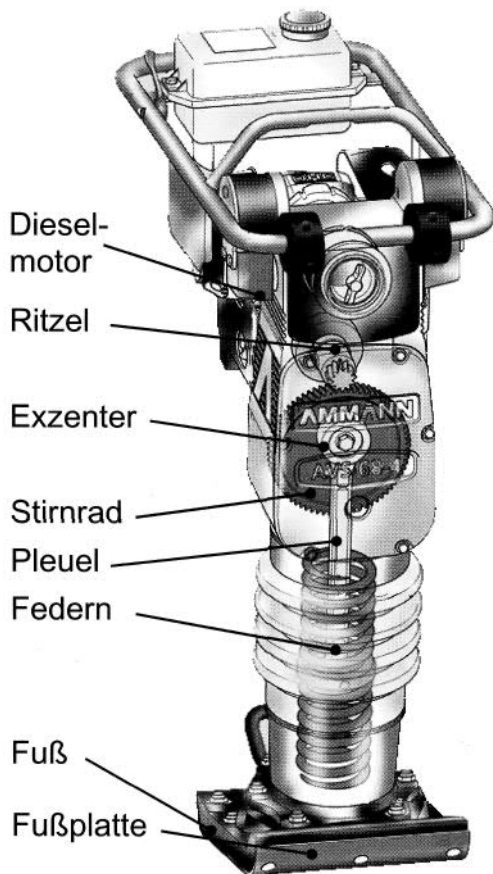




tgt HP 2008/09-1: Vibrationsstampfer

Der Stampfer dient zum Verdichten von Böden. Als Antrieb dient ein 4-Takt-Dieselmotor mit einem Zylinder. Die Kraftübertragung vom Motor auf den Fuß erfolgt über Ritzel → Stirnrad → Exzenter → Pleuel.

Durch das Pleuel werden die Federn gespannt und entspannt und der Fuß in vertikale Schwingungen versetzt.



Daten:

Motordrehzahl	n_M	=	3400 min ⁻¹
minimales Volumen	V_2	=	4,9 cm ³
Motorwirkungsgrad	η_M	=	0,3
Wirkungsgrad des Zahntriebes	η_Z	=	0,9
Reibungsverlust der Federn	R_F	=	30 %
Ritzel	z_1	=	11
Stirnrad	z_2	=	44
Schlagarbeit je Hub	W_s	=	105 J

Punkte

- | | | |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1 | Bei jeder Abwärtsbewegung des Fußes wird die angegebene Schlagarbeit an den Untergrund abgegeben. | |
| 1.1 | Bestimmen Sie den Gesamtwirkungsgrad des Stampfers. | 1,0 |
| 1.2 | Zeichnen Sie das Energieflussdiagramm. | 3,0 |
| 1.3 | Berechnen Sie die in einer Stunde vom Stampfer an den Boden abgegebene Arbeit und die dazu nötige Leistung des Dieselmotors. | 3,0 |
| 1.4 | Wie viele Liter Diesel verbraucht der Motor dabei in einer Stunde? | 2,0 |



- 2 Betrachtet wird ein Arbeitszyklus des Dieselmotors (ohne Ladungswechsel).
- Daten:
- | | | | |
|----------------------------|-------|---|---------------------|
| Druck der angesaugten Luft | p_1 | = | 0,9 bar |
| Temperatur | T_1 | = | 305 K |
| Volumen | V_1 | = | 103 cm ³ |
- 2.1 Bestimmen Sie die Temperatur T_2 und den Druck p_2 nach der Kompression. 3,0
- 2.2 Berechnen Sie die für die Kompression erforderliche spezifische Arbeit. 2,0
- 3 Am Ende des Verdichtungstaktes befinden sich 105 mg Luft im Zylinder. Durch die Verbrennung des eingespritzten Dieselkraftstoffs vergrößert sich das Volumen auf $V_3 = 11 \text{ cm}^3$ und die Temperatur steigt von $T_2 = 1030 \text{ K}$ auf T_3 .
- 3.1 Wie viel Kraftstoff muss dafür in einer Stunde verbrannt werden? 5,0
- 3.2 Vergleichen Sie das Ergebnis mit dem unter 1.4 berechneten und begründen Sie die unterschiedlichen Ergebnisse. 1,0
- 4 Zur Veranschaulichung wird der Vergleichsprozess des Dieselmotors in einem p-V-Diagramm dargestellt.
- 4.1 Skizzieren Sie dieses Diagramm und kennzeichnen Sie den Wärmeaustausch. 2,5
- 4.2 Begründen Sie mit Hilfe des p-V-Diagramms, warum Wärme-Kraft-Maschinen immer rechtsdrehende Prozesse zu Grunde liegen. 1,5
- 5 Die Fußplatte ist aus C105U (C105W1). Im Anlieferungszustand hat der Werkstoff eine Brinell-Härte von 210 HB.
- 5.1 Begründen Sie, warum der Werkstoff im Anlieferungszustand nicht für den Einsatz geeignet ist. 1,0
- 5.2 Wählen Sie ein geeignetes Wärmebehandlungsverfahren, durch das die für den Einsatz notwendigen Eigenschaften erreicht werden. 3,0
Beschreiben Sie den Ablauf des Verfahrens und geben Sie die dabei notwendigen Temperaturen an.
- 5.3 Erklären Sie, warum das Brinell-Verfahren nach der Wärmebehandlung nicht mehr zur Härteprüfung geeignet ist und begründen Sie ein geeignetes Prüfverfahren. 2,0

