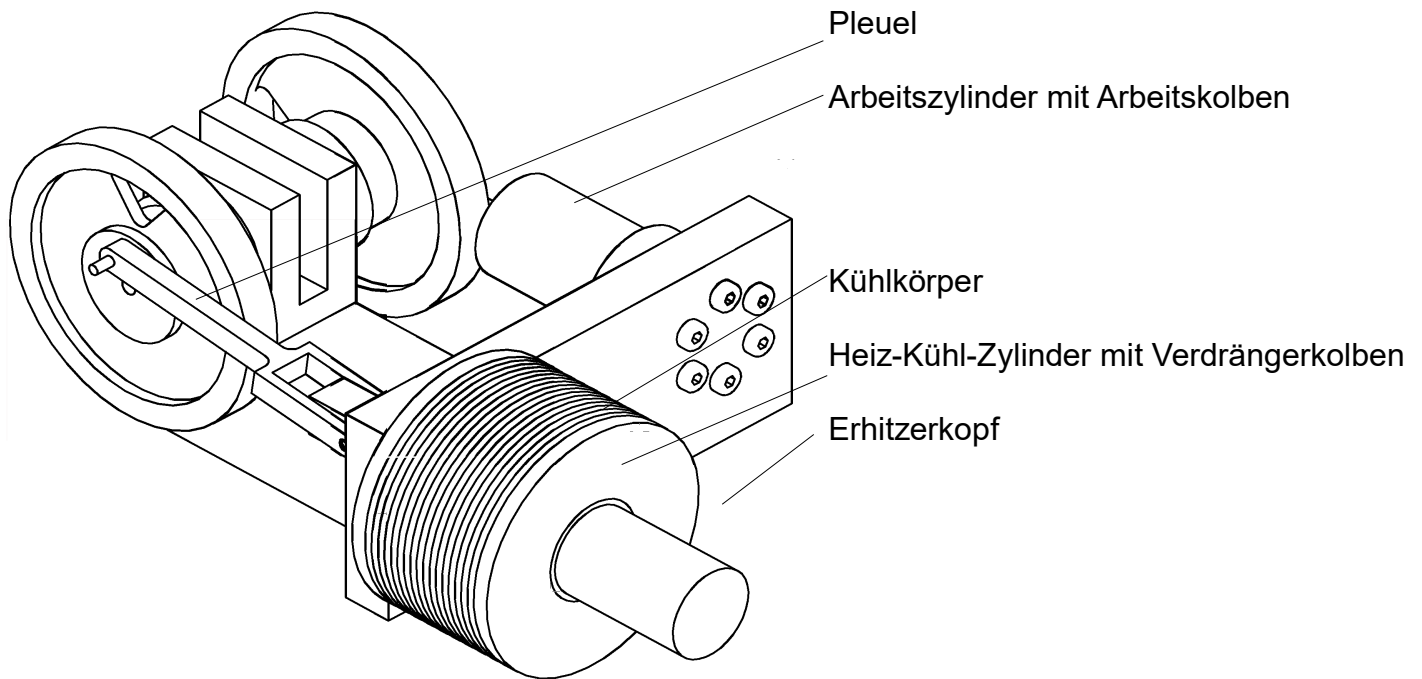




tgt HP 2004/05-5: Modell eines Stirlingmotors



Teilaufgaben:		Punkte
1	Der Kühlkörper des Stirlingmotors soll aus dem Werkstoff AlSi12 hergestellt werden.	
1.1	Zeichnen Sie das AlSi-Zustandsdiagramm von 0 bis 20%. Die Legierung AlSi12 erstarrt bei konstanter Temperatur (577°C). Die Legierung AlSi20 beginnt bei 650°C zu erstarren.	2,5
1.2	Um welchen Legierungstyp handelt es sich, und unter welchen Bedingungen entsteht er ?	1,0
1.3	Skizzieren Sie die Abkühlungskurven von AlSi6 und AlSi12.	2,0
1.4	Begründen Sie die gute Gießbarkeit von AlSi12.	1,5
1.5	Der Kühlkörper darf nicht bis zum Beginn des Schmelzens erhitzt werden. Kann die zulässige Temperatur des Kühlkörpers durch die Wahl einer anderen AlSi-Legierung gesteigert werden (Begründung) ?	2,0



