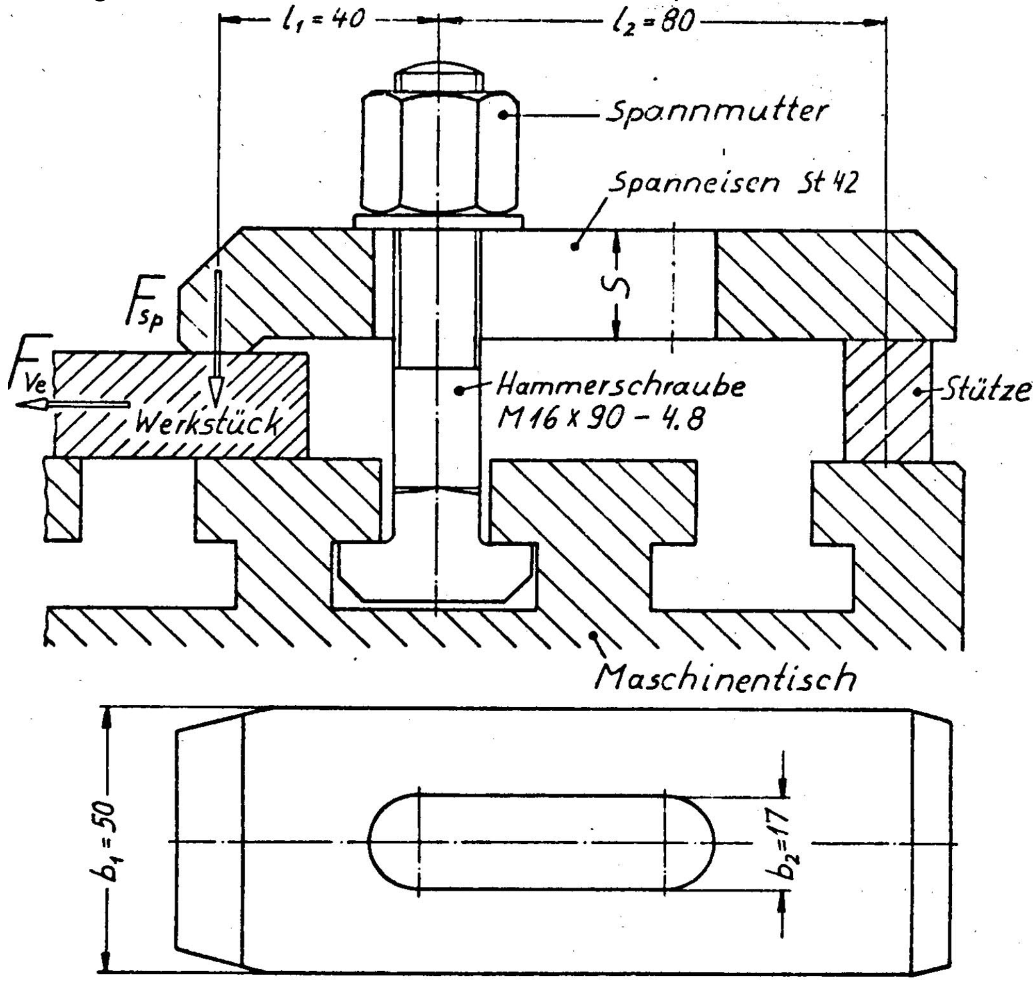
tgt HP 1981/82-1: Spannen beim Fräsen

Zum Spannen von größeren Werkstücken verwendet man Spanneisen.



	Teilaufgaben:	Punkte
1	Welche Spannkraft F_{Sp} ist erforderlich, um das Werkstück gegen ein Verschieben mit der Verschiebekraft F_{Ve} = 1,5 kN zu sichern? μ = 0,1	2,0
2	Mit welcher Kraft F muss die Spannmutter auf das Spanneisen drücken, damit an der Spannstelle eine Spannkraft F_{Sp} = 7,5 kN wirkt ? Wie groß ist die Kraft F_{St} auf die rechte Stütze ?	3,0
3	Wie groß ist die Sicherheit gegen bleibende Verformung der Schraube, wenn die Hammerschraube M16 x 90 mit F = 12 kN belastet wird? Festigkeitsklasse der Schraube: 4.8	2,5

