

Masterprüfung

„Werkstoffdesign der Metalle“

**Prüfungsteil „Steel Design“ & „Werkstoffkunde der
Hochtemperaturstoffe“**

28.02.2017

Name, Vorname:

Matrikelnummer:

Erklärung: Ich fühle mich gesund und in der Lage an der vorliegenden Prüfung teilzunehmen.

Unterschrift:

| Aufgabe | Punkte: | Erreichte Punkte: | Punkte nach Einsicht (zusätzliche Punkte) |
|---------|---------|-------------------|--|
| 1 | 3 | | |
| 2 | 2 | | |
| 3 | 1.5 | | |
| 4 | 2 | | |
| 5 | 4 | | |
| 6 | 2 | | |
| 7 | 1 | | |
| 8 | 3 | | |
| 9 | 2 | | |
| 10 | 3 | | |
| 11 | 4 | | |
| 12 | 7 | | |
| 13 | 2.5 | | |
| 14 | 5 | | |
| 15 | 2.5 | | |
| 16 | 4 | | |
| 17 | 2 | | |
| 18 | 2.5 | | |
| 19 | 3 | | |
| 20 | 3.5 | | |
| 21 | 6 | | |
| ΣSMB | 34.5 | | |
| Summe | 100 | | |

Zum Bestehen der Klausur werden 44 % der Punkte benötigt.

Aufgabe 1**Hochtemperaturwerkstoffe I****3 Punkt(e)**

Welches ist die Beanspruchungstemperatur, ab der Hochtemperaturwerkstoffe eingesetzt werden müssen, und welches sind für Stähle die physikalischen Hintergründe hierfür? (3 Punkte)

Aufgabe 2 **Hochtemperaturwerkstoffe II** **2 Punkt(e)**

Nennen Sie die 4 nutzbaren Mechanismen zur Festigkeitssteigerung von metallischen Hochtemperaturwerkstoffen. (2 Punkte)

Aufgabe 3**Hochtemperaturwerkstoffe III****1.5 Punkt(e)**

Zeichnen Sie schematisch in das angegebene Diagramm die Kriechdehnung über der Beanspruchungszeit für Gusslegierungen mit globularem Korn, gerichtet erstarrtem Korn und einkristallinem Guss. (1,5 Punkte)



Aufgabe 4 **Hochtemperaturwerkstoffe IV** **2 Punkt(e)**

Bitte nennen Sie die beiden Gruppen von intermetallischen Phasen, die in Hochtemperaturwerkstoffen auftreten können, mit jeweils einem Beispiel. (2 Punkte)

Aufgabe 5**Hochtemperaturwerkstoffe V****4 Punkt(e)**

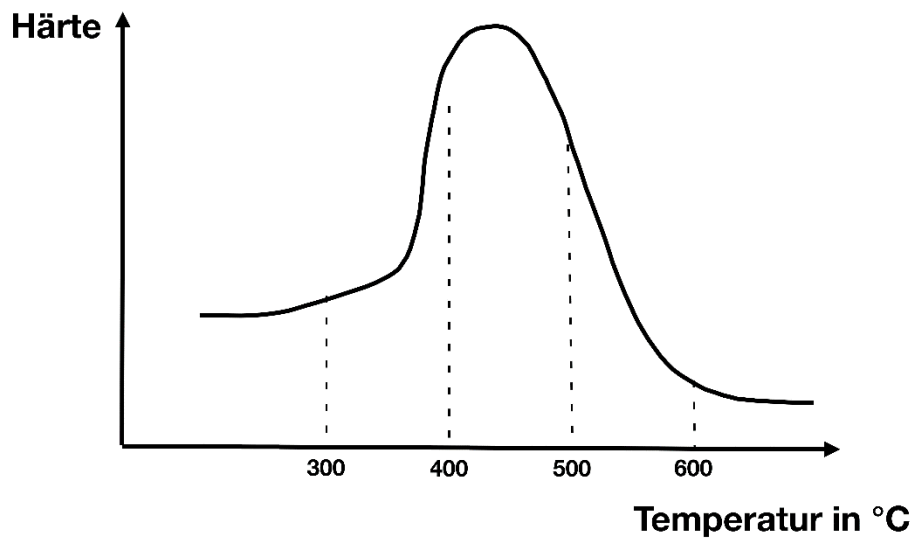
- a) Erläutern Sie kurz den Einfluss des Reinheitsgrades auf die mechanischen Eigenschaften von Hochtemperaturwerkstoffen. (1 Punkt)
- b) Geben Sie jeweils mindestens 3 Beispiele für Elemente, die den metallischen und nichtmetallischen Reinheitsgrad ausmachen. (3 Punkte)

