac{k(d, D) \cdot 8 \cdot F_2 \cdot D}{\pi \cdot \tau_{zul}}} \text{ mit } k = 1 + \frac{5}{4} \cdot \frac{d}{D} + \frac{7}{8} \cdot \left(\frac{d}{D}\right)^2 + \left(\frac{d}{D}\right)^3 \quad (1)$$

oder k aus Tabelle. Dies ist eine Fixpunktgleichung, sie kann durch Iteration gelöst werden:

Iterationsschritt i	$d_i=F(d_{i-1}, k_{i-1})$	D/d_i	k
Startwert	d_0 = 1 mm	10/1= 10	k_0 = 1.13
1	$d_1 = F(d_0, k_0)$ = 0.61287 mm	10/0.61287 = 16.32	k_1 = 1.08
2	$d_2 = F(d_1, k_1)$ = 0.60370 mm	10/0.60370 = 16.56	k_2 = 1.08

Tab. 1.1 Iterative Bestimmung des Drahtdurchmessers

Bereits nach dem 2. Iterationsschrittändert sich k nicht mehr und somit auch nicht d. Wahl: d = 0,6 mm
Kontrolle: für D/d=10/0.6=16.7 ist der Spannungsüberhöhungsfaktor gemäss Skript k=1.08

$$d_{min} = \sqrt[3]{\frac{k \cdot 8 \cdot F_2 \cdot D}{\pi \cdot \tau_{zul}}} = \sqrt[3]{\frac{1.08 \cdot 8 \cdot 4N \cdot 10mm}{3.1416 \cdot 500N/mm^2}} = 0.604mm \quad (2)$$

gewählt wird der gängige Drahtdurchmesser d = 0.6 mm.

2. Federkonstante

$\Delta s = 5$ mm, $F_1 = 3$ N, $F_2 = 4$ N

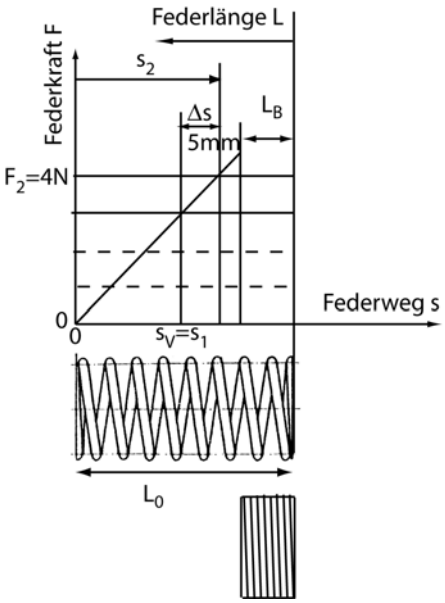

Abb. 1.2 Federkonstante ($s_V=s_1$ Vorspann-Federweg)(Federdarstellung nicht massstäblich)

$$R = \frac{\Delta F}{\Delta s}$$
$$R = \frac{F_2 - F_1}{\Delta s} = \frac{1}{5} = 0.2 \text{ N/mm} \quad (3)$$

3. Wirksame Anzahl Windungen:

$$n = \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot R \cdot D^3} = \frac{83'000 \cdot 0.6^4}{8 \cdot 0.2 \cdot 10^3} = 6.7 \quad (4)$$

Totale Anzahl Windungen

$$n_{tot} = n + 2 = 6.7 + 2 = 8.7 \quad (5)$$

4. Blocklänge L_B

Federenden ungeschliffen:

$$L_B = (n + 3.5) \cdot d = 10.2 \cdot 0.6 = 6.1\text{mm} \quad (6)$$

5. Federlänge L_2 beim gedrückten Schalter

mit der Kraft $F_2 = 4\,\mathrm{N}$. (Länge der Feder bei grösster Prüfkraft)

$$L_2 = L_B + S_a = 6.1 + 0.6 \cdot 0.6 \cdot 6.7 = 8.5\mathrm{mm} \tag{7}$$

6. Federlänge L_0 der entlasteten Feder

$$L_0 = L_B + S_a + s_n = 8.5 + \frac{F_2}{R} = 8.5 + \frac{4}{0.2} = 28.5\mathrm{mm} \tag{8}$$