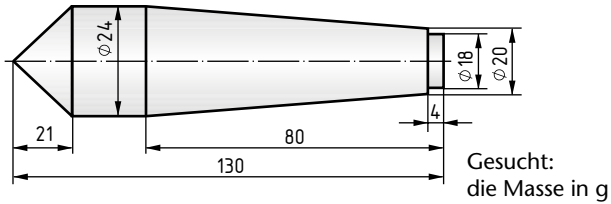
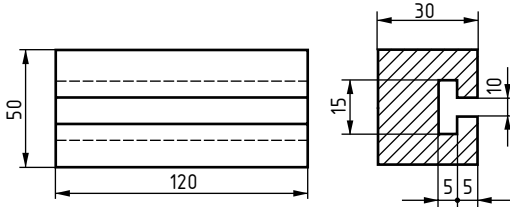


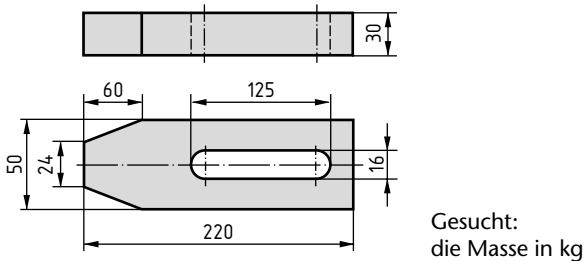
### 8.13 Reitstockspitze aus Werkzeugstahl