Aufgabe 6**Hochtemperaturwerkstoffe VI****2 Punkt(e)**

Zur Auslegung vieler Bauteile wird der Kennwert der Dauerschwingfestigkeit herangezogen. Ist dieser Kennwert auch für Bauteile im Hochtemperatureinsatz relevant? Begründen Sie Ihre Antwort! (2 Punkte)

Aufgabe 7**Hochtemperaturwerkstoffe VII****1 Punkt(e)**

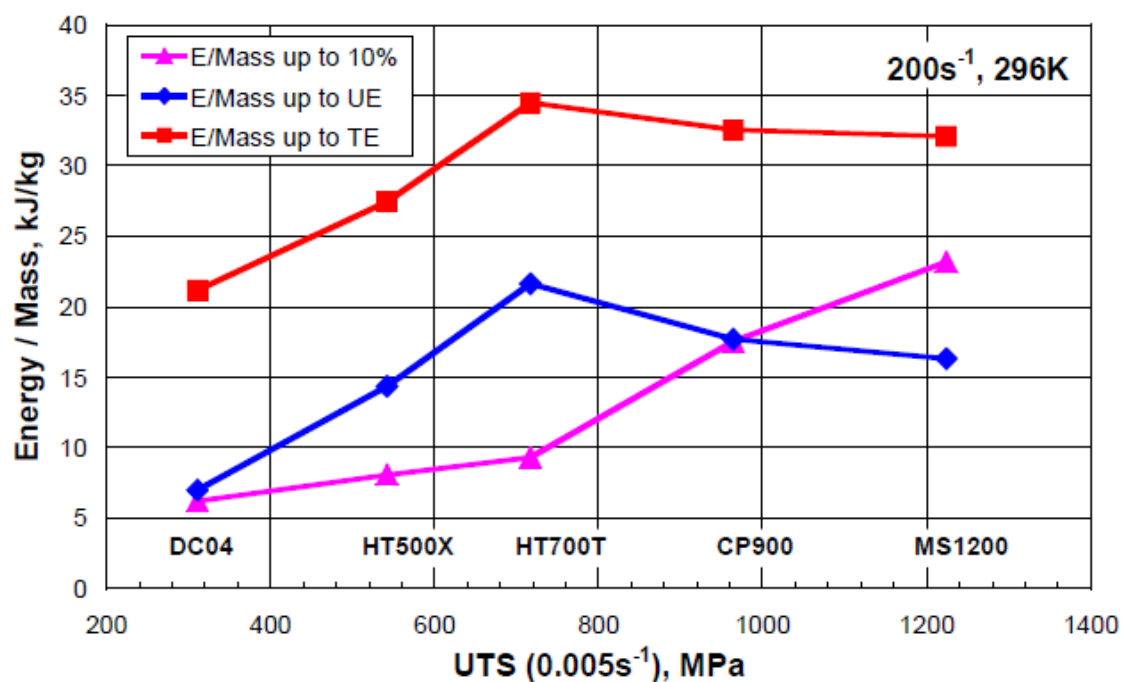
Erklären Sie kurz, worauf der Härteverlauf über der Temperatur für den Chromstahl mit 17 % Cr, 1 % Si, 0,3 % Mn, 0,07 % C nach 400 h zurückzuführen ist. (1 Punkt)



Aufgabe 8**AHSS I****3 Punkt(e)**

In Anlage 1 ist die, auf die Masse bezogene, spezifische Energieabsorption für einen quasistatischen Zugversuch und einen Schnellzereissversuch (Dehnrage = 200/s) durchgeführt bei Raumtemperatur angegeben.

