

Übung: Dimensionierung eines Synchronriemenantriebs

Vgl.: Bsp. RM S.609

Klasse:	Datum:
BBS Winsen - Alexander Boldt	Name:

Antrieb einer Spezial-Bohrmaschine

Für den Antrieb einer Spezial-Bohrmaschine mit einer konstanten Spindeldrehzahl $n_{ab} = 2.000 \text{ min}^{-1}$ ist ein geeigneter Synchronriemenantrieb auszulegen.

Zum Antrieb wird ein Synchronmotor mit $P = 2,0 \text{ kW}$ bei $n_{an} = 6.000 \text{ min}^{-1}$ mit einer Zähnezahzahl der Synchronriemenscheibe von $z_k = 40$ sowie einer Teilung von $p = 5 \text{ mm}$ vorgesehen. Aus konstruktiven Gründen soll der Wellenabstand $e' = 290 \text{ mm}$ und die Zahnscheibendurchmesser maximal 200 mm betragen.

Erschwerte Betriebsbedingungen sind nicht zu erwarten; $K_A = 1$.

Die Berechnung erfolgt in Anlehnung an den Ablaufplan RM FS S.214 zum Auslegen von Riementrieben.

a) Festlegen des Riemenprofils (P')

(RM 16.3.2 –1 S. 599)

b) Festlegung der Scheibenzähnezahl (z_g)

(RM 16.3.2 –2 S. 599)
$$z_g = \frac{(z_k \cdot n_{an})}{n_{ab}}$$

c) Ermittlung des vorläufigen Wellenabstandes (e')

(RM 16.3.2 – 1 S. 600)

d) Ermittlung der Riemenzähnezahl und der Riemenlänge ($d_{dk}; d_{dg}; L'_d; z'_R; L_d; i$)

(RM 16.3.2 – 2 S. 598), RM FS S. 209 – 210, RM TB 16-19d

e) Festlegen des endgültigen Wellenabstandes ($e; x; y$)

(RM 16.3.2 - 2 S. 599-601) RM FS S. 210 - 211

f) Ermittlung der erforderlichen Riemenbreite ($z_e; P_{spez}$ TB 16-20-b)

(RM 16.3.2 – 3 S. 601-603) RM FS S. 212

g) Kontrolle von: ($v; f_B; F_t; F_{w0}$)

(RM 16.3.2 - 5 S. 605) RM FS S. 211-213

h) Werte zulässig?

a) Festlegen des Riemenprofils

Siehe RM 16.3.2 - 1. Riemenwahl

Gegeben: $K_A = 1$; $P_{\text{nenn}} = 2,0\text{kW}$; $n_{\text{an}} = 6.000\text{ min}^{-1}$

Gesucht: Profil des Synchronriemens nach RM TB S. 181

Berechnung:

$$P' = K_A \cdot P_{\text{nenn}}$$

$$P' = 1 \cdot 2,0\text{ kW}$$

$$P' = \underline{2,0\text{ kW}}$$

Antwort:

Mit einer Berechnungsleistung von $P' = 2,0\text{ kW}$ und einer Antriebsdrehzahl von $n_{\text{an}} = 6.000\text{ min}^{-1}$

wird nach RM TB 16-18 das **Profil T5** gewählt.

b) Festlegung der Scheibenzähnezahl

Siehe RM 16.3.2 - 2. Übersetzung (i)

Gegeben: $n_{an} = 6.000 \text{ min}^{-1}$; $n_{ab} = 2.000 \text{ min}^{-1}$

$z_k = 40$ Zähne Festgelegt unter Berücksichtigung der vorhandenen Konstruktion, Abstand zueinander und des nicht zu klein zu wählenden Umschlingungswinkels β_k , siehe auch TB 16-19 S. 182,

Gesucht: z_g

Berechnung:

$$i = \frac{n_{an}}{n_{ab}}$$

$$i = \frac{6.000 \text{ min}^{-1}}{2.000 \text{ min}^{-1}}$$

$$i = \underline{\underline{3}}$$

$$z_g \cdot n_{ab} = z_k \cdot n_{an}$$

$$z_g = \frac{z_k \cdot n_{an}}{n_{ab}}$$

$$z_g = \frac{40 \text{ Zähne} \cdot 6.000 \text{ min}^{-1}}{2.000 \text{ min}^{-1}}$$

$$z_g = \underline{\underline{120 \text{ Zähne}}}$$

Antwort:

Die Scheibenzähnezahl der abtriebseitigen Scheibe beträgt $z_g = 120$ Zähne.

c) Ermittlung des vorläufigen Wellenabstandes

Antwort: Aus konstruktiven Gründen beträgt der vorläufige Wellenabstand $e' = 290 \text{ mm}$.