4 Wie groß muss der wirksame Hebelarm l_H sein, um bei einer angenommenen Handkraft F_H = 200 N die Schraubenkraft F = 12 kN mit dem Gewinde M 16 zu erreichen? 4,0

Anzugsmoment $M_A = F \cdot [r_2 \cdot \tan(\alpha + \rho') + \mu_A \cdot r_A]$

Reibzahl im Gewinde μ' = 0,25

Reibzahl der Mutterauflage μ_a = 0,15

Wirkabstand der Auflagereibung r_a = 11,2 mm

5 Bei welchen Längen l_1 bzw. l_2 wird das Biegemoment im Spanneisen am größten, wenn l_1+l_2 = 120 mm ist ? 5,0

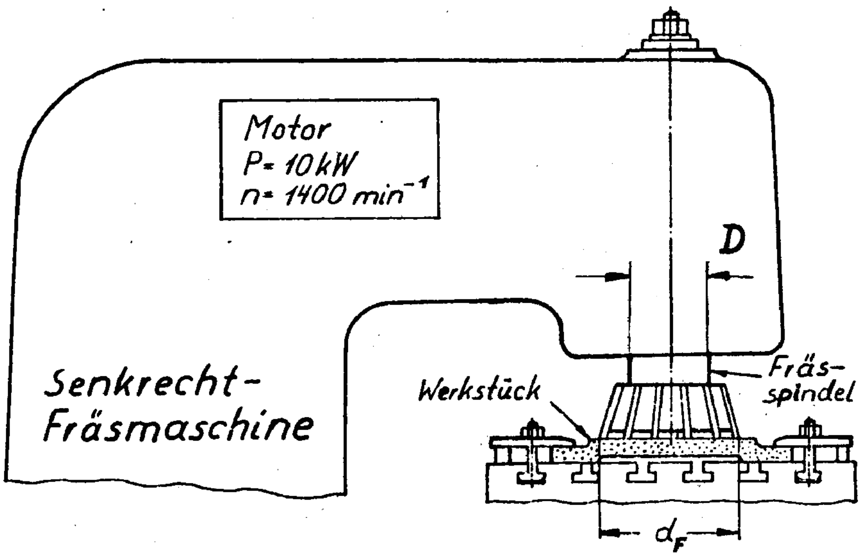
Berechnen Sie für die Schraubenkraft F = 12 kN dieses maximale Biegemoment sowie die erforderliche Dicke s des Spanneisens. Werkstoff : S275

Sicherheit gegen bleibende Verformung: ν = 1,5

Teilbreiten des Spanneisens : b_1 = 50 mm, b_2 = 17 mm (siehe Skizze!)

Der Motor einer Senkrecht-fräsmaschine hat eine Antriebsleistung von P = 10 kW bei n = 1400 1/min. An der Frässpindel stehen folgende Drehzahlen zur Verfügung :

n = 1400 - 1000 -710 - 500 - 355 -250 - 180 - 125 - 90 - 63 - 45 - 31,5 und 22,5 1/min,



6 Welche der Drehzahlen ist einzustellen, wenn das Schruppen des Werkstücks mit einer Schnittgeschwindigkeit v = 20 m/min bei einem Fräserdurchmesser d_F = 200 mm erfolgen soll ? 1,5

7 Berechnen Sie für das maximale Drehmoment die Durchmesser D und d der Frässpindel, wenn diese als Hohlwelle mit dem Durchmesserverhältnis D : d = 2 : 1 ausgeführt werden soll. 4,5

τ_{tzul} = 50 N/mm²

angenommener Wirkungsgrad η_{ges} = 0,75

Alle Teilaufgaben sind unabhängig voneinander lösbar. Σ=22,5

Lösungen

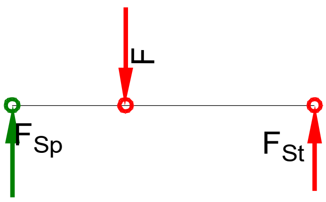
Teilaufgaben: Punkte

1 Da das Werkstück oben und unten mit der Kraft FSp geklemmt ist und die Reibkraft FR an beiden Flächen wirkt, muss sie nur die halbe Verschiebekraft FVE halten. 2,0

$$F_R = F_{Sp} \cdot \mu = \frac{F_{VE}}{2} \quad \rightarrow \quad F_{Sp} = \frac{F_{VE}}{2 \cdot \mu} = \frac{1{,}5\,kN}{2 \cdot 0{,}1} = 7{,}5\,kN$$