- a) Welcher dieser Stähle absorbiert die meiste Energie/Masse? (1 Punkt)

Anlage 1

- b) Welchen dieser Stähle würden Sie für die Verwendung einer B-Säule verwenden? Begründen Sie Ihre Antwort kurz. (2 Punkte)

Aufgabe 10**AHSS III****3 Punkt(e)**

Erklären Sie den Unterschied zwischen den beiden Versetzungstypen SSD (statistically stored dislocations) und GND (geometrically stored dislocations). Diskutieren Sie den charakteristischen Einfluss von GND's auf die Spannungs-Dehnungskurve. (3 Punkte)

Aufgabe 11**AHSS IV****4 Punkt(e)**

Bild 1 zeigt 4 verschiedene “nano-engineering” Konzepte für AHSS-Stähle. Die Mikrostruktur wird durch Wärmebehandlung oder Deformation eingestellt. Erläutern Sie kurz die verschiedenen werkstoffphysikalischen Vorgänge die in den einzelnen Konzepten genutzt werden um die mechanischen Eigenschaften der AHSS Stähle zu kontrollieren. Beantworten Sie dies anhand der folgenden Fragen:

- a) Welche Gefügebestandteile können Sie auf der nm-Skala identifizieren? (2 Punkte)

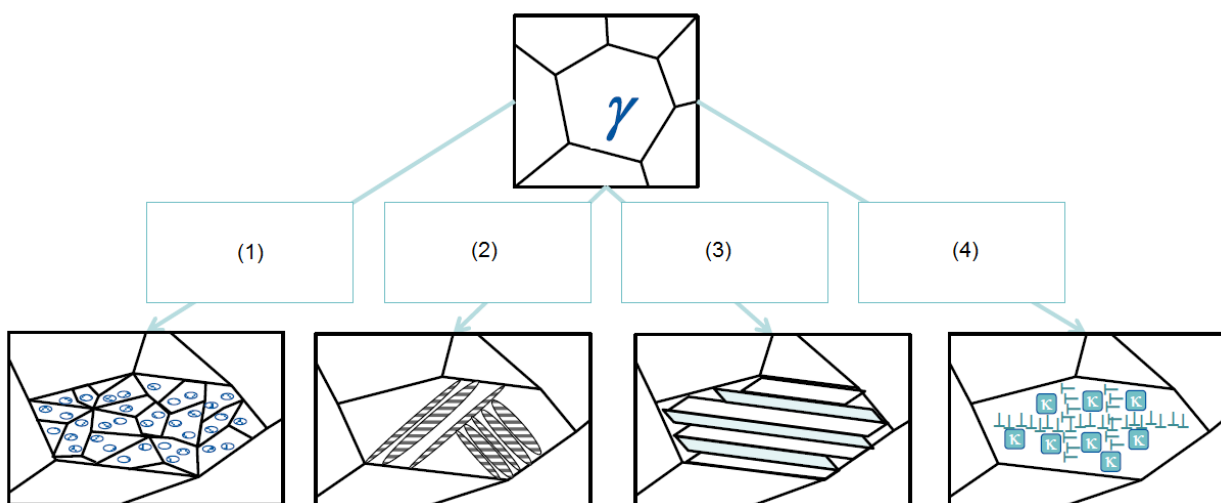


Bild 1: “Nano-engineering” Konzepte für AHSS-Stähle

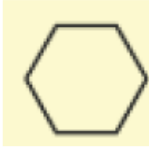
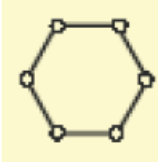
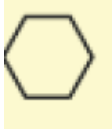
- b) Welche Gefügebestandteile werden während einer Umformung eingestellt, welche durch eine Wärmebehandlung? (2 Punkte)

Aufgabe 12**Hochfeste Baustähle****7 Punkt(e)**

Grobblech kann unter anderem über ein konventionelles Warmwalzen, ein normalisierendes Warmwalzen und über ein thermomechanisches Walzen hergestellt werden.