Wellenabstand e' (vorläufig) RM S. 600

$$e' = 0,5 \cdot (d_{dg} + d_{dk}) + 15 \text{ mm} \leq e' \leq 2 \cdot (d_{dg} + d_{dk})$$

d) Ermittlung der Riemenzähnezahl und der Riemenlänge

Geg: $p = 5 \text{ mm}$; $z_k = 40 \text{ Zähne}$; $n_{\text{an}} = 6.000 \text{ min}^{-1}$; $n_{\text{ab}} = 2.000 \text{ min}^{-1}$; $e' = 290 \text{ mm}$

Ges: d_{dk} ; d_{dg} ; L'_d ; Z'_R ; L_d

Festlegen der Scheibendurchmesser von Antriebs- und Abtriebsseite: RM 16.3.2 - 2.

$$d_{dk} = \frac{p}{\pi} \cdot z_k$$
$$d_{dk} = \frac{5\text{mm}}{\pi} \cdot 40\text{Zähne}$$
$$d_{dk} = \underline{\underline{64\text{mm}}}$$

$$d_{dg} = i \cdot d_{dk}$$

$$d_{dg} = 3 \cdot 64 \text{ mm}$$

$$d_{dg} = \underline{\underline{192 \text{ mm}}}$$

Ermitteln der theoretischen Riemenlänge: Siehe RM 16.3.2 - 2. Riemenlänge

$$L'_d = 2 \cdot e' + \frac{\pi}{2} \cdot (d_{dg} + d_{dk}) + \frac{(d_{dg} - d_{dk})^2}{4 \cdot e'}$$

$$L'_d = 2 \cdot 290\text{mm} + \frac{\pi}{2} \cdot (192\text{mm} + 64\text{mm}) + \frac{(192\text{mm} - 64\text{mm})^2}{4 \cdot e'}$$

$$L'_d = \underline{\underline{996\text{mm}}}$$

Festlegen der Riemenzähnezahl: Siehe RM 16.3.2 - 2. Riemenlänge

$$zr' = \frac{Ld}{p}$$

$$zr' = \frac{996\text{mm} \cdot \text{Zahn}}{5\text{mm}}$$

$$zr' = \underline{\underline{199,2\text{Zähne}}}$$

Antwort:

Nach RM TB 16-19d wird festgelegt: $z_R = \underline{\underline{198\text{ Zähne}}}$

Festlegen der Riemenrichtlänge: Siehe RM 16.3.2 - 2. Riemenlänge

$$L_d = z_R \cdot p$$

$$L_d = 198\text{Zähne} \cdot 5\text{mm}$$

$$L_d = \underline{\underline{990\text{mm}}}$$

Antwort:

Aus der tabellarisch ermittelten Riemenzähnezahl und der vorgegebenen Teilung von 5 mm ergibt sich eine Riemenlänge von $\underline{\underline{L_d = 990\text{ mm}}}$.

e) Festlegen des endgültigen Wellenabstandes

Gegeben: $L_d = 990 \text{ mm}$; $d_{dk} = 64 \text{ mm}$; $d_{dg} = 192 \text{ mm}$; $p = 5 \text{ mm}$