Reibungskraft

2 LS Spanneisen 3,0



$$\Sigma M_{St} = 0 = -F_{Sp} \cdot (l_1 + l_2) + F \cdot l_2 \quad \rightarrow$$

$$F = F_{Sp} \cdot \frac{(l_1 + l_2)}{l_1} = 7{,}5\,kN \cdot \frac{(40\,mm + 80\,mm)}{80\,mm} = 11{,}25\,kN$$

$$\Sigma F_y = 0 = +F_{Sp} - F + F_{St} \quad \rightarrow$$

$$F_{St} = -F_{Sp} + F = -7{,}5\,kN + 11{,}25\,kN = 3{,}75\,kN$$

Auflagerkräfte

3 Festigkeitsklasse 4.8 bedeutet (siehe auch [EuroTabM] „Festigkeitsklasse“): 2,5

$$R_m = 4 \cdot 100 \frac{N}{mm^2} = 400 \frac{N}{mm^2}$$

$$R_e = 0{,}8 \cdot R_m = 0{,}8 \cdot 400 \frac{N}{mm^2} = 320 \frac{N}{mm^2}$$

Spannungsquerschnitt S = 157 mm² (M16→ [EuroTabM] „Gewinde“)

$$\frac{\sigma_{zlim}}{\nu} = \sigma_{zzul} > \sigma_z = \frac{F}{S} \quad \rightarrow$$

$$\nu = \frac{R_e \cdot S}{F} = \frac{302\,N/mm^2 \cdot 157\,mm^2}{12\,kN} = 3{,}9$$

Sicherheit gegen Zug in einem Gewinde

4 Anzugsmoment mit: 4,0

FlankenØ d_2 = 14,70 mm und Steigung P = 2 mm (M16→ [EuroTabM] „Gewinde“)

Flankenradius $r_2 = \frac{d_2}{2} = \frac{14{,}70\,mm}{2} = 7{,}35\,mm$

Steigungswinkel $\alpha = \arctan \frac{P}{d_2 \cdot \pi} = \arctan \frac{2\,mm}{14{,}7\,mm \cdot \pi} = 2{,}48°$

Reibwinkel $\rho' = \arctan \mu' = \arctan 0{,}25 = 14{,}0°$

wird

$$M_A = F \cdot [r_2 \cdot \tan(\alpha + \rho') + \mu_a \cdot r_a]$$

$$= 12\,kN \cdot [7{,}35\,mm \cdot \tan(2{,}48 + 14{,}04)° + 0{,}15 \cdot 11{,}2\,mm] = 46{,}3\,Nm$$

Hebelarm

$$M_A = F_H \cdot l_H \quad \rightarrow \quad l_H = \frac{M_A}{F_H} = \frac{46{,}3\,Nm}{200\,N} = 0{,}23\,m$$

Anzugsdrehmoment

5 Annahme: Es wird M_{bmax} bei konstanter Schraubenkraft F und nicht bei konstanter Spannkraft F_{SP} gesucht. 5,0

Die Lage des maximalen Biegemomentes kann man mit technischem Verständnis oder Mathematik finden. Hier die mathematische Lösung:

$$\Sigma M_{St}=0=-F\cdot l_2+F_{SP}\cdot(l_1+l_2) \rightarrow F_{SP}=F\cdot\frac{l_2}{l_1+l_2}$$

$$M_{b(F)}=F_{SP}\cdot l_1=F\cdot\frac{l_1\cdot l_2}{l_1+l_2}=F\cdot\frac{l_1\cdot(120\,mm-l_1)}{120\,mm} \rightarrow 0=120\,mm\cdot l_1-l_1^2-\frac{M_b\cdot 120\,mm}{F}$$