- a) Skizzieren Sie den Unterschied der Mikrostruktur für die einzelnen Warmwalzrouten anhand der Austenitkorngröße nach dem letzten Walzstich, der Nukleationspunkte für die $\gamma \rightarrow \alpha$ Phasenumwandlung und der daraus resultierenden Ferritkörner im Vergleich zum konventionellen Warmwalzen in die Tabelle in Anlage 1 (Berücksichtigen Sie die Korngrößen zueinander). (3 Punkte)

Anlage 1

| | <u>Konventionelles Warmwalzen</u> | <u>Thermomechanisches Warmwalzen</u> | <u>Normalisierendes Warmwalzen</u> |
|---------------------|---|--|--|
| <u>Austenitkorn</u> |  | | |
| <u>Nukleation</u> |  | | |
| <u>Ferritkorn</u> |  | | |

- b) Worin unterscheiden sich das konventionelle Walzen, das thermomechanische Walzen und das normalisierende Walzen hinsichtlich der Walzparameter? (1.5 Punkte)
- c) Worin unterscheiden sich Stähle, die für das konventionelle Walzen geeignet sind, von Stählen, die für eine thermomechanische Behandlung verwendet, werden hinsichtlich der Legierungselemente? (1 Punkt)

- d) Wie werden die hochfesten Stähle wärmebehandelt, die eine Streckgrenze von 550 - 1100 MPa aufweisen? Welche Mikrostruktur haben diese Stähle?
(1.5 Punkte)

Aufgabe 13**Herstellung von Rohren****2.5 Punkt(e)**

Wie werden aus einer Stahlplatte längsnahtgeschweißte Rohre mit einem großen Durchmesser industriell hergestellt? Benennen Sie den Prozess und beschreiben Sie die einzelnen Prozessschritte kurz. (2.5 Punkte)

Aufgabe 14**Kesselrohrstähle****5 Punkt(e)**

- a) Zeichnen Sie den Querschnitt eines Kesselrohres und kennzeichnen Sie die einwirkenden Medien (innen und außen), welche auf dieses Rohr wirken ein. Nennen Sie die drei maßgeblichen Beanspruchungen, die auf dieses Rohr einwirken. (2.5 Punkte)
- b) Was ist das Hauptlegierungselement in ferritisch-martensitischen Kesselrohren? Erläutern Sie kurz Wirkungsweise und nennen Sie typische Legierungsgehalte. (2,5 Punkte)

Aufgabe 15**Leitungsrohre****2,5 Punkt(e)**

- a) Welchen Einfluss hat das TM-Walzen auf die Eigenschaften von Leitungsrohren hinsichtlich der Zähigkeit? (1 Punkt)
- b) Welche Verfestigungsmechanismen werden durch TM-Walzen hervorgerufen? (1,5 Punkte)

Aufgabe 16**Präzisionsrohr****4 Punkt(e)**

- a) Was ist das Ziel einer "Autofrettage"-Behandlung? Wie beeinflusst diese Behandlung die Mikrostruktur des Stahls? (2 Punkte)
- b) Für welche Bauteile ist die Autofrettage-Behandlung notwendig? Begründen Sie Ihre Antwort kurz. (2 Punkte)

Aufgabe 17**OCTG-Stähle****2 Punkt(e)**

Was ist bei hochfesten vergüteten Ölfeldrohrstählen, die mit Molybdän oder Chrom legiert sind, aus werkstofftechnischer Sicht der wesentliche Aspekt zur Verbesserung der Korrosionsbeständigkeit gegenüber Sauerstoff (SSC-Beständigkeit)? Erläutern Sie diesen! (2 Punkte)