$\Sigma = 30,0$



Lösungsvorschläge

Teilaufgaben:

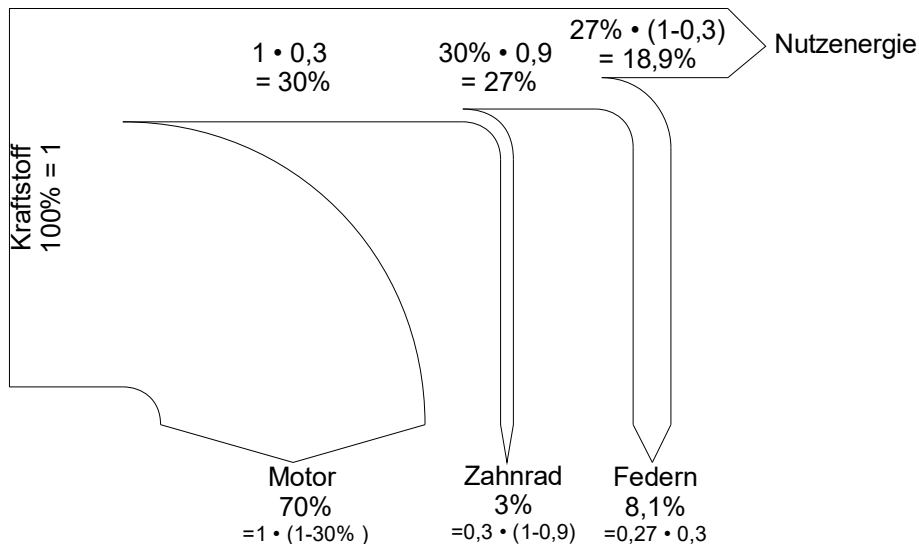
Punkte

1

$$1.1 \quad \eta_{\text{ges}} = \eta_H \cdot \eta_Z \cdot \eta_F = 0,3 \cdot 0,9 \cdot (1 - 30\%) = 0,189$$

4,0

1.2



1.3

$$P_{\text{Sab}} = W_s \cdot \frac{n_M}{i} = W_s \cdot n_M \cdot \frac{z_1}{z_2} = 105 \text{ J} \cdot 3400 \text{ min}^{-1} \cdot \frac{11}{44} = 89250 \frac{\text{J}}{\text{min}} = 1,488 \text{ kW}$$

$$W_{\text{Sab}} = P_{\text{Sab}} \cdot 1 \text{ h} = 1,488 \text{ kWh} = 5355 \text{ kJ} \quad (\text{je Stunde})$$

$$P_{\text{Mab}} = \frac{P_{\text{Sab}}}{\eta_Z \cdot \eta_F} = \frac{1,488 \text{ kW}}{0,9 \cdot (1 - 30\%)} = 2,361 \text{ kW}$$

1.4

$$P_{\text{Mzu}} = \frac{P_{\text{Sab}}}{\eta_{\text{ges}}} = \frac{1,488 \text{ kW}}{0,189} = 7,870 \text{ kW}$$

2,0

$$\dot{m}_{\text{Diesel}} = \frac{P_{\text{Mzu}}}{H_{\text{UDiesel}}} = \frac{7,870 \text{ kW}}{42 \text{ MJ/kg}} = 0,187 \frac{\text{g}}{\text{s}} = 674,6 \frac{\text{g}}{\text{h}}$$

$$\dot{V}_{\text{Diesel}} = \frac{\dot{m}_{\text{Diesel}}}{\rho_{\text{Diesel}}} = \frac{674,4 \text{ g/h}}{0,83 \text{ kg/l}} = 0,812 \frac{\text{l}}{\text{h}}$$

