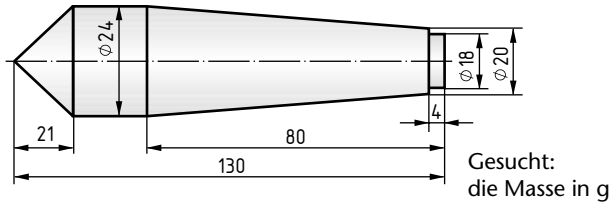
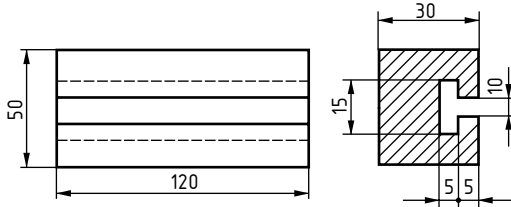


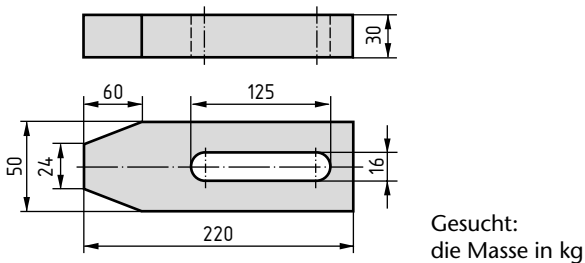
8.13 Reitstockspitze aus Werkzeugstahl



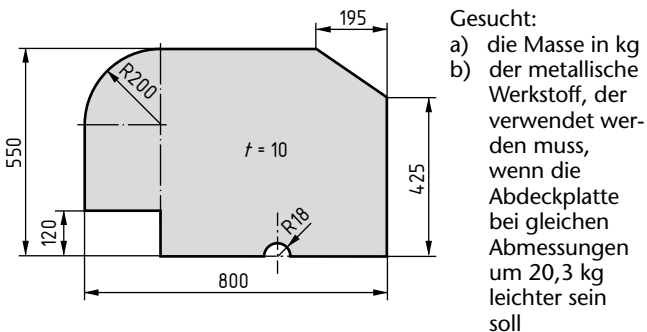
8.14 Spannschiene aus E335



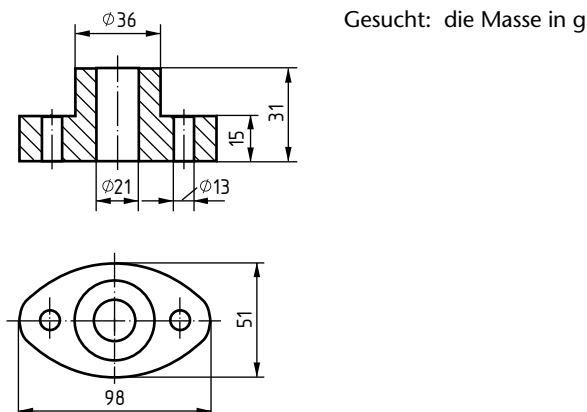
8.15 Spanneisen aus E335



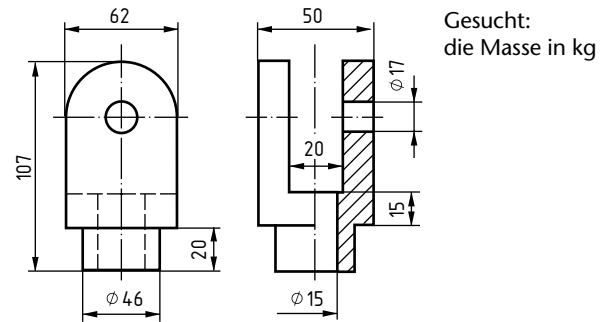
8.16 Abdeckplatte aus S235



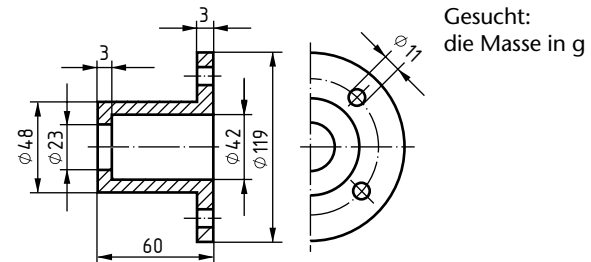
8.17 Stopfbuchse aus EN-GJL-150



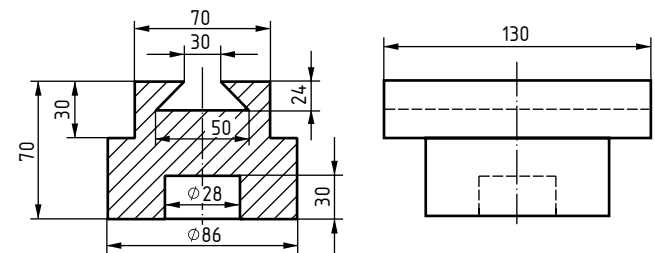
8.18 Gelenkgabel aus EN-GJL-200



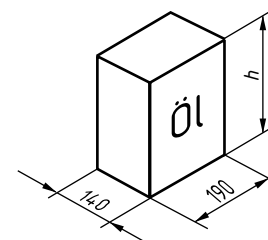
8.19 Lagerbuchse aus E295



8.20 Schlittenführung aus C60



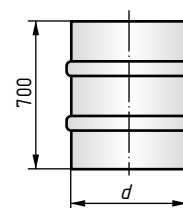
8.21 Kanister



Der Kanister soll 5 kg Schneidöl ($\rho = 0,8 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$) fassen.

Gesucht: die Höhe

8.22 Petroleumfass



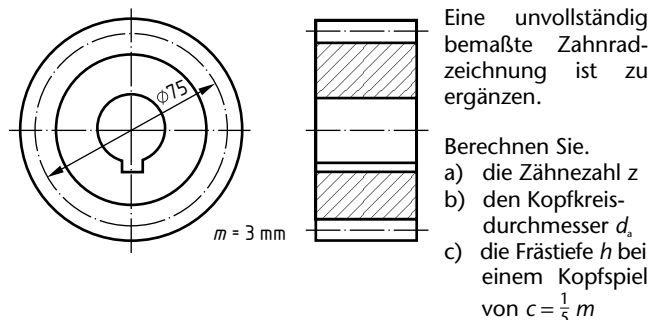
Das Fass soll 250 kg Petroleum aufnehmen. Wie groß muss der Durchmesser d sein?

Petroleum: $\rho = 0,81 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$