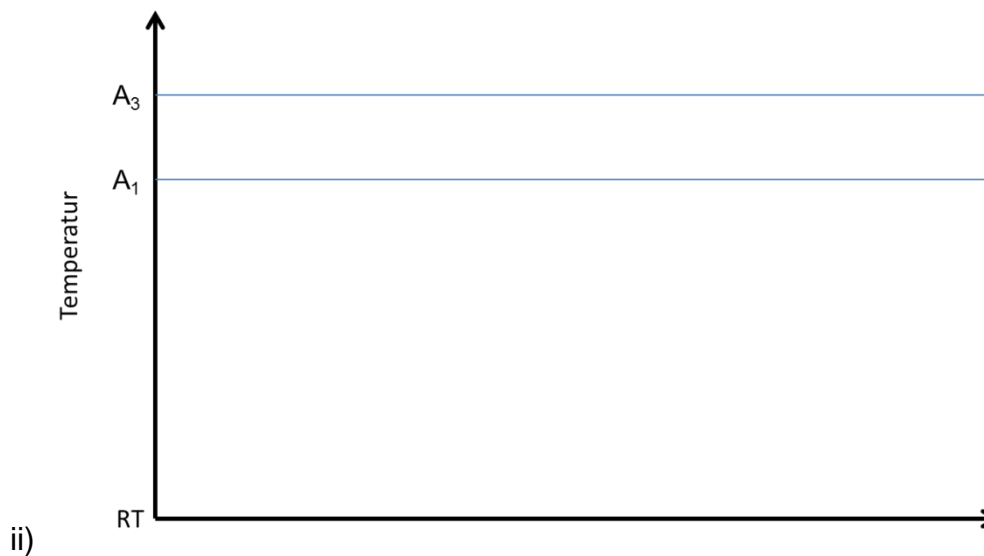
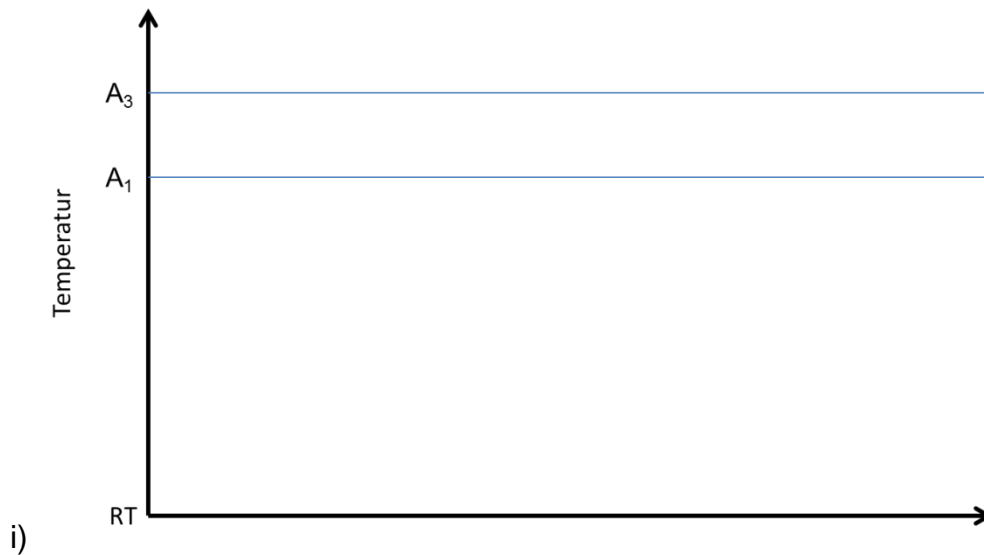
Aufgabe 18**Tiefziehstähle****2.5 Punkt(e)**

Es wurden vier Coils A, B, C und D erzeugt unter den nachfolgenden Fertigungsparametern. Welches Coil besitzt die höchste Tiefzieheigenschaft? Geben Sie für die anderen 3 Coils eine erklärende Begründung an, warum die Tiefziehfähigkeit jeweils geringer ist. (2,5 Punkte)

| Fertigungsparameter | Coil A | Coil B | Coil C | Coil D |
|---|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Al-Gehalt und N-Gehalt in der chemischen Analyse (Gew.-%) | 0,031 0,0029 | 0,042 0,0041 | 0,025 0,0019 | 0,035 0,0033 |
| Haspeltemperatur (°C) | 550 | 580 | 570 | 600 |
| Kaltwalzgrad (%) | 58% | 69% | 71% | 75% |
| Rekristallisierende Glühung (-) | Haubenglühe | Haubenglühe | Contiglühe | Contiglühe |