2 p-V-Diagramm siehe unten

2.1 Die Kompression von (1) nach (2) verläuft adiabatisch.

$$\kappa = \frac{c_p}{c_v} = \frac{1,005}{0,718} = 1,4$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^{\kappa-1} \rightarrow T_2 = T_1 \cdot \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\kappa-1} = 305 \text{ K} \cdot \left(\frac{103 \text{ cm}^3}{4,9 \text{ cm}^3} \right)^{1,4-1} = 1031 \text{ K}$$

$$\left(\frac{p_1}{p_2} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} = \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^{\kappa-1} \rightarrow p_2 = p_1 \cdot \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\kappa} = 0,9 \text{ bar} \cdot \left(\frac{103 \text{ cm}^3}{4,9 \text{ cm}^3} \right)^{1,4} = 64,0 \text{ bar}$$

2.2

$$w_{12} = \frac{W_{12}}{m} = - \frac{m \cdot R_i \cdot T_1}{1 - \kappa} \cdot \left[\left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\kappa-1} - 1 \right] = - \frac{0,287 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \cdot 305 \text{ K}}{1 - 1,4} \cdot \left[\left(\frac{103 \text{ cm}^3}{4,9 \text{ cm}^3} \right)^{1,4-1} - 1 \right] = 521 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$



3 Isobare Wärmezufuhr

$$3.1 \quad \frac{V_2}{T_2} = \frac{V_3}{T_3} \rightarrow T_3 = T_2 \cdot \frac{V_3}{V_2} = 1030 \text{ K} \cdot \frac{11 \text{ cm}^3}{4,9 \text{ cm}^3} = 2312 \text{ K}$$

$$Q_{32} = c_p \cdot m \cdot \Delta T = c_p \cdot m \cdot (T_3 - T_2) = 1,005 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \cdot 0,105 \text{ g} \cdot (2312 - 1030) \text{ K} = 135 \text{ J}$$

$$m_{\text{Diesel}} = \frac{Q}{H_u} = \frac{135 \text{ J}}{42 \text{ MJ/kg}} = \frac{135 \text{ J}}{42 \text{ J/mg}} = 3,22 \text{ mg} \quad (\text{je Einspritzung})$$

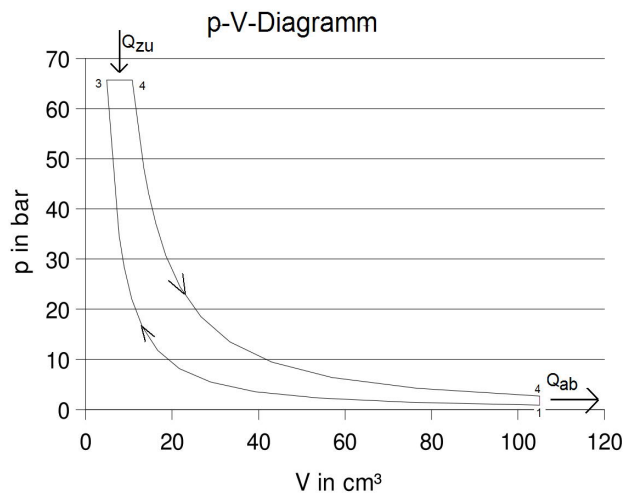
$$\dot{m}_{\text{Diesel}} = m_{\text{Diesel}} \cdot \frac{n_M}{2} = 3,22 \text{ mg} \cdot \frac{3400}{2 \cdot \text{min}} = 5,48 \frac{\text{g}}{\text{min}} = 328 \frac{\text{g}}{\text{h}} \quad (\rightarrow \dot{V} = 0,395 \frac{\text{l}}{\text{h}})$$

Der Teiler 2 unter n_M resultiert aus dem 4-Takt-Verfahren, das nur bei jeder 2. Umdrehung einspritzt. Die Zylinderzahl erscheint hier nicht, weil sie $z=1$ beträgt.

- 3.2 Der theoretische Verbrauch aus Aufgabe 3.1 ist geringer als der praktische Verbrauch aus Aufgabe 1.4, da in der Theorie keine Verluste durch Reibung, Wärmefluss, Strömungswiderstände, unvollständige Verbrennung usw. auftreten.

4 Wärme-Kraft-Maschine (WKM)

4.1



- 4.2 Im p-V-Diagramm kann man Arbeit als Fläche unter den Zustandslinien ablesen. Verläuft ein Prozess (eine Linie) nach rechts, wird Arbeit abgegeben, verlaufen sie nach links, wird Arbeit aufgenommen. Bei rechtsdrehenden Prozessen wird mehr Arbeit abgegeben als aufgenommen, d.h. sie geben Arbeit ab wie es sich für eine WKM gehört.