8.23 Fundamentplatte

Eine 120 mm dicke Fundamentplatte aus Gusseisen mit der Grundfläche 1 200 mm \times 800 mm wird so abgehobelt, dass sie bei gleicher Grundfläche um 65 kg leichter wird. Wie dick ist die fertige Platte?

18.1 Zahnrad



18.2 Zahnrad

An einem schadhaften Zahnrad lassen sich folgende Maße ermitteln: $z = 27$, $d_a = 72,5$ mm.

Berechnen Sie.

- den Modul m
- den Teilkreis- ϕ d
- die Frästiefe h bei $c = \frac{1}{6} m$
- den Achsabstand zu einem Zahnrad mit $z_2 = 48$

18.3 Zahnradpumpe

Von einer innenverzahnten Zahnradpumpe sind der Modul $m = 4$ mm und der Kopfkreisdurchmesser des Antriebsritzels mit $d_a = 60$ mm bekannt.

Berechnen Sie.

- die Zähnezahl des Ritzels
- den Teilkreisdurchmesser d des Ritzels
- den Achsabstand, wenn der Innenzahnkranz $z_2 = 24$ Zähne hat

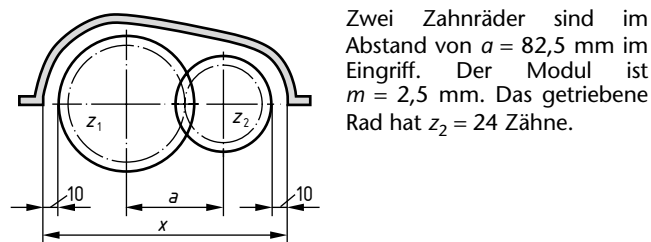
18.4 Zahnrad

Ein Zahnrad wurde zerstört. Am Bruchstück wurden 18 Zähne auf einem Teilumfang von 135° gezählt. Der Modul ist $m = 5$ mm.

Berechnen Sie.

