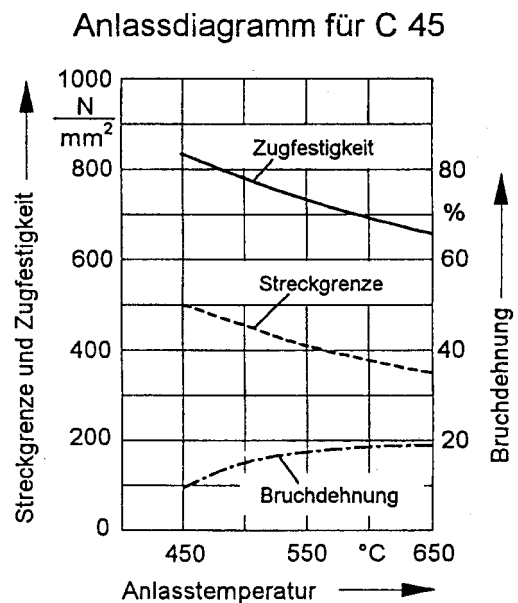
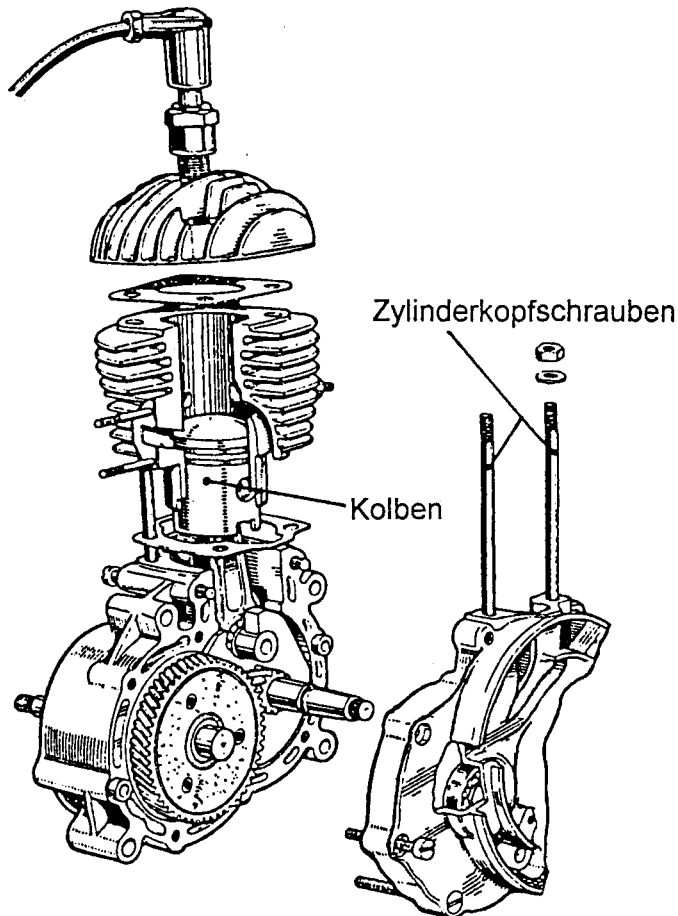


HP 2001/02-3: Motorradmotor

Bei der Restaurierung eines alten Motorrades werden am Motor der Kolben und die Zylinderkopfschrauben erneuert.



Teilaufgaben:

Punkte

- 1 Für die Zylinderkopfschrauben wird C 45 verwendet.
 - 1.1 Skizzieren Sie schematisch das Gefüge von C 45 im Anlieferungszustand. Benennen und beschreiben Sie die Gefügebestandteile. 2,0
 - 1.2 Für den Betrieb ist eine Streckgrenze von mindestens 400 N/mm² erforderlich. Durch welches Wärmebehandlungsverfahren kann die Streckgrenze von C 45 auf diesen Wert gesteigert werden? 3,5
Beschreiben Sie die einzelnen Arbeitsschritte, und geben Sie die entsprechenden Temperaturen an. Verwenden Sie dazu das obige Anlassdiagramm.
 - 1.3 Beschreiben Sie für jeden Arbeitsgang die inneren Vorgänge im Gefüge. 3,5

- 2 Um den Erfolg der Wärmebehandlung zu überprüfen, wurde aus einer Zylinderkopfschraube ein kurzer Probestab mit $d_0 = 8 \text{ mm}$ gedreht.
- 2.1 Beim anschließenden Zugversuch ergaben sich folgende Werte: 5,0

| Messung | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| F in kN | 15,1 | 20,5 | 25,1 | 32,5 | 37,0 | 40,2 | 38,7 | 35,0 |
| Δl in mm | 0,06 | 0,08 | 0,20 | 0,80 | 1,60 | 4,00 | 5,20 | 6,40 |

Zeichnen Sie das Spannungs-Dehnungs-Diagramm, und bestimmen Sie folgende Werkstoffkennwerte:
E-Modul, $R_{p0,2}$, R_m und A_5 .