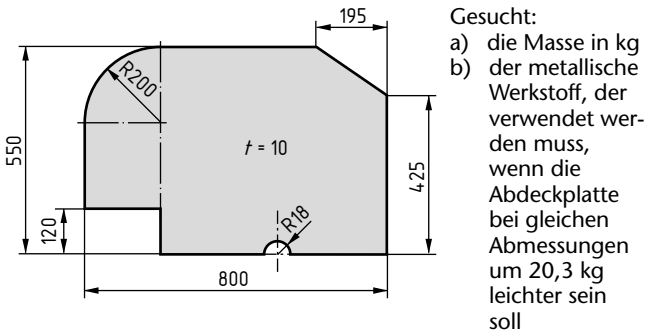
### 8.14 Spannschiene aus E335



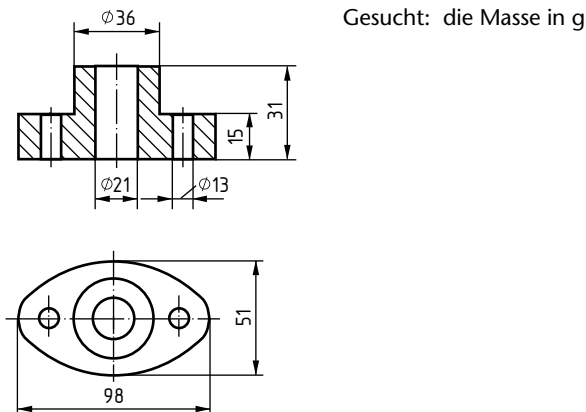
### 8.15 Spanneisen aus E335



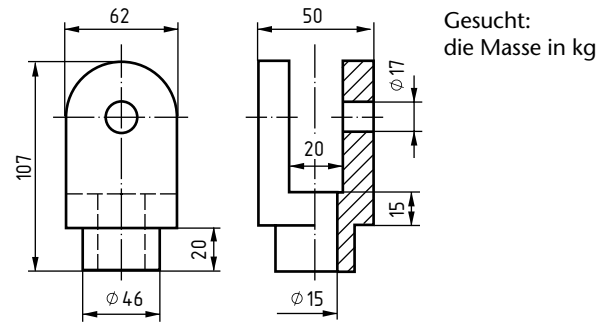
### 8.16 Abdeckplatte aus S235



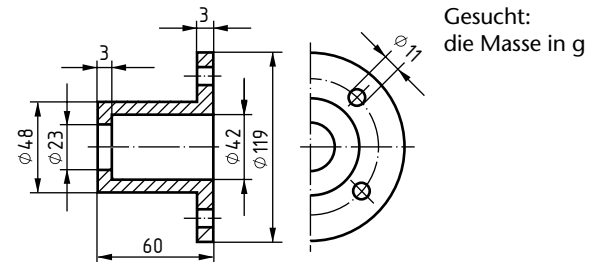
### 8.17 Stopfbuchse aus EN-GJL-150



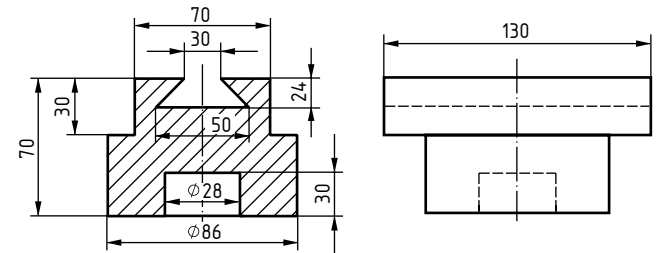
### 8.18 Gelenkgabel aus EN-GJL-200



### 8.19 Lagerbuchse aus E295

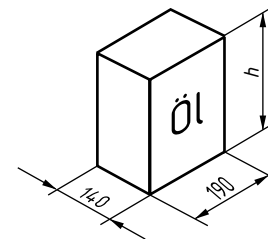


### 8.20 Schlittenführung aus C60



Gesucht: die Masse in kg

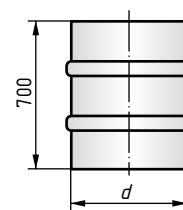
### 8.21 Kanister



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

Gesucht: die Höhe

### 8.22 Petroleumfass



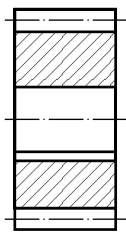
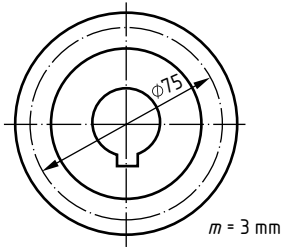
Das Fass soll 250 kg Petroleum aufnehmen. Wie groß muss der Durchmesser  $d$  sein?

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

### 8.23 Fundamentplatte

Eine 120 mm dicke Fundamentplatte aus Gusseisen mit der Grundfläche 1200 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



Eine unvollständig bemaßte Zahnradzeichnung ist zu ergänzen.

- Berechnen Sie.
- die Zähnezah  $z$
  - den Kopfkreisdurchmesser  $d_a$
  - die Frästiefe  $h$  bei einem Kopfspiel von  $c = \frac{1}{5} m$

### 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- $\phi$   $d$
- 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 Zähnezah des Ritzels
- den Teilkreisdurchmesser  $d$  des Ritzels
- den Achsabstand, wenn der Innenzahnkranz  $z_2 = 24$  Zähne hat

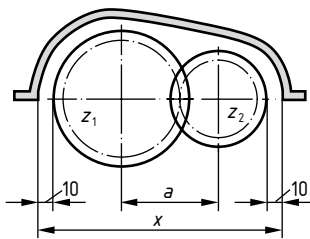
### 18.4 Zahnrad

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

Berechnen Sie.

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

### 18.5 Zahntrieb mit Abdeckhaube

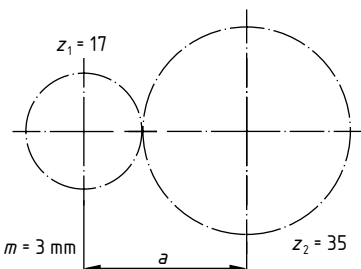


Zwei Zahnräder sind im Abstand von  $a = 82,5$  mm im Eingriff. Der Modul ist  $m = 2,5$  mm. Das getriebene Rad hat  $z_2 = 24$  Zähne.

Berechnen Sie.