- die Zähnezahl des ganzen Zahnrades
- den Kopfkreisdurchmesser
- die Frästiefe bei einem Kopfspiel von $c = \frac{1}{5} m$

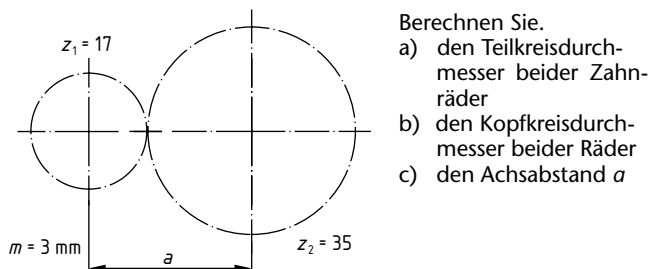
18.5 Zahntrieb mit Abdeckhaube



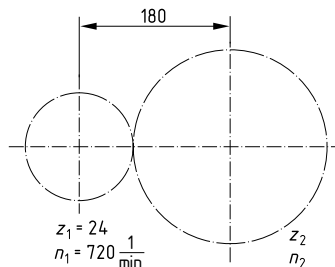
Berechnen Sie.

- die Zähnezahl z_1
- die Teilkreisdurchmesser d_1 und d_2
- die lichte Weite x der Abdeckhaube, wenn der Abstand zu den Rädern je 10 mm betragen soll

18.6 Zahnradpaar



18.7 Zahnradtrieb

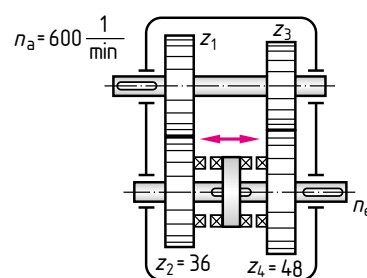


Übersetzungsverhältnis 3 : 2

Berechnen Sie.

- die Umdrehungsfrequenz (Drehzahl) n_2
- die Zähnezahl z_2
- den Modul m
- die Teilkreisdurchmesser

18.8 Kupplungsrädergetriebe

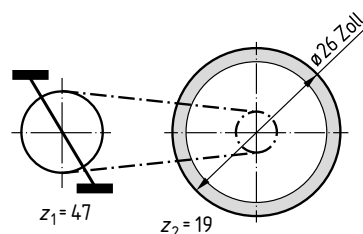


Enddrehzahlen: 700 $\frac{1}{\text{min}}$ und 375 $\frac{1}{\text{min}}$

Berechnen Sie.

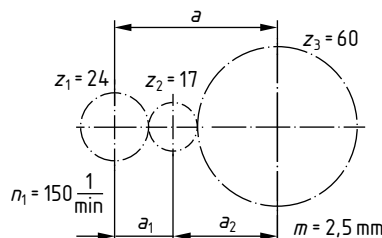
- die Übersetzungsverhältnisse
- die Zähnezahlen z_1 und z_3
- den Achsabstand, wenn der Modul $m = 3$ mm ist

18.9 Fahrrad



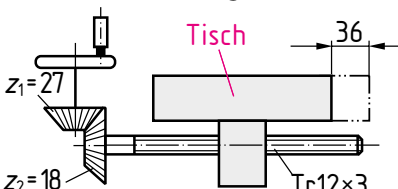
- das Übersetzungsverhältnis
- die Drehzahl des Hinterrades, wenn eine Geschwindigkeit von 24 $\frac{\text{km}}{\text{h}}$ gefahren wird
- die aus b) folgende Drehzahl der Pedalachse in $\frac{1}{\text{min}}$

18.10 Zwischenrad



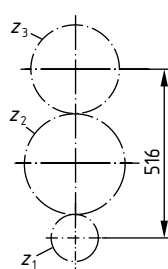
- die Drehzahl n_3
- die Achsabstände a_1 , a_2 und a

18.11 Tischverstellung



- die Zahl der Kurbelumdrehungen für einen Weg von 36 mm
- den Weg des Tisches bei einer Umdrehung der Kurbel

18.12 Nockenwellenantrieb



Die Nockenwelle eines Viertaktmotors dreht sich halb so schnell wie die Kurbelwelle. Sie wird durch einen Zahntrieb von der Kurbelwelle aus angetrieben. Das Zahnrad z_1 auf der Kurbelwelle besitzt 24 Zähne und einen Modul $m = 6$ mm.

- Wie groß muss die Zähnezahl z_3 des Zahnrades auf der Nockenwelle sein?
- Wie groß muss die Zähnezahl des Zwischenrades sein, damit der Achsabstand 516 mm zwischen Kurbelwelle und Nockenwelle überbrückt wird?

