

Masterprüfung

„Werkstoffdesign der Metalle“

01.03.2016

Name:

Matrikelnummer:

Unterschrift:

Aufgabe	Maximalanzahl an Punkten:	Punkte erreicht:	Punkte nach Einsicht (nur zusätzliche Punkte)
1	5		
2	2		
3	1.5		
4	5		
5	2		
6	16		
7	4		
8	3		
9	1.5		
10	1		
11	2		
12	4		
13	1.5		
14	7.5		
15	2		
16	1		
17	3		
18	3.5		
Σ 1-18	65.5		
NE- Werkstoffe Σ 1-6	34.5		
Summe	100		

Zum Bestehen der Klausur werden 44% der Punkte benötigt.

Aufgabe 1 **Hochtemperaturwerkstoffe I** **5 Punkt(e)**

Zur Festigkeitssteigerung von metallischen Hochtemperaturwerkstoffen werden unterschiedliche Mechanismen einzeln oder kombiniert genutzt.

a) Nennen Sie vier zur Festigkeitssteigerung von metallischen Hochtemperaturwerkstoffen nutzbare Mechanismen. (4 Punkte)

b) Warum wird die Kaltverfestigung nicht zu den festigkeitssteigernden Mechanismen bei Hochtemperaturwerkstoffen gerechnet? (1 Punkt)

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

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

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

Erläutern Sie drei Funktionen von Cobalt in Nickelbasislegierungen hinsichtlich der Festigkeitssteigerung. (1,5 Punkte)

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

- a) Was kann mit Hilfe des Schaeffler-De Long-Diagramms beschrieben werden? (1 Punkt)
- b) Zeichnen Sie das Schaeffler-De Long-Diagramm schematisch und markieren Sie die Bereiche, in denen Austenit und Ferrit vorliegen? (4 Punkte)

Aufgabe 5**HTW V****2 Punkt(e)**

Führen Sie vier Möglichkeiten zur Vorhersage der Phasenstabilität von Hochtemperaturwerkstoffen auf. (2 Punkte)

Aufgabe 6**AHSS I****16 Punkt(e)**

AHSS-Stähle der ersten Generation zeichnen sich unter anderem dadurch aus, dass sie mehrphasig sind, wie z.B. TRIP-Stähle. Die besonderen Eigenschaften eines TRIP-Stahles beruhen auf dem Vorhandensein von etwa 10 % Restaustenit.

- a) Zeichnen Sie den finalen Glühzyklus (Zeit-Temperatur-Diagramm) von kaltgewalztem TRIP-Stahl. Markieren Sie zusätzlich die Bereiche, in denen Phasenumwandlungen beginnen und benennen Sie jeweils die Phasen, die umwandeln. (2.5 Punkte)

- b) Erläutern Sie anhand der Zeichnung aus Aufgabenteil a), wie es möglich ist, dass in einem TRIP-stahl mit 0,2 Massen-% Kohlenstoff überhaupt Restaustenit vorliegt! (2 Punkte)
- c) Ist dieser Restaustenit thermodynamisch stabil? Ist dieser Restaustenit mechanisch stabil? Erläutern Sie kurz den TRIP-effekt. (3 Punkte)
- d) Nennen Sie zwei weitere typische Stahlklassen mit mehrphasigen Gefügen, die zu der Klasse der 1. Generation von AHSS-Stählen zählen. (1 Punkt)

- e) In Tabelle 1 sind chemische Zusammensetzungen von verschiedenen Stahlklassen angegeben. Tragen Sie, anhand der Informationen aus Tabelle 1, die ungefähren Gefügebestandteile des vollständig prozessierten Stahls in Tabelle 2 ein. Geben Sie zusätzlich an, ob für den Stahl bei Verformung mit einem TRIP-Effekt gerechnet werden kann. Sofern Sie davon ausgehen, dass kein TRIP-Effekt auftreten kann, begründen Sie Ihre Antwort kurz. (7.5 Punkte)

Tabelle 1: chemische Zusammensetzung verschiedener Stahlklassen (Angaben in Gew.-%)