- 2.2 Berechnen Sie die elastische Verlängerung der Zugprobe bei einer Zugkraft von 10 kN. 1,5
- 2.3 Mit welchem anderen Verfahren lässt sich die Zugfestigkeit des untersuchten Werkstoffes zerstörungsfrei überprüfen? Welchen Wert liefert dieses Verfahren? 1,5
- 3 Zur Herstellung des Kolbens wird eine Al-Si Legierung verwendet, die als Kristallgemisch erstarrt.
- 3.1 Welche Voraussetzungen müssen die beiden Legierungsbestandteile erfüllen, damit ein Kristallgemisch entsteht? 1,5
- 3.2 Skizzieren Sie das Zustandsschaubild von 0 ... 40% Si, wenn das Eutektikum bei 578°C und 11,7% Si entsteht und eine Schmelze mit 40% Si bei 950° zu erstarren beginnt. 2,0
- 3.3 Beschriften Sie die Linien und Felder im Diagramm. 2,0

Alle Teilaufgaben sind unabhängig voneinander lösbar. $\Sigma = 22,5$

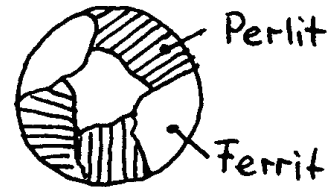
Lösungsvorschlag

Teilaufgaben:

Punkte

1

1.1 Perlit: Kristallgemisch aus Ferrit und Zementit
 Ferrit: krz - Eisen



2,0

1.2 Vergüten

- Erwärmen auf Härtetemperatur 820 .. 860°C (aus dem Tabellenbuch) oder 50°C über der GSK-Linie (Fe – Fe₃C Diagramm)
- Härtetemperatur halten
- Abschrecken in Wasser oder Öl (aus dem Tabellenbuch)
- Anlassen bei max. 560°C (aus dem Anlassdiagramm) 3,5

3,5

1.3 Das Gefüge wandelt sich vollständig in Austenit (kfz) um

3,5

- Kohlenstoff verteilt sich gleichmäßig im Austenit
- Das kubisch-flächenzentrierte Gitter (kfz, Austenit) kippt beim Abschrecken in kubisch-raumzentriertes Gitter um (krz), obwohl die Kohlenstoff-Atome noch keine Zeit hatten, aus dem Gitter zu diffundieren. Das krz-Gitter kann so viel Kohlenstoff nicht aufnehmen, deshalb verspannt das Gitter und ist hart, fest und spröde. Man nennt es Martensit.
- Beim Anlassen bilden sich durch die gewonnene Beweglichkeit der Kohlenstoffatome feinste Zementitausscheidungen. Das Gefüge besteht zuletzt aus feinkörnigem Ferrit, Martensit, feinem Zementit und Restautenit.

2.1 Kraft F und Verlängerung ΔL müssen zunächst in Spannung σ und Dehnung ε umgerechnet werden. „Kurze Probestäbe“ (eigentlich: kurze Proportionalstäbe) haben das Messlängenverhältnis 5.

5,0

$$\frac{L_0}{d_0} = 5 \rightarrow L_0 = d_0 \cdot 5 = 8 \text{ mm} \cdot 5 = 40 \text{ mm} \quad A_0 = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 8^2 \text{ mm}^2}{4} = 50,27 \text{ mm}^2$$