22 Zerspantechnik

Kräfte beim Zerspanen

Die Schnittkraft F_c (senkrecht zum Spanungsquerschnitt) wirkt in Schnittrichtung. Sie ist die wichtigste Komponente der Zerspankraft, da der Leistungsbedarf für das Zerspanen fast ausschließlich von ihr abhängt. Der Buchstabe c kommt vom englischen Wort cut (= schneiden).

Die spezifische Schnittkraft ist vom Werkstoff des Werkstückes abhängig. Sie ist der Teil der Schnittkraft, der auf die Fläche von 1 mm^2 des Spanungsquerschnittes wirkt. Richtwerte sind in Tabellenbüchern enthalten.

Die gesamte Schnittkraft ist:

$$F_c = A \cdot k_c$$

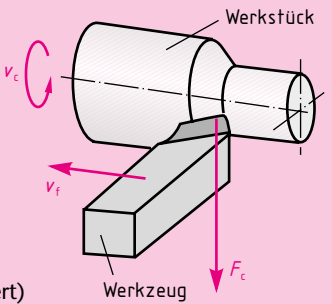
Mit Korrekturfaktoren ergibt sich:

$$k_c = \frac{k_{c1,1}}{h^{m_c}} \cdot C_1 \cdot C_2$$

Bezeichnungen:

- A der Spanungsquerschnitt
- k_c die spezifische Schnittkraft (korrigiert)
- F_c die Schnittkraft
- m_c die Werkstoffkonstante
- $k_{c1,1}$ der Basiswert der spezifischen Schnittkraft
- C_1 der Korrekturfaktor für die Schnittgeschwindigkeit
- C_2 der Korrekturfaktor für den Verschleiß

siehe S.78
bzw. im
Tabellenbuch



Drehen

Der Spanungsquerschnitt ist:

$$A = b \cdot h = a_p \cdot f$$

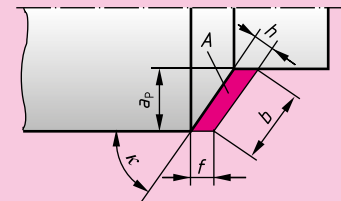
Der Einstellwinkel κ beeinflusst die Spanungsdicke und Spanungsbreite:

$$h = f \cdot \sin \kappa$$

$$b = \frac{a_p}{\sin \kappa}$$

Bezeichnungen:

- A der Spanungsquerschnitt
- a_p die Schnitttiefe
- f der Vorschub
- κ der Einstellwinkel
- h die Spanungsdicke
- b die Spanungsbreite



Beispiel: Welle aus C60

Sie soll in zwei Schnitten mit einem arbeitsscharfen Hartmetallwerkzeug ($\gamma = 4^\circ$, $\kappa = 50^\circ$) bei $v_c = 90 \frac{\text{m}}{\text{min}}$ vom Durchmesser 80 mm auf den Durchmesser 64 mm längsgedreht werden. Der Vorschub wird auf 0,4 mm eingestellt.

Wie groß sind:

- die Schnitttiefe a_p
- die spezifische Schnittkraft k_c
- die Schnittkraft F_c

$$a) \quad a_p = \frac{1}{2} \cdot \frac{D-d}{2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{80 \text{ mm} - 64 \text{ mm}}{2} = 4 \text{ mm}$$

$$b) \quad k_c = \frac{k_{c1,1}}{h^{m_c}} \cdot C_1 \cdot C_2 \quad \text{aus TB: } k_{c1,1} = 2130 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}; \quad C_1 = 1,0; \quad C_2 = 1,0;$$

$$m_c = 0,18; \quad h = f \cdot \sin \kappa = 0,4 \text{ mm} \cdot \sin 50^\circ = 0,31 \text{ mm}$$

$$k_c = \frac{2130 \text{ N}}{0,31^{0,18} \text{ mm}^2} \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 2630 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$c) \quad F_c = k_c \cdot A \quad A = a_p \cdot f = 4 \text{ mm} \cdot 0,4 \text{ mm} = 1,6 \text{ mm}^2$$

$$F_c = 1,6 \text{ mm}^2 \cdot 2630 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 4208 \text{ N}$$

Bohren

Der Spanungsquerschnitt A_z wird für jede Schneide getrennt angegeben.