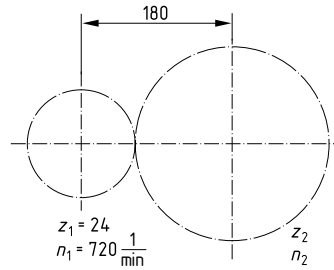
- die Zähnezah  $z_1$
- die Teilkreisdurchmesser  $d_1$  und  $d_2$
- die lichte Weite  $x$  der Abdeckhaube, wenn der Abstand zu den Rädern je 10 mm betragen soll

### 18.6 Zahnradpaar



- Berechnen Sie.
- den Teilkreisdurchmesser beider Zahnräder
  - den Kopfkreisdurchmesser beider Räder
  - den Achsabstand  $a$

### 18.7 Zahnradtrieb

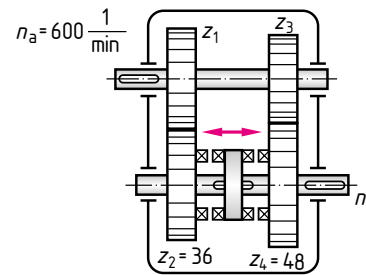


Übersetzungsverhältnis 3 : 2

Berechnen Sie.

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

### 18.8 Kupplungsrädergetriebe

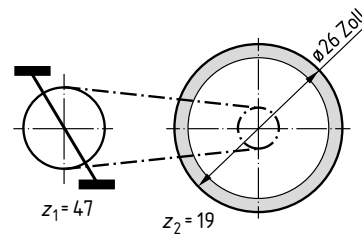


Enddrehzahlen:  $700 \frac{1}{\text{min}}$  und  $375 \frac{1}{\text{min}}$

Berechnen Sie.

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

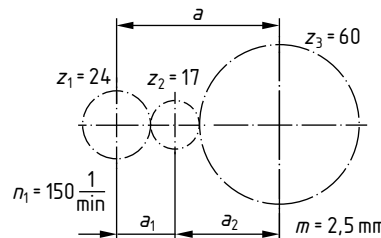
### 18.9 Fahrrad



Berechnen Sie.

- 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  $\frac{1}{\text{min}}$

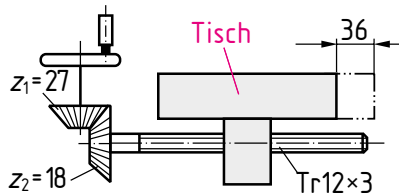
### 18.10 Zwischenrad



Berechnen Sie.

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

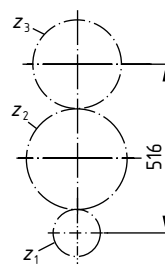
### 18.11 Tischverstellung



Berechnen Sie.

- 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.

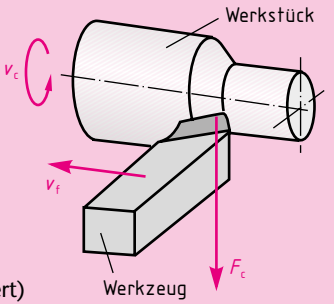
- Wie groß muss die Zähnezah  $z_3$  des Zahnrades auf der Nockenwelle sein?
- Wie groß muss die Zähnezah des Zwischenrades sein, damit der Achsabstand 516 mm zwischen Kurbelwelle und Nockenwelle überbrückt wird?

# 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  $1 \text{ mm}^2$  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:

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

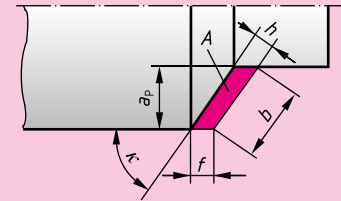
Der Einstellwinkel  $\kappa$  beeinflusst die Spannungsdicke und Spanungsbreite:

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

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

### Bezeichnungen:

- A der Spanungsquerschnitt
- $a_p$  die Schnitttiefe
- $f$  der Vorschub
- $\kappa$  der Einstellwinkel
- $h$  die Spannungsdicke
- $b$  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)  $a_p = \frac{1}{2} \cdot \frac{D-d}{2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{80 \text{ mm} - 64 \text{ mm}}{2} = 4 \text{ mm}$

b)  $k_c = \frac{k_{c1.1}}{h^{m_c}} \cdot C_1 \cdot C_2$  aus TB:  $k_{c1.1} = 2130 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$ ;  $C_1 = 1,0$ ;  $C_2 = 1,0$ ;  
 $m_c = 0,18$ ;  $h = f \cdot \sin \kappa = 0,4 \text{ mm} \cdot \sin 50^\circ = 0,31 \text{ mm}$

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

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

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

## 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 Spannungsdicke ergibt sich zu:

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

Beim Bohren ist der gesamte Spanungsquerschnitt:

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

Der Bohrer greift mit folgendem Moment an:

$$M_c = \frac{F_c \cdot d}{2} \cdot 2$$

### 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
- $\sigma$  Spitzenwinkel
- $h$  Spannungsdicke

### 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 Spannungsdicke  $h$ ,
- die Schnittkraft  $F_c$ ,
- das Schnittmoment  $M_c$ ?