Darüber hinaus hängt der Zusammenhang zwischen "rechtsdrehend" und WKM von einigen Konventionen ab. Dazu gehören die Definition einer WKM und die übliche Darstellung eines p-V-Diagrammes. Würde man das Diagramm an der x- oder der y-Achse gespiegelt darstellen, würde sich der Drehsinn der Kurve nämlich ändern.



- 5 Fußplatte
- 5.1 Die Fußplatte muss sicherlich mehreren Anforderungen genügen, z.B. Verschleißfestigkeit, Festigkeit, Zähigkeit, Korrosionsbeständigkeit usw., die wiederum konstruktiv auf verschiedene Weisen erreicht werden können, z.B. Härten oder Beschichten für die Verschleißfestigkeit. Die Angaben im Umfeld der Frage deuten darauf hin, dass die Frage auf die Härte (Verschleißfestigkeit) oder vielleicht auch Vergüten (Verschleißfestigkeit und Zähigkeit) abzielt. Vergüten kann man ausschließen, da C105U laut Tabellenbuch zwar zum Härten, aber im Gegensatz zu den niedrig legierten Varianten wie 105V nicht zum Vergüten vorgesehen ist. Wenn man so weit gekommen ist, muss man nur noch begründen, warum eine Fußplatte hart sein muss.
- 5.2 Das geeignete Verfahren ist Härten mit dem folgenden Ablauf:
Auf Härtetemperatur (770..790°C) bringen
Härtetemperatur halten
Abschrecken mit Wasser
Anlassen mit 100..300°C
Die Temperaturangaben stammen aus dem Tabellenbuch. Man kann die Härtetemperatur auch aus dem Eisen-Kohlenstoff-Diagramm schließen (ca. 50°C über der GSK-Linie).
- 5.3 Laut Tabellenbuch erreicht man beim Härten von C105U je nach Anlasstemperatur eine Härte von 56 bis 63HRC. Die oberen Werte liegen nach der Umwertungstabelle außerhalb des Messbereiches der Härteprüfung nach Brinell, deren Prüfkörper (Hartmetall-Kugel) für hohe Härtewerte nicht geeignet ist. Für gehärteten Stahl geeignet sind HRC und HV.

$\Sigma = 30,0$



Anlage 4: Kreditangebot der Hausbank:

....können wir Ihnen folgendes Kreditangebot unterbreiten:

Darlehensarten:

Abzahlungsdarlehen	Zinssatz 5 %, Auszahlung 100 %, Kreditlaufzeit 4 Jahre, Zinsbindung 4 Jahre fest jährliche Tilgung am Jahresende
Annuitätendarlehen	Zinssatz 5 %, Auszahlung 100 %, Kreditlaufzeit 4 Jahre, Zinsbindung 4 Jahre fest, Tilgung im 1.Jahr 97.444,97 €.

Zu Aufgabe 4.5.1:

Abzahlungsdarlehen

Jahr	Kreditsumme am Jahresanfang in €	Tilgung in €	Zinsen in €	Mittelabfluss / Liquiditätsbelastung in €
	Summe In €			

Annuitätendarlehen

Jahr	Kreditsumme am Jahresanfang in €	Tilgung in €	Zinsen in €	Mittelabfluss / Liquiditätsbelastung in €
	Summe In €			



Lösungen

CNC (20 P): Einstellwerte aus vorgegebenen Schnittdaten, Werkzeugauswahl, Arbeitsplan für Sonderfall, Teilkreiszyklus, Unterprogramm für Kontur

1 Einstelldaten

$$v = \pi \cdot n \cdot d \Rightarrow n = \frac{v_c}{\pi \cdot d} = \frac{70 \text{ m/min}}{\pi \cdot 80 \text{ mm}} = 278 \frac{1}{\text{min}}$$

$$v_f = f_z \cdot z \cdot n = 0,1 \frac{\text{mm}}{\text{U} \cdot \text{Zahn}} \cdot 12 \text{ Zahn} \cdot 278 \frac{\text{U}}{\text{min}} = 334 \frac{\text{mm}}{\text{min}}$$

2 Gewinde

2.1 Werkzeuge (→ [EuroTabM] „Gewinde“)

T05: d = 14 mm (= BohrerØ für Gewindekernloch M16)

T07: f = 2 mm (= Steigung eines Gewindes M16)

2.2 Arbeitsplan

Normalfall	Sonderfall HM-Spiralbohrer und 90°-Senker (ist gegeben)
1) Zentrieren + Ansenken mit T08 Senker 2) Vorbohren Ø14 mit T05 Spiralbohrer 3) Gewindebohren M16 mit T07	1) Vorbohren Ø14 mit T05 2) Zentrieren mit T08 3) Gewindebohren M16 mit T07

Hinweis 1: Hartmetall-Spiralbohrer vertragen sich nicht mit 90°-Senkungen, deshalb wird bei dieser Kombination ohne Zentrieren vorgebohrt und danach gesenkt.