Es ist:

$$A_z = b \cdot h = f_z \cdot a_p$$

Bei einer Umdrehung wirken beide Schneiden.

$$f = 2 \cdot f_z$$

Der Vorschub ist also:

$$h = \frac{f}{2} \cdot \sin \frac{\gamma}{2}$$

Die Spanungsdicke ergibt sich zu:

$$A = \frac{d \cdot f}{2}$$

Beim Bohren ist der gesamte Spanungsquerschnitt:

Der Bohrer greift mit folgendem Moment an: $M_c = \frac{F_c}{2} \cdot \frac{d}{2} \cdot 2$

$$M_c = \frac{F_c \cdot d}{4}$$

Bezeichnungen:

- d der Bohrerdurchmesser
- f_z der Vorschub je Schneide
- f der Vorschub je Umdrehung
- A_z der Spanungsquerschnitt je Schneide
- A der Spanungsquerschnitt
- M_c das Schnittmoment
- F_c Schnittkraft für beide Schneiden
- σ Spitzenwinkel
- h Spanungsdicke

Beispiel: Platte aus 16MnCr5 bohren

Die 25 mm dicke Platte soll mit einem neuen HSS-Spiralbohrer ($v_c = 18 \text{ m/min}$; Spitzenwinkel $\sigma = 118^\circ$) mit $d = 10 \text{ mm}$ ins Volle gebohrt werden. Wie groß sind bei einem Vorschub $f = 0,1 \text{ mm}$

- die Spanungsdicke h ,
- die Schnittkraft F_c ,
- das Schnittmoment M_c ?

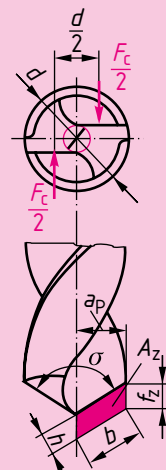
$$\text{Lösung: } a) \quad h = \frac{f}{2} \cdot \sin \frac{\sigma}{2} = \frac{0,1 \text{ mm}}{2} \cdot \sin \frac{118^\circ}{2} = 0,04 \text{ mm}$$

$$b) \quad F_c = k_c \cdot A \quad A = \frac{d \cdot f}{2} = \frac{10 \cdot 0,1}{2} \text{ mm}^2 = 0,5 \text{ mm}^2$$

$$k_c = \frac{k_{c1,1}}{h^{m_c}} \cdot C_1 \cdot C_2 \quad \text{aus TB: } C_1 = 1,2; \quad C_2 = 1,0; \quad k_{c1,1} = 2100 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}; \quad m_c = 0,26$$

$$k_c = \frac{2100 \text{ N}}{0,04^{0,26} \text{ mm}^2} \cdot 1,2 \cdot 1,0 = 5819 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}; \quad F_c = 0,5 \text{ mm}^2 \cdot 5819 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 2909,5 \text{ N}$$

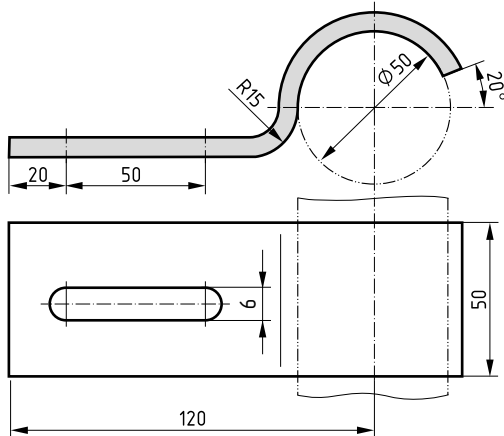
$$c) \quad M_c = \frac{F_c \cdot d}{4} = 2909,5 \text{ N} \cdot \frac{10 \text{ mm}}{4} = 7,3 \text{ N} \cdot \text{m}$$



Teil B Mathematisch orientierte Projekte zu den Lernfeldern

P1 Das Fertigen mit handgeführten Werkzeugen

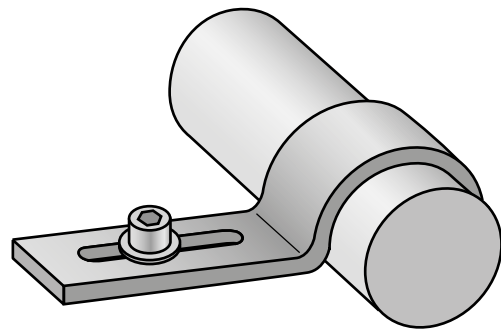
P1.1 Ein Spannbügel für Wellen



Flach EN 10278-50 x 5 - EN 10277-S235JR + C

Zum Befestigen einer Welle sollen 10 Spannbügel hergestellt werden.