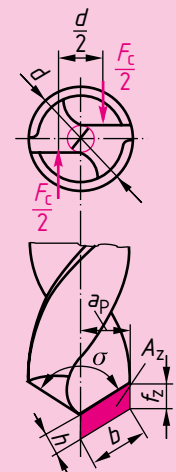
Lösung: a)  $h = \frac{f}{2} \cdot \sin \frac{\sigma}{2} = \frac{0,1 \text{ mm}}{2} \cdot \sin \frac{118^\circ}{2} = 0,04 \text{ mm}$

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

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

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

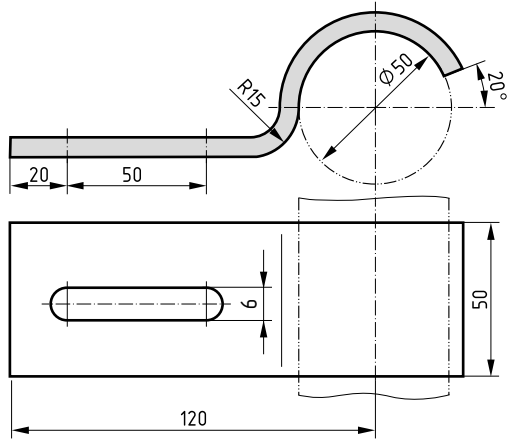
c)  $M_c = \frac{F_c \cdot d}{4} = 2909,5 \text{ N} \cdot \frac{10 \text{ mm}}{4} = 7,3 \text{ N} \cdot \text{m}$



# Teil B Mathematisch orientierte Projekte zu den Lernfeldern

## P1 Das Fertigen mit handgeführten Werkzeugen

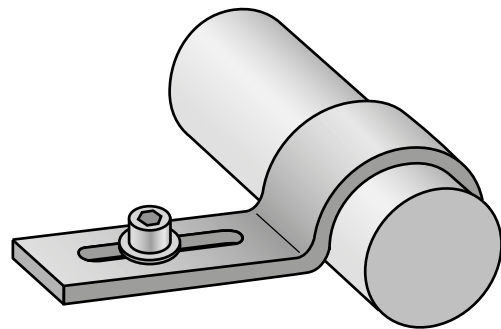
### P1.1 Ein Spannbügel für Wellen



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

Zum Befestigen einer Welle sollen 10 Spannbügel hergestellt werden.

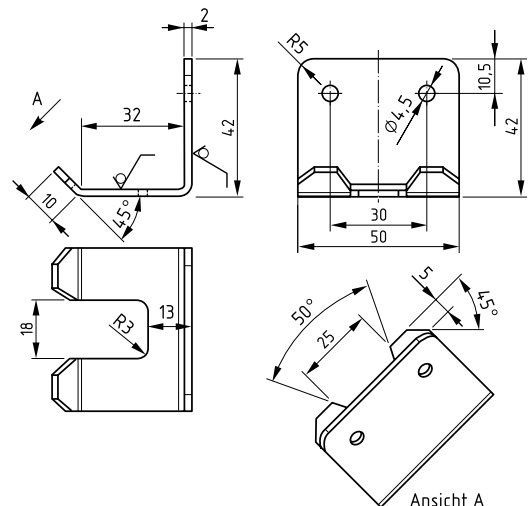
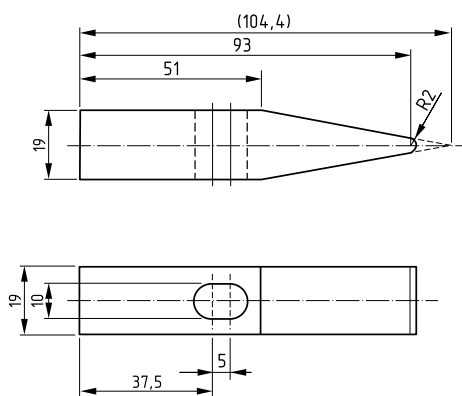
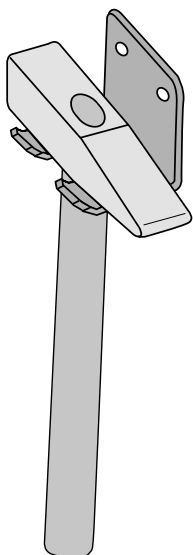
- Berechnen Sie die gestreckte Länge eines Bügels ohne die Berücksichtigung eines Korrekturfaktors.
- Bestimmen Sie mit dem Tabellenbuch die Breite 6 des Langlochs entsprechend der Reihe mittel für eine Befestigungsschraube M10.
- Berechnen Sie die Masse eines Bügels.
- Wie viele Gramm Zink werden für alle 10 Spannbügel beim Feuerverzinken verbraucht, wenn alseitig ein Auftrag von 50  $\mu\text{m}$  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  $\frac{\text{€}}{\text{kg}}$  beträgt.