- 2 Für den Erhitzerkopf wird der Werkstoff C45 verwendet.
- 2.1 Warum wird der Kühlkörper aus einer Al-Legierung und der Erhitzerkopf aus Stahl hergestellt ? 2,0
- 2.2 Skizzieren Sie das Gefüge des Erhitzerkopfes bei Raumtemperatur, und benennen Sie die Gefügebestandteile. 1,0
- 2.3 Bei einem Probelauf wird der Erhitzerkopf auf über 900°C erwärmt und durch fehlgeleitetes Kühlwasser abgeschreckt. Beschreiben Sie die dabei auftretenden Vorgänge im Gefüge. 4,0
- 3 Das Vergleichsdiagramm des Stirlingprozesses besteht aus zwei Isothermen und zwei Isochoren. Der Motor arbeitet mit Luft und hat folgende Daten:
- | | | |
|---------------------------|-----------------|---------------------|
| Größtes Volumen: | $V_1 =$ | 4,5 cm ³ |
| Kleinstes Volumen: | $V_2 =$ | 1,8 cm ³ |
| Höchste Gastemperatur: | $\vartheta_3 =$ | 300 °C |
| Niedrigste Gastemperatur: | $\vartheta_4 =$ | 100 °C |
| Niedrigster Druck: | $p_1 =$ | 0,8 bar |
- 3.1 Skizzieren Sie den Kreisprozess im p-V-Diagramm, und nummerieren Sie die Eckpunkte (Punkt 1 bei V_1). 2,0
- 3.2 Kennzeichnen Sie im Diagramm, wo Wärme bzw. mechanische Arbeit zu- oder abgeführt werden. 2,0
- 3.3 Berechnen Sie die Masse der Arbeitsluft in Gramm. 2,0
- 3.4 Berechnen Sie p_2 und p_4 . 3,0
- 3.5 Berechnen Sie die Nutzarbeit für einen Zyklus für $m = 3,5$ mg. 5,0
-
- Alle Teilaufgaben sind unabhängig voneinander lösbar. $\Sigma = 30$



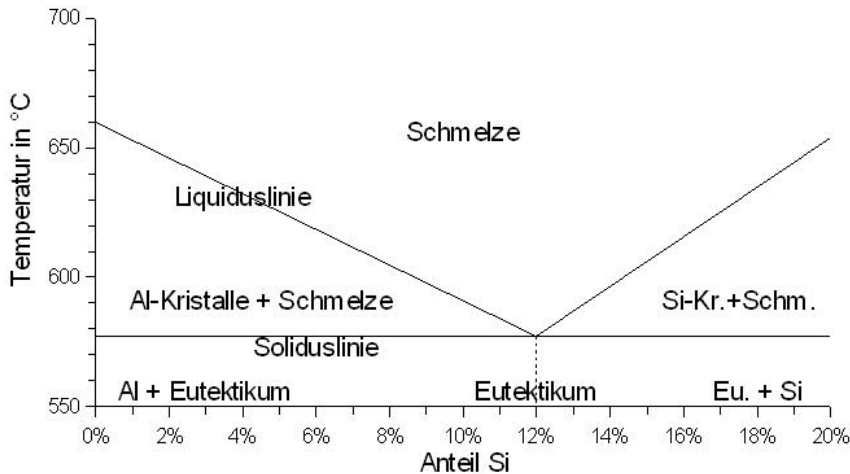
Lösungsvorschläge

Teilaufgaben:

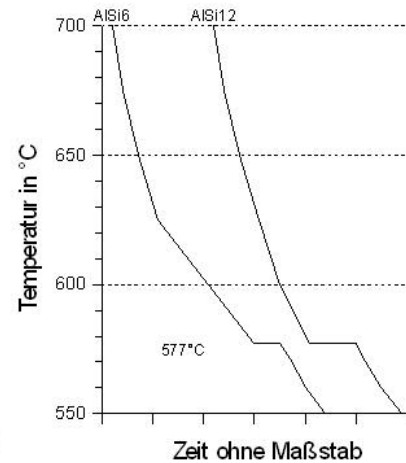
1

1.1 siehe Diagramm
zu Aufgabe 1.1

Zustandsdiagramm AlSi



zu Aufgabe 1.3
Abkühlungskurven



Punkte

2,5

Die Beschriftung der Phasen ist nicht Teil der Aufgaben.

- 1.2 Es handelt sich um eine Legierung mit vollkommener Unlöslichkeit im festen Zustand, die als Kristallgemisch erstarrt. Voraussetzung dafür ist, dass Aluminium und Silizium sich in Gittertyp und Größe der Atome deutlich unterscheiden. 1,0
- 1.3 sehen Diagramm oben rechts
- 1.4 Diese Legierung ist zum Gießen gut geeignet, weil die Schmelztemperatur durch den Si-Gehalt gesenkt wird. Außerdem bleibt die Schmelze bis zum Erstarren dünnflüssig und kann die Gussform gut ausfüllen. Sie erstarrt in einem feinkörnigen Gefüge. 1,5
2,0
- 1.5 Nein, weil die Soliduslinie (Eutektikale) waagrecht bei konstanter Temperatur verläuft und der Schmelzbeginn im schematischen Zustandsdiagramm unabhängig vom Legierungsverhältnis ist. 2,0

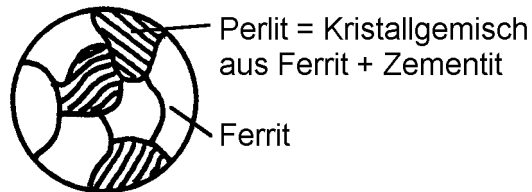


2 Erhitzerkopf

2.1 Die höhere Wärmeleitfähigkeit der Al-Legierung bewirkt eine bessere Kühlung oder ermöglicht einen kleineren Kühlkörper. Die höhere Hitzebeständigkeit von Stahl erlaubt höhere Temperaturen am Erhitzerkopf.

2,0

2.2 Gefüge von C45 bei Raumtemperatur:



1,0

2.3 Bei über 900°C wandelt sich das Gefüge in Austenit (γ -Eisen) um, und der vorhandene Kohlenstoff kann sich im kubisch-flächenzentrierten Gitter des Austenits lösen.

4,0

Durch die hohe Abkühlgeschwindigkeit beim Abschrecken haben die Kohlenstoff-Atome keine Zeit aus dem kfz-Gitter zu diffundieren, bevor es umklappt. Da das krz-Gitter des Ferrits den vorhandenen Kohlenstoff nicht vollständig aufnehmen kann, entsteht Martensit, ein durch Kohlenstoff verspanntes und verzerrtes Gitter.