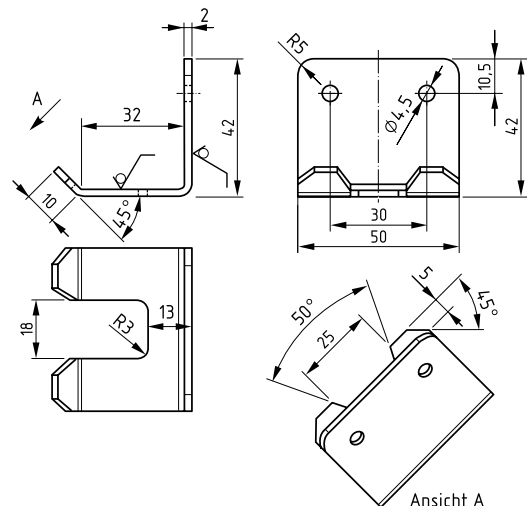
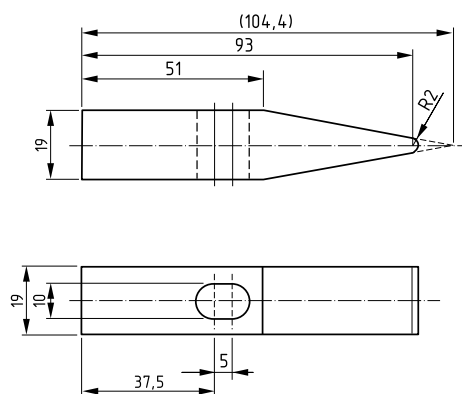
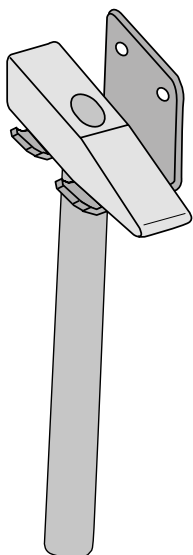
- Berechnen Sie die gestreckte Länge eines Bügels ohne die Berücksichtigung eines Korrekturfaktors.
- Bestimmen Sie mit dem Tabellenbuch die Breite 6 des Langlochs entsprechend der Reihe mittel für eine Befestigungsschraube M10.
- Berechnen Sie die Masse eines Bügels.
- Wie viele Gramm Zink werden für alle 10 Spannbügel beim Feuerverzinken verbraucht, wenn allseitig ein Auftrag von 50 µm Schichtdicke erfolgt?
- Wie viele Spannbügel könnten aus einem Flachstahlstab der Länge 5 m abgesägt werden, wenn die Schnittfugenbreite 1,8 mm beträgt?
- Berechnen Sie die Kosten des Stahls für 10 Spannbügel, wenn der Stahlpreis 1,57 €/kg beträgt.



P1.2 Ein Schlosserhammer mit Halter

Für den Weihnachtsmarkt der Schule sollen 100 Hämmer gefertigt werden.

Der Hammerkopf wird aus C70U, der Stiel aus PE-LD und der Halter aus EN AW-ALMg3-H111 hergestellt.

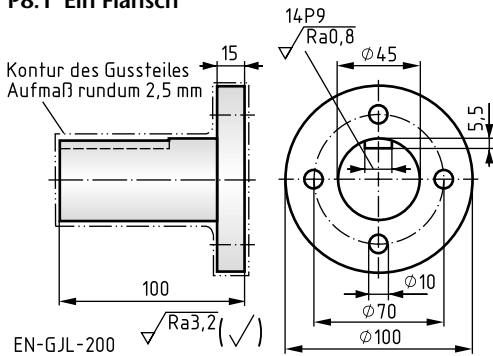


- Erklären Sie die Werkstoffbezeichnungen.
- Bestimmen Sie die Dichte der verwendeten Werkstoffe.
- Der Stiel hat einen Durchmesser von 18 mm und eine Gesamtlänge von 23 cm. Berechnen Sie die Masse des Stieles.
- Berechnen Sie die Masse des Hammerkopfes. Vernachlässigen Sie dabei die Rundung der Hammerfinne.
- Wie wird der Hammer bezeichnet?
- Der Werkstoff für den Hammerkopf wird als Vierkantstab EN 10059-20 x 6000 F Stahl DIN EN ISO 4957-C70U eingekauft. Berechnen Sie, wie viele Stangen bei einer Bearbeitungszugabe von 2 mm und einer Sägeblattstärke von 3,5 mm gekauft werden müssen.