### P1.2 Ein Schlosserhammer mit Halter

Für den Weihnachtsmarkt der Schule sollen 100 Hämmer gefertigt werden.

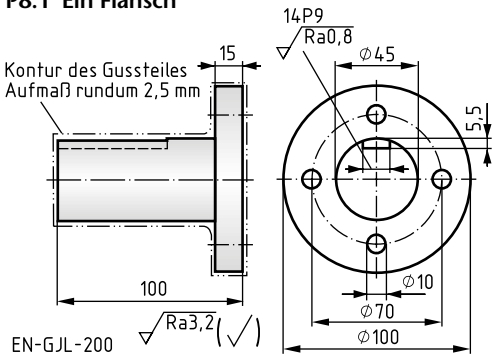
Der Hammerkopf wird aus C70U, der Stiel aus PE-LD und der Halter aus EN AW-ALMg3-H111 hergestellt.



- 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



- EN-GJL-200  $\sqrt{Ra3,2}$  ( $\checkmark$ )
- a) **Toleranzen**  
Die Nut der Passfeder hat das tolerierte Maß 14P9.  
Wie groß sind:  
a<sub>1</sub>) die Toleranz,  
a<sub>2</sub>) das Höchstmaß,  
a<sub>3</sub>) 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  $v_c = 20 \frac{m}{min}$  verwendet.

- Zu bestimmen sind:  
c<sub>1</sub>) der Vorschub  $f$ ,  
c<sub>2</sub>) die Hauptnutzungszeit  $t_h$  für die 4 Bohrungen.

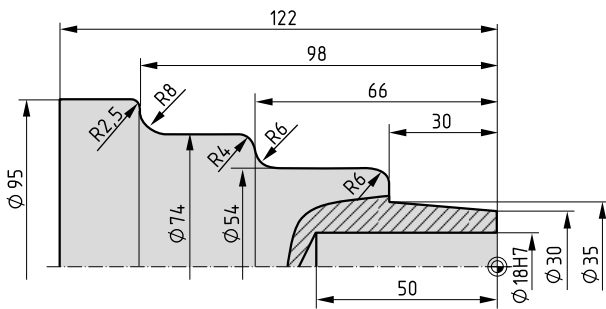
- d) **Längsdrehen des Zapfens**  
Für das Längsdrehen (Schruppen) des Zapfens wird eine neue HM-Schneide (K10, Einstellwinkel  $\kappa = 90^\circ$ ,  $\gamma = 0^\circ$ ) mit einer Schnittgeschwindigkeit  $v_c = 80 \frac{m}{min}$  bei einem Vorschub  $f = 0,5$  mm eingesetzt. Zur Schlichtbearbeitung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

- Ermitteln Sie:  
d<sub>1</sub>) den Spanungsquerschnitt  $A$ ,  
d<sub>2</sub>) die spezifische Schnittkraft  $k_C$ ,  
d<sub>3</sub>) die Schnittkraft  $F_C$ ,  
d<sub>4</sub>) das Zeitspanungsvolumen  $Q$ ,  
d<sub>5</sub>) die Schnittleistung  $P_C$ ,  
d<sub>6</sub>) 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 Schafffräser ( $z = 2$ ;  $f_z = 0,2$  mm,  $\gamma = -5^\circ$ ) und  $k_c = 1740 \frac{N}{mm^2}$  die Schnittkraft des Fräasers.