Stahlgüte	C	Si	Mn	Al	Cr	Ni	Ti
AHSS 1 st (H300X)	0.1	0.1	1	-	-	-	-
AHSS 1 st (RA700K)	0.2	1.5	1.5	-	-	-	-
IF-HS	0.003	0.1	0.4	0.04	-	-	0.02
1.4301 (V2A rostfreier Edelstahl)	0.02	0.3	1.5	-	18	8.5	-
AHSS 2 nd (HMnS)	0.02	3	15	3	-	-	-

Tabelle 2: Gefügebestandteile verschiedener Stahlklassen (Angaben in Vol.-%)

Stahlgüte	α (ferrit)	α_M (Martensit)	α_B (Bainit)	γ (Austenit)	TRIP-Effekt möglich?
AHSS 1 st (H300X)					
AHSS 1 st (RA700K)					
IF-HS					
1.4301 (V2A rostfreier Edelstahl)					
AHSS 2 nd (HMnS)					

Aufgabe 7**AHSS II****4 Punkt(e)**

- a) Bei der Auswertung eines Zugversuches sind Dualphasenstähle durch ein niedriges Streckgrenzenverhältnis und eine sehr starke anfängliche Verfestigung gekennzeichnet. Erläutern Sie dieses Werkstoffverhalten anhand der Defektstruktur im Kristall! (2 Punkte)
- b) Erläutern Sie die untere (5 Vol.-%) und obere Grenze (30 Vol.-%) des Martensitgehaltes anhand der mechanischen Eigenschaften. (2 Punkte)

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

- a) In hochmanganhaltigen Stählen können neben dem TRIP-Mechanismus weitere Verformungsmechanismen aktiviert werden. Benennen Sie zwei weitere Verformungsmechanismen. (1 Punkt)
- b) Welche metallphysikalische Größe steuert die Auswahl der Verformungsmechanismen und welche Einheit hat diese? (2 Punkte)

Aufgabe 9**Herstellung von Rohrstählen****1.5 Punkt(e)**

Welche entscheidenden drei Fertigungsschritte durchläuft das Vormaterial bei der Herstellung nahtloser Rohre? (1,5 Punkte)

Aufgabe 10**Ölfeldrohre****1 Punkt(e)**

Was ist im Gefüge hochfester, hochkohlenstoffhaltiger und mit Chrom und Molybdän legierter Ölfeldrohrgüten (OCTG-Rohre) zu vermeiden, damit das Rohr unter Spannungsrißkorrosion durch Sauergas (SSC) nicht zu schnell ausfällt? (1 Punkt)

Aufgabe 11**Leitungsrohre****2 Punkt(e)**

Welchen Einfluss hat das TM-Walzen auf die mechanischen Eigenschaften von Leitungsrohren? Welche Verfestigungsmechanismen werden durch TM-Walzen hervorgerufen? (2 Punkte)

Aufgabe 12**Präzisionsrohre****3 Punkt(e)**

Ein Präzisionsrohr soll zur Lebensdauerverlängerung mit Autofrettage behandelt werden.

- a) Was ist das Wirkprinzip der Autofrettage? Erläutern Sie mit Skizzen. (2 Punkte)

- b) Das Präzisionsrohr hat eine Wanddicke von $t = 0,5$ mm, einen mittleren Durchmesser von 10 mm und eine Streckgrenze von 850 N/mm². Ist ein Innendruck von 800 bar ($1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$) ausreichend für die Autofrettage-Behandlung des Rohres? Begründen Sie Ihre Antwort mit einer Berechnung. (2 Punkte)

Hinweis: Die Kesselformel liefert den (vereinfachten) Zusammenhang zwischen Vergleichsspannung und Innendruck in zylindrischen, dünnwandigen Rohren. Sie lautet:

$$\sigma = \frac{p \cdot d_m}{2t}$$

Mit p = Innendruck, d_m = mittlerer Durchmesser, t = Wanddicke, σ = Vergleichsspannung in der Rohrwand.