- Bestimmen Sie den Materialpreis für einen Hammerkopf, wenn 1 kg Stahl 1,57 € kostet.
- Welchen Verkaufspreis muss der Hammerkopf erzielen, wenn die Herstellung pro Hammerkopf 21 Minuten dauert? Die Fertigungslöhne werden mit 22 € pro Stunde, die Fertigungsgemeinkosten mit 60% der Fertigungslöhne und der Gewinn mit 15% der Selbstkosten berechnet.
- Bei der Kontrolle eines Hammers wird die Höhe mit 18,9 mm, die Breite mit 19,3 mm und die Länge mit 95,3 mm bestimmt. Beurteilen Sie die gemessenen Werte, wenn in der Zeichnung die Allgometoleranzen nach DIN ISO 2768m gefordert sind. Welche Maßnahmen sind nötig?

P8 Das Herstellen von Bauelementen durch Zerspanung

P8.1 Ein Flansch



a) Toleranzen

Die Nut der Passfeder hat das tolerierte Maß 14P9.

Wie groß sind:

- die Toleranz,
- das Höchstmaß,
- das Mindestmaß?

b) Masse

Bestimmen Sie die Masse des Rohteiles.

c) Hauptnutzungszeit – Flanschbohrungen

Zur Herstellung der 4 Flanschbohrungen wird ein nachgeschliffener HSS-Bohrer (Spitzenwinkel $\sigma = 118^\circ$, $\gamma = 16^\circ$) und $l_a = l_u = 1$ mm bei $v_c = 20 \frac{\text{m}}{\text{min}}$ verwendet.

Zu bestimmen sind:

- der Vorschub f ,
- die Hauptnutzungszeit t_h für die 4 Bohrungen.

d) Längsdrehen des Zapfens

Für das Längsdrehen (Schruppen) des Zapfens wird eine neue HM-Schneide (K10, Einstellwinkel $\kappa = 90^\circ$, $\gamma = 0^\circ$) mit einer Schnittgeschwindigkeit $v_c = 80 \frac{\text{m}}{\text{min}}$ bei einem Vorschub $f = 0,5$ mm eingesetzt. Zur Schlichtbearbeitung soll ein Schlichtaufmaß von 0,25 mm eingehalten werden.

Ermitteln Sie:

- den Spanungsquerschnitt A ,
- die spezifische Schnittkraft k_c ,
- die Schnittkraft F_c ,
- das Zeitspanungsvolumen Q ,
- die Schnittleistung P_c ,
- die erforderliche Antriebsleistung der Drehmaschine bei einem Wirkungsgrad von 70%.

e) Bohren

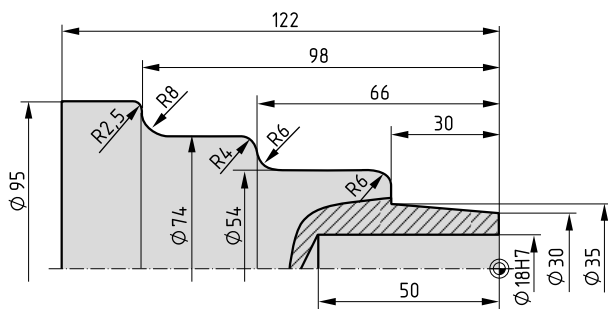
Zum Bohren der Flanschbohrungen (trocken) ist aus den Angaben der obigen Aufgabe das Schnittmoment M_c zu berechnen.

f) Fräsen

Die Passfedernut wird in 3 Schnitten mit gleicher Schnitttiefe gefräst (Sicherheitsabstand des Fräasers = 0,5 mm).

Bestimmen Sie für einen Schaftfräser ($z = 2$; $f_z = 0,2$ mm, $\gamma = -5^\circ$) und $k_c = 1740 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$ die Schnittkraft des Fräasers.

P8.2 Ein Stufenbolzen aus Vergütungsstahl C45



a) Toleranzen

Die Bohrung hat das tolerierte Maß $\varnothing 18H7$.