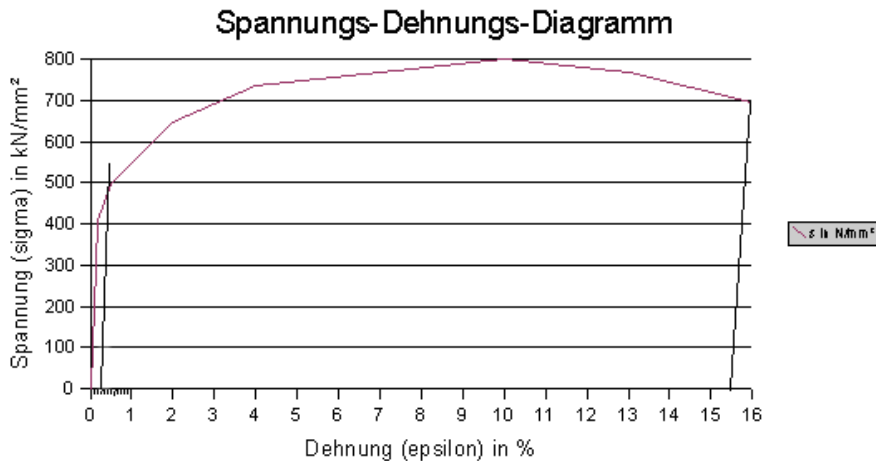
$$\sigma_1 = \frac{F_1}{S_0} = \frac{15,1 \text{ kN}}{50,27 \text{ mm}^2} = 300 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad \epsilon_1 = \frac{\Delta L}{L_0} = \frac{0,06 \text{ mm}}{40 \text{ mm}} = 0,15\%$$

| Messung | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|------------------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| σ in N/mm ² | 300 | 408 | 499 | 647 | 736 | 800 | 770 | 696 |
| ε in % | 0,15 | 0,2 | 0,5 | 2,0 | 4,0 | 10 | 13 | 16 |

- R_m = 800 N/mm² (abgelesen an der höchsten Stelle)
- R_{p0,2} = 500 N/mm² (abgelesen an der Parallele zur Hookeschen Geraden durch 0,2% Dehnung auf der x-Achse)
- A₅ = 15,5% (abgelesen an der Parallele zur Hookeschen Geraden durch den Abrisspunkt; Index 5 für kurzen Proportionalstab)
- $E = \frac{\sigma_{z2}}{\epsilon_2} = \frac{408 \text{ N}}{0,2\%} = 204 \frac{\text{kN}}{\text{mm}^2}$ oder mit anderen Wertepaaren auf der Hookeschen

Geraden.

Spannungs-Dehnungs-Diagramm:



2.2 Möglichkeit 1: Berechnen mit Formeln (siehe rechts)

$$\sigma = \frac{F}{S_0} = \frac{10 \text{ kN}}{50,27 \text{ mm}^2} = 199 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

1,5

Möglichkeit 2: Dreisatz mit einem Wertepaar der Hookeschen Geraden.

$$15,1 \text{ kN} \sim 0,06 \text{ mm}$$

$$\epsilon = \frac{\sigma}{E} = \frac{199 \text{ N/mm}^2}{204 \text{ kN/mm}^2} = 0,0975 \%$$

$$10 \text{ kN} \sim \frac{10}{15,1} \cdot 0,06 \text{ mm} = 0,04 \text{ mm}$$

$$\Delta l = \epsilon \cdot L_0 = 0,000975 \cdot 40 \text{ mm} = 0,039 \text{ mm}$$

Möglichkeit 3: aus dem Diagramm ablesen

2.3 Härteprüfung nach Brinell mit ca. 238 HB

1,5

Mit einer Härteprüfung kann man für bestimmte Werkstoffe die Zugfestigkeit abschätzen. Laut Fußnote im Tabellenbuch bei der Umwertung für Härte- und Zugfestigkeitswert gilt dies für wärmebehandelte unlegierte Stähle, z.B. vergütetem C45.

3 Bild: Zustandsdiagramm Al-Si

3.1 Sie müssen in festem Zustand vollkommen unlöslich sein. Dies tritt auf, wenn sich die beteiligten Elemente in Atomabstand, Wertigkeit und elektrochemischer Spannungsreihe unterscheiden.

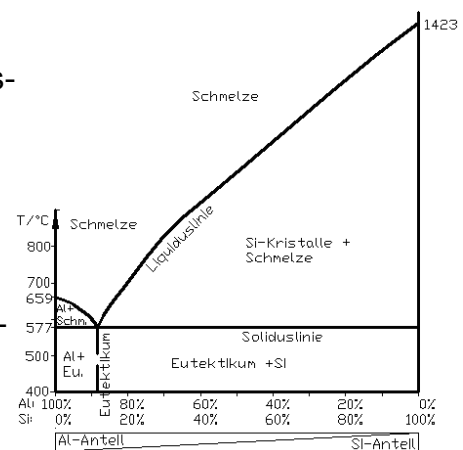
1,5

3.2 siehe Abbildung

2,0

3.3 Hinweis: es genügt, die linke Seite des Zustandsdiagrammes bis ca. 40% Silizium zu zeichnen.

2,0



Alle Teilaufgaben sind unabhängig voneinander lösbar.

Σ = 22,5