Aufgabe 13**Kesselrohre****1.5 Punkt(e)**

Das generelle Streben nach höheren Wirkungsgraden von Kohlekraftwerken erfordert die Optimierung von Dampfparametern. Welche sind das und welche Forderung ergibt sich daraus an die einzusetzenden Kesselrohrwerkstoffe? (1.5 Punkte)

Aufgabe 14**Werkzeugstähle****7,5 Punkt(e)**

- a) Eine Klassifizierung von klassischen Werkzeugstählen erfolgt nach ihren Einsatztemperaturen. Geben Sie für die angegebenen Werkzeugstähle die maximalen Einsatztemperaturen an (1.5 Punkte):

Kaltarbeitsstahl

Warmarbeitsstahl

Schnellarbeitsstahl

- b) In Tabelle 1 sind die chemischen Zusammensetzungen für 4 Werkzeugstähle angegeben. Ordnen Sie die Werkzeugstähle i) – iv) den chemischen Zusammensetzungen zu und begründen Sie Ihre Antwort kurz: (4 Punkte)

i) Schnellarbeitsstahl (konventionell gefertigt)

ii) Hochleistungsstahl (PM-gefertigt)

iii) Kaltarbeitsstahl (konventionell gefertigt)

iv) Warmarbeitsstahl (konventionell gefertigt)

Stahl	C	Si	Cr	Mn	W	Mo	V
	0,7	0,25	-	0,25	-	-	-
	0,38	1	5,3	0,4	-	1,3	0,4
	0,9	0,3	4,1	0,3	6,5	5	1,9
	3,4	0,9	5,2	0,5	-	1,3	15

Tabelle 1: chemische Zusammensetzungen verschiedener Werkzeugstähle

- c) Um die finalen Eigenschaften von Warmarbeitsstählen und Schnellarbeitsstählen einzustellen, werden diese nach dem Härten angelassen. Nennen Sie zwei Effekte der Anlassbehandlung. (2 Punkte)

Aufgabe 15**Sondertiefziehstähle I****2 Punkt(e)**

Bei Tiefziehstählen wird zwischen zwei verschiedenen Kategorien unterschieden. Zeichnen Sie schematisch das Haubenglühgefüge der in Tabelle 1 aufgeführten Tiefziehstähle und ergänzen Sie die Walzrichtungen. (2 Punkte)

	<i>i) Tiefziehstahl A</i>	<i>ii) Tiefziehstahl B</i>
C	<i>0.02 – 0.05</i>	<i>0 – 0.005</i>
Mn	<i>0.2 – 0.3</i>	<i>0.1 – 0.15</i>
Al	<i>0.02 – 0.05</i>	<i>0.02 – 0.04</i>
N	<i>0.001 – 0.01</i>	<i>0 – 0.005</i>
Ti, Nb, V	<i>0 – 0.001</i>	<i>0.05 – 0.1</i>

Tabelle 1: chemische Zusammensetzung verschiedener Tiefziehstahlklassen (in Mass.-%)

Aufgabe 16**Sondertiefziehstähle II****1 Punkt(e)**

Welche Größe aus dem Zugversuch beschreibt die Tiefziehfähigkeit? Wie bzw. warum lassen sich aus dieser Größe Rückschlüsse auf die Tiefziehfähigkeit machen? (1 Punkt)

Aufgabe 17 **Edelbaustähle und rostfreie Stähle** **3 Punkt(e)**

Nennen Sie 3 typische Anforderungen an Zahnradwerkstoffe, die in dem Zusammenhang mit dem Grundwerkstoff (bzw. Einsatzstählen) stehen. (3 Punkte)

Aufgabe 18**Schienenstähle****3.5 Punkt(e)**

- a) Es gibt zwei typische Gefügearten, die für Schienenstähle eingesetzt werden. Nennen Sie beide und benennen Sie, welches häufiger eingesetzt wird. (1,5 Punkte)
- b) Durch welchen prozesstechnischen Zusatzschritt kann für das häufiger genutzte Gefüge die Einsatzzeit der Schiene deutlich verlängert werden? Begründen Sie Ihre Antwort ausführlich. (2 Punkte)