## P8.2 Ein Stufenbolzen aus Vergütungsstahl C45



- a) **Toleranzen**  
Die Bohrung hat das tolerierte Maß  $\varnothing 18H7$ .  
Wie groß sind:  
a<sub>1</sub>) die Toleranz  $T$ ,  
a<sub>2</sub>) das Höchstmaß,  
a<sub>3</sub>) das Mindestmaß.

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

- c) **Prozesskenngrößen – Aufbohren**  
Zur Herstellung der mittleren 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.  
c<sub>1</sub>) Wie groß ist die mittlere Reibzugabe nach Tabellenbuch?  
c<sub>2</sub>) Welcher Fertigbohrerdurchmesser  $d$  ergibt sich daraus?  
c<sub>3</sub>) Welche Schnittgeschwindigkeit  $v_c$  ist nach Tabellenbuch zu wählen?

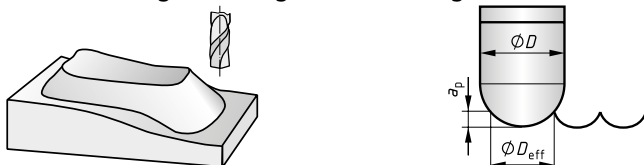
- c<sub>4</sub>) Welcher Vorschub  $f$  (kleinster Wert) ist nach Tabellenbuch sinnvoll?  
c<sub>5</sub>) Welche Hauptnutzungszeit  $t_h$  ergibt sich zum Aufbohren?

- d) **Reiben**  
Die Bohrung wird mit einer Reibahle aus unbeschichtetem Schnellarbeitsstahl gerieben.  
d<sub>1</sub>) Wählen Sie eine günstige Schnittgeschwindigkeit  $v_c$ .  
d<sub>2</sub>) 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  $v_c = 190 \frac{m}{min}$ ,  $f = 0,5$  mm,  $a_p = 5$  mm und  $\kappa = 95^\circ$  eingesetzt. Zum Schlichten der Stufen werden folgende Prozesskenngrößen verwendet:  $v_c = 350 \frac{m}{min}$ ,  $f = 0,1$  mm. Das Schlichtaufmaß soll 0,2 mm betragen.  
Ermitteln Sie für das Schruppen:  
e<sub>1</sub>) den Spanungsquerschnitt  $A$ ,  
e<sub>2</sub>) die spezifische Schnittkraft  $k_C$ , wenn  $\gamma = 4^\circ$ ,  
e<sub>3</sub>) die Schnittkraft  $F_C$ ,  
e<sub>4</sub>) das Zeitspanungsvolumen  $Q$ ,  
e<sub>5</sub>) die Schnittleistung  $P_C$ ,  
e<sub>6</sub>) die erforderliche Antriebsleistung der Drehmaschine bei einem Wirkungsgrad  $\eta = 75\%$ .

- f) **Für das Aufbohren sind zu berechnen:**  
f<sub>1</sub>) der Spanungsquerschnitt  $A$ ,  
f<sub>2</sub>) die Spannungsdicke  $h$ ,  
f<sub>3</sub>) die spezifische Schnittkraft  $k_C$ ,  
f<sub>4</sub>) die Schnittkraft  $F_C$ ,  
f<sub>5</sub>) 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  $n_{max} = 48000 \frac{1}{min}$ . Es wird mit einem beschichteten Kugelkopffräser mit Radius 5 mm gearbeitet.

- a) Wie groß ist der effektive Werkzeugdurchmesser  $D_{eff}$ :  
a<sub>1</sub>) beim Vorschlichten, wenn die durchschnittliche Frästiefe  $a_p = 0,15$  mm beträgt?  
a<sub>2</sub>) beim Fertigschlichten, wenn die durchschnittliche Frästiefe  $a_p = 0,08$  mm beträgt?
- b) Welche Drehzahlen sind für das Vor- und Fertigschlichten zu programmieren, wenn der Werkzeughersteller für diesen Werkstoff  $v_c = 250 \frac{m}{min}$  am  $D_{eff}$  empfiehlt?

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