Gesucht: e ; x ; y

Festlegen des endgültigen Wellenabstandes: Siehe RM 16.3.2 - 2. Wellenabstand

$$e \approx \frac{L_d}{4} - \frac{\pi}{8} \cdot (d_{dg} + d_{dk}) + \sqrt{\left[\frac{L_d}{4} - \frac{\pi}{8} \cdot (d_{dg} + d_{dk}) \right]^2 - \frac{(d_{dg} - d_{dk})^2}{8}}$$
$$e \approx \frac{990\text{mm}}{4} - \frac{\pi}{8} \cdot (192\text{mm} + 64\text{mm}) + \sqrt{\left[\frac{990\text{mm}}{4} - \frac{\pi}{8} \cdot (192\text{mm} + 64\text{mm}) \right]^2 - \frac{(192\text{mm} - 64\text{mm})^2}{8}}$$
$$e \approx \underline{\underline{288\text{mm}}}$$

Ermitteln des Spannweges x u. des Auflegeweges y :

Siehe RMM 16.3.2 - 2.

$$x \geq 0,005 \cdot L_d$$

$$x \geq 0,005 \cdot 990\text{mm}$$

Festgelegt :

$$x = \underline{\underline{5\text{mm}}}$$

$$y \geq (1...2,5) \cdot p$$

$$y \geq (1...2,5) \cdot 5\text{mm}$$

Festgelegt :

$$y = \underline{\underline{12\text{mm}}}$$

Ermitteln des Umschlingungswinkels an der kleinen Scheibe: RM 16.3.2 - 2.

$$\beta_k = 2 \cdot \arccos \left[\frac{p \cdot (z_g - z_k)}{\pi \cdot 2 \cdot e} \right]$$
$$\beta_k = 2 \cdot \arccos \left[\frac{5\text{mm} \cdot (120\text{Zähne} - 40\text{Zähne})}{\pi \cdot 2 \cdot 288\text{mm}} \right]$$
$$\beta_k = \underline{\underline{154,45^\circ}}$$

Antwort :

Unter Berücksichtigung des Verstellweges zum Spannen des Riemens von 12 mm sowie dessen Auflegeweges von 5 mm und einem Umschlingungswinkel der kleinen Riemenscheibe von 154,45° beträgt der Wellenabstand 288mm.

f) Ermittlung der erforderlichen Riemenbreite

Siehe RM 16.3.2 - 3. Riemenbreiten

Gegeben: $z_k = 40$ Zähne; $\beta_k = 154,45^\circ$; $P' = 2,0 \text{ kW}$; $n_{an} = 6.000 \text{ min}^{-1}$

Gesucht: z_e nach RM S. 603 Aufgrund unvermeidlicher Teilungsfehler können max. nur 12 Zähne als Tragend angesehen werden.

P_{spez} nach TB 16-20-b

Berechnung:

$$\begin{aligned} z_e &= \frac{z_k \cdot \beta_1}{360^\circ} \leq 12 \text{ Zähne} \\ z_e &= \frac{40 \text{ Zähne} \cdot 154,45^\circ}{360^\circ} \leq 12 \text{ Zähne} \\ z_e &= \underline{\underline{12 \text{ Zähne}}} (17,15 \text{ Zähne}) \end{aligned}$$

$$P_{spez} = 5,1 \cdot 0,1 \frac{\text{W}}{\text{mm}}$$

$$P_{spez} = \underline{\underline{0,51 \frac{\text{W}}{\text{mm}}}}$$

$$b' = \frac{P'}{z_k \cdot z_e \cdot P_{spez}}$$

$$b' = \frac{2000 \text{ W}}{40 \text{ Zähne} \cdot 12 \text{ Zähne} \cdot 0,51 \frac{\text{W}}{\text{mm}}}$$

$$b' = \underline{\underline{8,16 \text{ mm}}}$$

Festgelegt: Ableitung: TB 16-19c

$$b' = \underline{\underline{10,0 \text{ mm}}}$$

Antwort:

Die Riemenbreite wird auf $b = 10 \text{ mm}$ aufgerundet.

g) Kontrolle von v ; f_B ; F_t ; F_{w0}

Riemengeschwindigkeit: Siehe RM 16.3.2 – 5.