Aufgabe 19**Edelbaustähle****3 Punkt(e)**

- a) Zeichnen Sie, ausgehend vom Schmieden, die Temperaturführung für einen AFP-Stahl (Ausscheidungshärtend-ferritisch-perlitisch) und einen Vergütungsstahl in die in Bild 1 angegebenen Diagramme ein. (2 Punkte)



Appendix 1: Temperaturführung für a) einen AFP-Stahl und b) einen Vergütungsstahl

- b) Welcher der beiden Stahlsorten weist eine bessere Zähigkeit auf? (1 Punkt)

Aufgabe 20**Werkzeugstähle****3.5 Punkt(e)**

Werkzeugstähle zeichnen werden je nach Anlassbeständigkeit in drei verschiedene Gruppen unterteilt.

- a) Benennen Sie diese drei Gruppen. (1,5 Punkte)

- b) Ordnen Sie die in Aufgabenteil a) benannten Gruppen den 4 in Bild 1 angegebenen Kurven zu. (2 Punkte)

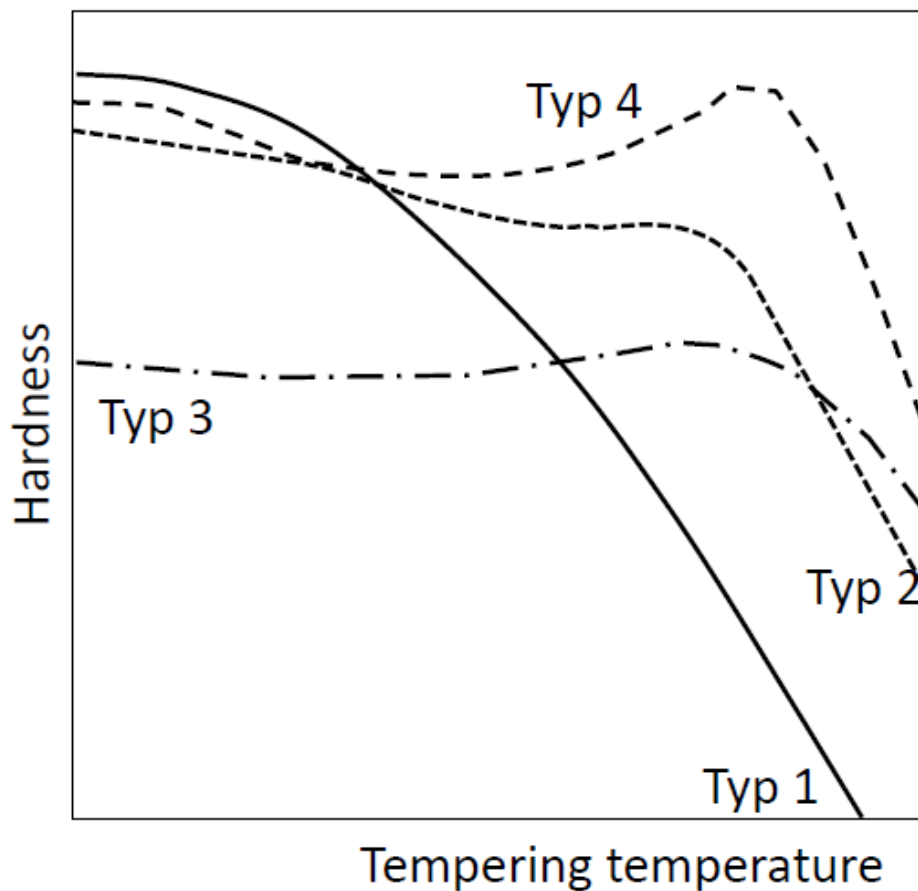


Bild 1: Anlassbeständigkeit verschiedener Werkzeugstähle

Aufgabe 21**Schienenstähle****6 Punkt(e)**

- a) Nennen Sie 4 Grundanforderungen an Stähle, aus denen Schienen hergestellt werden. (4 Punkte)
- b) Welche möglichen Effekte hätten höhere Kohlenstoffgehalte für Lebensdauer und Verarbeitbarkeit einer Schiene? Diskutieren Sie mögliche Vor – und Nachteile. (2 Punkte)