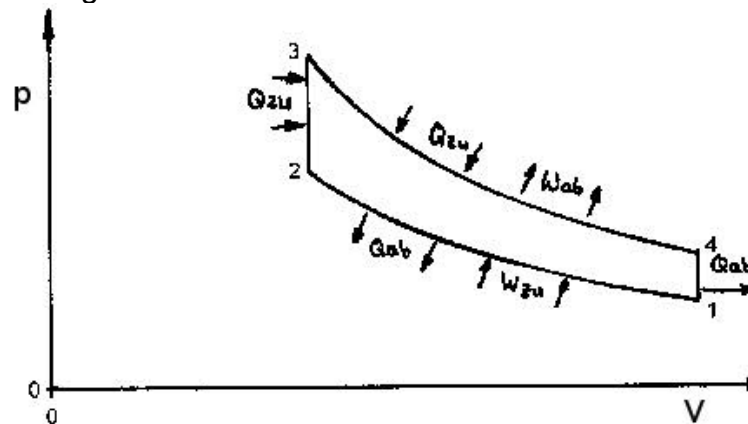
3 Stirlingmotor

3.1 Arbeit im Vergleichsdiagramm siehe Arbeitsblatt

2,0

3.2

2,0



3.3 Masse m

2,0

$$p_1 \cdot V_1 = m \cdot R_s \cdot T_1 \rightarrow$$

$$m = \frac{p_1 \cdot V_1}{R_s \cdot T_1} = \frac{0,8 \text{ bar} \cdot 4,5 \text{ cm}^3}{0,287 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \cdot (100+273) \text{ K}} = \frac{0,8 \cdot 10^5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot 4,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3}{0,287 \cdot 10^3 \frac{\text{Nm}}{\text{kg}} \cdot 373}$$

$$m = 3,36 \cdot 10^{-6} \text{ kg} = 3,36 \text{ mg}$$

3.4 Isothermer Prozess 1–2

3,0

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2 \rightarrow p_2 = p_1 \cdot \frac{V_1}{V_2} = 0,8 \text{ bar} \cdot \frac{4,5 \text{ cm}^3}{1,8 \text{ cm}^3} = 2,0 \text{ bar}$$

Isochorer Prozess 4–1

$$\frac{p_4}{T_4} = \frac{p_1}{T_1} \rightarrow p_4 = p_1 \cdot \frac{T_4}{T_1} = 0,8 \text{ bar} \cdot \frac{(300+273) \text{ K}}{(100+273) \text{ K}} = 0,8 \text{ bar} \cdot \frac{573 \text{ K}}{373 \text{ K}} = 1,23 \text{ bar}$$

Alternativer Lösungsweg für p_4

$$\frac{p_2}{T_2} = \frac{p_3}{T_3} \rightarrow p_3 = p_2 \cdot \frac{T_3}{T_2} = 2,00 \text{ bar} \cdot \frac{(300+273) \text{ K}}{(100+273) \text{ K}} = 2,00 \text{ bar} \cdot \frac{573 \text{ K}}{373 \text{ K}} = 3,07 \text{ bar}$$

$$p_3 \cdot V_3 = p_4 \cdot V_4 \rightarrow p_4 = p_3 \cdot \frac{V_3}{V_4} = 3,07 \text{ bar} \cdot \frac{1,8 \text{ cm}^3}{4,5 \text{ cm}^3} = 1,23 \text{ bar}$$

3.5 Kompressionsarbeit W_{12}

5,0

$$W_{12} = -m \cdot R_s \cdot T_1 \cdot \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right) = -3,5 \cdot 10^{-6} \text{ kg} \cdot 0,287 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \cdot (100+273) \text{ K} \cdot \ln\left(\frac{1,8 \text{ cm}^3}{4,5 \text{ cm}^3}\right)$$

$$= +3,43 \cdot 10^{-4} \text{ kJ} = +0,343 \text{ J}$$

Expansionsarbeit W_{34}

$$W_{34} = -m \cdot R_s \cdot T_3 \cdot \ln\left(\frac{V_4}{V_3}\right) = -3,5 \cdot 10^{-6} \text{ kg} \cdot 0,287 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}} \cdot (300+273) \text{ K} \cdot \ln\left(\frac{4,5 \text{ cm}^3}{1,8 \text{ cm}^3}\right)$$

$$= -5,27 \cdot 10^{-4} \text{ kJ} = -0,527 \text{ J}$$

Nutzarbeit W_{Nutz}

$$W_{\text{Nutz}} = W_{12} + W_{34} = +0,343 \text{ J} - 0,527 \text{ J} = -0,184 \text{ J}$$

Alle Teilaufgaben sind unabhängig voneinander lösbar.