Gegeben: $d_{dk} = 64\text{mm}$; $n_{an} = 6.000\text{ min}^{-1}$

Gesucht: v in $\frac{m}{s}$

Berechnung:

$$v = d_{dk} \cdot \pi \cdot n_{an}$$

$$v = \frac{64\text{mm} \cdot \pi \cdot 6.000 \cdot 1\text{ min}}{\text{min} \cdot 60\text{ sec}}$$

$$v = 0,064\text{m} \cdot \pi \cdot 100 \frac{m}{s}$$

$$v = \underline{\underline{20,10 \frac{m}{s}}}$$

v = Riemengeschwindigkeit

f_B = Biegefrequenz

F_t = Umfangskraft

F_{w0} = Überschlägige Wellenbelastung

Antwort:

Die angegebenen Werte von $v_{max} = 80\text{ m/s}$ für das Riemenprofil T5 wird laut TB 16-19a nicht überschritten.

Biegefrequenz: Siehe RM 16.3.2 - 5.

Gegeben: $v = 20,10 \text{ m/s}$; $z = 2$; $L_d = 990\text{mm} = 0,99 \text{ m}$

Gesucht: f_B

Berechnung:

$$f_B = \frac{v \cdot z}{L_d}$$

$$f_B = \frac{20,10\text{m} \cdot 2}{\text{sec} \cdot 0,99\text{m}}$$

$$f_B = \underline{\underline{40,60\text{s}^{-1}}}$$

Antwort:

Die angegebenen Werte von $f_{B_{\max}} = \underline{\underline{200\text{s}^{-1}}}$ werden nach der Tabelle TB 16-3 nicht überschritten.

Umfangskraft: Siehe RMM 16.3.2 - 5. Riemenzugkraft (RM TB S. 211)

Gegeben: $P' = 2,0 \text{ kW}$; $v = 20,10 \text{ m/s}$

Gesucht: F_t

Berechnung:

$$F_t = \frac{P'}{v}$$

$$\text{Arbeit} = 1 \text{ Nm} = 1 \text{ Ws}$$

$$F_t = \frac{2,0 \text{ kW}}{20,10 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

$$2,0 \text{ kW} = 2000 \frac{\text{Nm}}{\text{s}}$$

$$F_t = \frac{2000 \frac{\text{Nm}}{\text{s}}}{20,10 \frac{\text{m}}{\text{s}}}$$

$$F_t = \underline{\underline{99,50 \text{ N}}}$$

Herleitung:

Unter Beachtung der Tabelle TB 16-19c darf eine zulässige Umfangskraft von $F_{tzul} = 300 \text{ N}$ nicht überschritten werden.

Somit gilt: $F_t = 99,50 \text{ N} < F_{tzul} = 300 \text{ N}$

Antwort:

Die Angegebenen Werte aus der Tabelle TB 16-19c $F_{tzul} = 300 \text{ N}$ für den Riemen mit den Abmaßen $b = 10 \text{ mm}$ und Profil T5 werden nicht überschritten.

Vorspannung: Wellenbelastung: Siehe RM 16.3.2 - 4.

Gegeben: $F_t = 99,50 \text{ N}$

Gesucht: F_{w0}

Berechnung:

$$F_{w0} = 1,1 \cdot F_t$$

$$F_{w0} = 1,1 \cdot 99,50 \text{ N}$$

$$F_{w0} = \underline{\underline{109,45 \text{ N}}}$$

Antwort:

Es tritt im Stillstand eine überschlägig ermittelte Wellenbelastung von $\approx 109 \text{ N}$ auf.

h) Werte zulässig?

Die errechnete Riemenzugkraft für diesen Synchronriemen beträgt $F_t = 99,50 \text{ N}$.
Die max. zulässige Riemenzugkraft für diesen Synchronriemen beträgt $F_{tzu} = 300 \text{ N}$.

An Hand dieser Zahlen ist zu sehen, dass der berechnete Synchronriemen ausreichend dimensioniert ist, und die geforderten Werte umsetzen kann.
Daher ist der Synchronriemen für den Antrieb geeignet ist.

Für den geforderten Synchronriemenantrieb werden insgesamt folgende Komponenten benötigt.

- Synchronriemen 10 T5/990 (b=10 mm Breite, T5 Riemenprofil mit $p = 5 \text{ mm}$ Teilung, $L_d = 990 \text{ mm}$ Richtlänge = Bestelllänge)
- Antriebsscheibe mit 40 Zähnen
- Abtriebsscheibe mit 120 Zähne