M_{bmax} tritt dort auf, wo die Ableitung 0 ist, also in der Mitte des Spannstückes

$$0=120\,mm-2\cdot l_1 \rightarrow l_1=\frac{120\,mm}{2}=60\,mm$$

M_{bmax} beträgt

$$M_{bmax}=F\cdot\frac{l_1\cdot l_2}{l_1+l_2}=F\cdot\frac{l_1\cdot(120\,mm-l_1)}{120\,mm}=12\,kN\cdot\frac{60\,mm\cdot(120-60)\,mm}{120\,mm}=360\,Nm$$

Erforderliche Dicke gegen Biegung:
σ_{bF} = 380 N/mm² (S275→ Tabellenbuch Metall, Europa, 44.Auflage, S.44)

$$M_{bmax}=\frac{F}{2}\cdot\frac{(l_1+l_2)}{2}=\frac{12\,kN\cdot 120\,mm}{2}=360\,Nm$$

$$\frac{\sigma_{bF}}{\nu}=\sigma_{bzul}>\sigma_b=\frac{M_{bmax}}{W} \rightarrow$$

$$\sigma_{bzul}=\frac{\sigma_{bF}}{\nu}=\frac{380\,N/mm^2}{1{,}5}=253{,}3\,\frac{N}{mm^2}$$

$$W_{erf}=\frac{M_{bmax}}{\sigma_{bzul}}=\frac{360\,Nm}{233{,}3\,N/mm^2}=1{,}42\,cm^3$$

$$W_x=\frac{b\cdot h^2}{6}=\frac{(b_1-b_2)\cdot s^2}{6} \rightarrow s_{erf}=\sqrt[2]{\frac{6\cdot W_{erf}}{(b_1-b_2)}}=\sqrt[2]{\frac{6\cdot 1{,}42\,cm^3}{(50-17)\,mm}}=16{,}1\,mm$$

Lage eines Biegemoment mit Ableitung, Biegemoment und dimension des Profiles

6 $$n_F=\frac{v}{\pi\cdot d_F}=\frac{20\,m/min}{\pi\cdot 200\,mm}=31{,}8\,min^{-1}$$ 1,5

gewählt: n_F = 31,5 min^{-1}
Drehzahl aus Schnittgeschwindigkeit

7 Das maximale Drehmoment tritt bei der kleinsten möglichen Drehzahl n_{Fmin} des Fräsers auf. 4,5

$$i_{max} = \frac{n}{n_{Fmax}} = \frac{1400\,min^{-1}}{22{,}5\,min^{-1}} = 62{,}22$$

$$P_M = 2\pi \cdot M_M \cdot n_M \;\Rightarrow\; M_M = \frac{P_M}{2\pi \cdot n_M} = \frac{10\,kW}{2\pi \cdot 1400\,min^{-1}} = 68{,}2\,Nm$$

$$\eta_{ges} \cdot i_{max} = \frac{M_{Fmax}}{M_M} \;\Rightarrow\; M_{Fmax} = \eta_{ges} \cdot i_{max} \cdot M_M = 0{,}75 \cdot 62{,}2 \cdot 68{,}2\,Nm = 3183\,Nm$$

$$\tau_{tzul} > \tau_t = \frac{M_{Fmax}}{W_p} \;\Rightarrow\; W_p = \frac{M_{Fmax}}{\tau_{tzul}} = \frac{3183\,Nm}{50\,N/mm^2} = 63{,}66\,cm^3$$

$$W_p = \frac{\pi \cdot (D^4 - d^4)}{16 \cdot D} = \frac{\pi \cdot (2^4 \cdot d^4 - d^4)}{16 \cdot 2 \cdot d} = \frac{\pi \cdot (2^4 - 1)}{32} \cdot d^3 \;\Rightarrow$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{W_p \cdot 32}{\pi \cdot 15}} = \sqrt[3]{\frac{63{,}66\,cm^3 \cdot 32}{\pi \cdot 15}} = 35{,}1\,mm$$

$$D = 2 \cdot d = 2 \cdot 35{,}1\,mm = 70{,}2\,mm$$

Torsionsmoment und erforderlichen Durchmesser

Alle Teilaufgaben sind unabhängig voneinander lösbar. Σ=22,5