Wie groß sind:

- die Toleranz T ,
- das Höchstmaß,
- das Mindestmaß.

b) Masse

Bestimmen Sie die Masse des Drehteiles (Die Radien bleiben unberücksichtigt).

c) Prozesskenngrößen – Aufbohren

Zur Herstellung der mittigen Bohrung wird ein z.T. abgenutzter HSS-Bohrer (Spitzenwinkel $\sigma = 118^\circ$, $\gamma = 19^\circ$) bei einem Sicherheitsabstand von 2 mm eingesetzt. Die Bohrung wird mit einem Bohrer $d = 4,5$ mm vorgebohrt.

- Wie groß ist die mittlere Reibzugabe nach Tabellenbuch?
- Welcher Fertigbohrerdurchmesser d ergibt sich daraus?
- Welche Schnittgeschwindigkeit v_c ist nach Tabellenbuch zu wählen?

- Welcher Vorschub f (kleinster Wert) ist nach Tabellenbuch sinnvoll?

- Welche Hauptnutzungszeit t_h ergibt sich zum Aufbohren?

d) Reiben

Die Bohrung wird mit einer Reibahle aus unbeschichtetem Schnellarbeitsstahl gerieben.

- Wählen Sie eine günstige Schnittgeschwindigkeit v_c .
- Welche Hauptnutzungszeit $t_{h \text{ Reiben}}$ benötigt das Reiben der Bohrung?

e) Längsdrehen der Stufen

Für das Längsdrehen (Schruppen) der Stufen wird Hartmetall P10 (WP neu gedreht) mit $v_c = 190 \frac{\text{m}}{\text{min}}$, $f = 0,5$ mm, $a_p = 5$ mm und $\kappa = 95^\circ$ eingesetzt. Zum Schlichten der Stufen werden folgende Prozesskenngrößen verwendet: $v_c = 350 \frac{\text{m}}{\text{min}}$, $f = 0,1$ mm. Das Schlichtaufmaß soll 0,2 mm betragen.

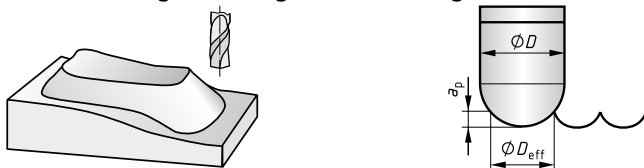
Ermitteln Sie für das Schruppen:

- den Spanungsquerschnitt A ,
- die spezifische Schnittkraft k_c , wenn $\gamma = 4^\circ$,
- die Schnittkraft F_c ,
- das Zeitspanungsvolumen Q ,
- die Schnittleistung P_c ,
- die erforderliche Antriebsleistung der Drehmaschine bei einem Wirkungsgrad $\eta = 75\%$.

f) Für das Aufbohren sind zu berechnen:

- der Spanungsquerschnitt A ,
- die Spanungsdicke h ,
- die spezifische Schnittkraft k_c ,
- die Schnittkraft F_c ,
- das Schnittmoment M_c .

P8.3 Die Hochgeschwindigkeitsbearbeitung



Für das abgebildete Gesenk aus 40 CrMnNi 8-6-4 mit einer Härte von 58 HRC wird die Vorschlicht- und Feinschlichtbearbeitung mittels Hochgeschwindigkeitsfräsen durchgeführt. Die Spindel der Maschine erlaubt eine Höchstdrehzahl von $n_{\text{max}} = 48000 \frac{1}{\text{min}}$. Es wird mit einem beschichteten Kugelpkopfräser mit Radius 5 mm gearbeitet.

handwerk-technik.de

- Wie groß ist der effektive Werkzeugdurchmesser D_{eff} :
 - beim Vorschlichten, wenn die durchschnittliche Frästiefe $a_p = 0,15$ mm beträgt?
 - beim Feinschlichten, wenn die durchschnittliche Frästiefe $a_p = 0,08$ mm beträgt?

- Welche Drehzahlen sind für das Vor- und Feinschlichten zu programmieren, wenn der Werkzeughersteller für diesen Werkstoff $v_c = 250 \frac{\text{m}}{\text{min}}$ am D_{eff} empfiehlt?

- Welche Rauigkeit R_z ergibt sich nach dem Feinschlichten bei einer Zeilenbreite $b = 1$ mm?