Ein Korrektor sollte m.E. die Bedeutung solchen fachspezifischen Spezialwissens für die Allgemeine Hochschulreife in die Bewertung einfließen lassen.

2.3 Gewindebohrung

N.. G00 X-150 Y-150 Z-150 T08 S509 F71 M3 ; 90°-Kegelsenker
 N.. G00 X50 Y80 ; etwa 1. Bohrung
 N.. G00 ;
 N.. G81 ZA-10 V2 ; Bohrzyklus
 N.. G77 Z0 R55 AN115 AP205 AI45 O3 IA100 JA100 ; Teilkreiszyklusaufruf

N.. G00 X-150 Y-150 Z-150 T07 S219 F2 M3 ; Gewindebohrer
 N.. G00 X50 Y80 ; etwa 1. Bohrung
 N.. G00 ;
 N.. G84 ZA-20 V2 ; Gewindebohrzyklus
 N.. G77 Z0 R55 AN115 AP205 AI45 O3 IA100 JA100 ; Teilkreiszyklusaufruf

N.. G00 X-150 Y-150 Z-150 M15 ; Heimflug

Bemerkungen:

Im Teilkreiszyklus G77 entfällt eine der Adressen AN205, AP115, AI45 oder O3. Statt des Teilkreiszyklus G77 kann man die Zyklen auch einzeln aufrufen:

Polare Zyklusaufrufe:

N.. G78 IA100 JA100 Z0 RP55 AP205
 N.. G78 IA100 JA100 Z0 RP55 AP160
 N.. G78 IA100 JA100 Z0 RP55 AP115

Kartesische Zyklusaufrufe (Koordinaten müssen berechnet werden):

N.. G79 X50,153 Y77,756 Z0
 N.. G79 X48,317 Y118,811 Z0
 N.. G79 X76,756 Y149,847 Z0



- 3 Grundsätzlich sind für die Rechtecktasche 40x60 mit den Ecken R8 die Bohrnutenfräser Ø6 und der Schafffräser Ø12 geeignet. Die Bohrnutenfräser haben den Vorteil, dass sie senkrecht eintauchen können, aber das ist in der Rechtecktasche nicht zwingend erforderlich.

Das Werkzeug T04 aus HM erlaubt wegen der 2,7fach möglichen Vorschubgeschwindigkeit v_f etwas schnelleres Arbeiten als T02 Schafffräser mit dem doppelten Durchmesser, die kleinere Schnitttiefe spielt hier keine Rolle. Für T03 und insbesondere T02 sprechen der geringere Preis der Werkzeuge.

Hinweis 2: Bei solchen Fragen kommt es nicht darauf an, die einzig richtige Antwort zu geben, sondern eine vernünftige Begründung für seine Wahl zu finden, die mit der Aufgabe zusammenhängt. Welches die wirklich beste Wahl ist, stellt sich auch in der Praxis oft erst dann heraus, wenn die realen Probleme auftreten ...

4 Außenkontur

4.1 $P3_x = 100 + R70 \cdot \cos 46,40^\circ = 148,273 \text{ mm}$

$P3_y = 100 + R70 \cdot \sin 46,40^\circ = 150,692 \text{ mm}$

4.2

Hauptprogramm

```
N.. G00 X-10      Y-45      ; Verlängerung P1-P2
N.. G00                      Z1      ;
N.. G22 L100      H2        ; ruft 2x das Unterprogramm L100 auf
```

Unterprogramm L100 (hier in absoluten Werten, ist auch inkremental möglich)

```
N.. G41                      ; Bahnkorrektur links
N.. G00                      ; In 2 Schnitten von ZA1 auf ZA-25
N.. G01 X30      Y40          ; P1
N.. G01                      ; P2
N.. G02 X148,273 Y150,692 R70 ; P3
N.. G01 X170      Y130        ; P4
N.. G01                      ; P5
N.. G01 X-2        Y40        ; P6 und weiter
N.. G01 X-10      Y45        ; Startpunkt
N.. G40                      ;
N.. M17                      ; Unterprogramm Ende
```