

# Klausur

## Vertiefungsfach 2: Master

### Eisen- und Stahlmetallurgie

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. D. Senk

20.08.2013

Nachname, Vorname:

Matrikel-Nr.:

Unterschrift:

Aufgabe	Punkte (max.)	Punkte	Unterschrift	Korrektur Datum	Gesamtpunkte (endgültig)
1	16				
2	16				
3	16				
4	16				
5	16				
<b>Summe:</b>		<b>Summe nach Einsicht:</b>			

Je richtige Teilantwort:

0,5 Punkte bis zur angegebenen maximal erreichbaren Punktzahl

# **Klausur Vertiefungsfach 2** **Eisen- und Stahlmetallurgie**

**Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Dieter Senk**

**20.08.2013**

**1. Aufgabe : Thermodynamik**

**16 Punkte**

- a) Leiten Sie das Sauerstoffpotential in allgemeiner Form, ausgehend von der chemischen Reaktion zwischen dem reinen Metall [Me] und Sauerstoff, her.

**3,0 Punkte**

b)

1. Geben Sie die Definition der Aktivität in der Thermodynamik an!
2. Welche Bedeutung hat die Aktivität in der Metallurgie?
3. Wie wird die Aktivität berechnet?

**2,0 Punkte**

- c) Der Abbrand des Kohlenstoffes im Konverter kann in 3 Phasen, die Anfangs-, die Haupt- und die Endphase unterteilt werden. Beschreiben Sie kurz und klar, was in den drei Phasen geschieht und warum!

**3,0 Punkte**

d) Berechnen Sie die Kohlenstoffaktivität in einer 100Cr6-Schmelze mit der folgenden Zusammensetzung.

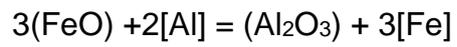
Element	C	Si	Mn	Cr
Konzentration [Gew.-%]	1,0	0,25	0,35	1,5

Nutzen Sie dazu die folgende Tabelle der Wirkungsparameter von in flüssigem Eisen gelösten Elementen (% = Gew.-%):

Solute j	eH(j)	< % j	eC(j)	< % j	eN(j)	< % j	eS(j)	< % j	eO(j)	< % j
Al	0,013	2	0,064	2	0,002	0,5	0,035	1	-3,9	0,2
B	0,05	1	/	/	/	/	0,134	0,5	-2,6	0,05
C	0,06	1	0,22	1	0,25	0,5	0,114	0,5	-0,13	1
Co	0,002	14	0,062	10	0,011	12	0,003	10	0,007	5
Cr	-0,002	2	-0,024	25	-0,045	7	-0,011	5	-0,037	20
Cu	0,0005	12	0,018	10	0,009	10	-0,008	8	-0,016	15
H	0	/	(0,72)	/	/	/	(0,26)	/	/	/
Mn	-0,001	11	-0,007	10	-0,02	6	-0,026	3	0	/
N	/	/	(0,11)	/	0	/	(0,03)	/	(0,057)	/
Nb	-0,002	2	-0,06	2	-0,061	10	-0,013	5	-0,14	3
Ni	0	/	0,012	5	0,01	10	0	/	0,006	20
O	/	/	(-0,097)	/	0,05	/	(-0,18)	/	-0,2	/
P	0,011	0,5	/	/	0,051	/	0,029	1	0,07	0,5
S	0,008	0,1	0,057	2	0,013	/	-0,028	1	-0,091	/
Si	0,027	1	0,0113	2	0,047	3	0,063	0,5	-0,14	1
Ti	0,08	0,5	/	/	-0,53	0,2	-0,072	1	-1,15	0,3
V	/	/	-0,038	20	-0,093	2	0,016	5	-0,14	5
W	/	/	-0,033	20	-0,002	15	0,001	10	0,008	5
Zr	/	/	/	/	-0,63	0,1	-0,053	2	/	/

**2,0 Punkte**

e) Berechnen Sie die Reaktionsenthalpie bei 25°C und 1 atm (STP) für die Reaktion:



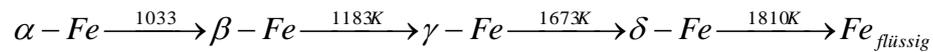
Gegeben sind die Standardbildungsenthalpien:

$$\Delta H^\circ_{\text{FeO}} = -264,84 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H^\circ_{\text{Al}_2\text{O}_3} = -1673,6 \text{ kJ/mol}$$

**2,0 Punkte**

f) Die Umwandlung des reinen Eisens kann wie folgt aussehen:



Berechnen Sie die Entropie reinen Eisens bei 1627 °C

Geg.:

$$S^0_{298, Fe} = 6,5 \text{ cal./K Mol (27,2 J/K Mol)}$$

$$C_{p, \alpha-Fe} = 3,0 + 7,58 \times 10^{-3}T + 0,6 \times 10^{-5}T^2 \text{ cal./K Mol} \\ (12,55 + 31,71 \times 10^{-3}T + 2,51 \times 10^{-5}T^2 \text{ J/K Mol})$$

$$C_{p, \beta-Fe} = 11,13 \text{ cal./K Mol (46,57 J/K Mol)}$$

$$C_{p, \gamma-Fe} = 5,80 + 2,0 \times 10^{-3}T \text{ cal./K Mol (24,27 + 8,7 \times 10^{-3}T J/K Mol)}$$

$$C_{p, \delta-Fe} = 6,74 + 1,64 \times 10^{-3}T \text{ cal./K Mol (28,20 + 6,86 \times 10^{-3}T J/K Mol)}$$

$$C_{p, Fe} = 9,77 + 0,4 \times 10^{-3}T \text{ cal./K Mol (40,88 + 1,67 \times 10^{-3}T J/K Mol)}$$

$$\alpha - Fe \rightarrow \beta - Fe ; \quad \Delta H^0_{1033} = 326 \text{ cal./Mol (2761,4 J/Mol)}$$

$$\beta - Fe \rightarrow \gamma - Fe ; \quad \Delta H^0_{1183} = 215 \text{ cal./Mol (899,6 J/Mol)}$$

$$\gamma - Fe \rightarrow \delta - Fe ; \quad \Delta H^0_{1673} = 165 \text{ cal./Mol (690,4 J/Mol)}$$

$$\delta - Fe \rightarrow Fe ; \quad \Delta H^0_{1810} = 3670 \text{ cal./Mol (15355 J/Mol)}$$

**4,0 Punkte**

**2. Aufgabe: Konverter****16 Punkte**

- a) Berechnen Sie die notwendige Masse an Kalk pro Tonne Roheisen, die zum Abbinden der Silizium- und Phosphoroxide notwendig ist. Gehen Sie von einem Entphosphorungsgrad von 80 % aus. Bitte geben Sie auch die Reaktionen an!

**5,0 Punkte**

	Si	P	Ca	O <sub>2</sub>
Gew.-% im RE	0,8	0,15	X	X
M in g/mol	28	31	40	32

- b) Nennen Sie 6 der im Konverter hauptsächlich stattfindenden chemischen Reaktionen mit Beachtung der Zustände !

**3,0 Punkte**

c)

1. Wo und wie erfolgt die Entphosphorung beim Stahlkonverterprozess (Reaktionsort und chemische Reaktion(en))?
2. Warum kann die Entphosphorung beim Konverterprozess nicht anders erfolgen (hier bitte eine ausführliche Antwort!)?
3. Welchen Einfluss hat Silizium auf die Entphosphorung im Stahlkonverter?

**2,5 Punkte**

d) Beim Betrieb eines Sauerstoffblaskonverters kommt es in verschiedenen Zonen des Konverters zu voreilendem Verschleiß des feuerfesten Materials. Zeichnen Sie schematisch einen Konverter und kennzeichnen Sie darin die Zonen des voreilenden Verschleißes ein. (7 Markierungen) **3,5 Punkte**

e) Benennen und skizzieren Sie 4 Schlackerückhaltesysteme im Konverter ! **2,0 Punkte**

### **3. Aufgabe: Sekundärmetallurgie**

**16 Punkte**

- a) Wie viel Al wird benötigt, wenn in einer 380t-Schmelze eine Sauerstoffaktivität von 600 ppm vorliegt und ein Endsauerstoffgehalt von 20ppm angestrebt wird? Die Ausbringung des Al soll mit 80 % angenommen werden. Weiterhin beträgt der Reinheitsgrad des Aluminium 98 %.

$$M_{\text{O}} = 16 \text{ g/mol}$$

$$M_{\text{Al}} = 27 \text{ g/mol}$$

**4,0 Punkte**

- b) Berechnen Sie, welche Menge (in kg) an Sauerstoff pro Tonne Roheisen zur Entkohlung von 4,20 % auf 0,1 % C erforderlich ist.

**3,0 Punkte**

c) Nennen Sie die Oxidationsreaktionen des Prozesses unter Beachtung der Aggregatzustände. (4 Nennungen)

**2,0 Punkte**

d) Skizzieren (1,5 Punkte) und erläutern Sie den Aufbau des Funkenstandes eines Funkenspektrometers (2,0 Punkte).

**3,5 Punkte**

e) Nennen Sie 3 Verfahren zur Detektion von Einschlüssen im Stahl.

**1,5 Punkte**

f) Nennen Sie zwei Mechanismen, wie Teilchen in der Schmelze wachsen und erläutern Sie diese kurz.

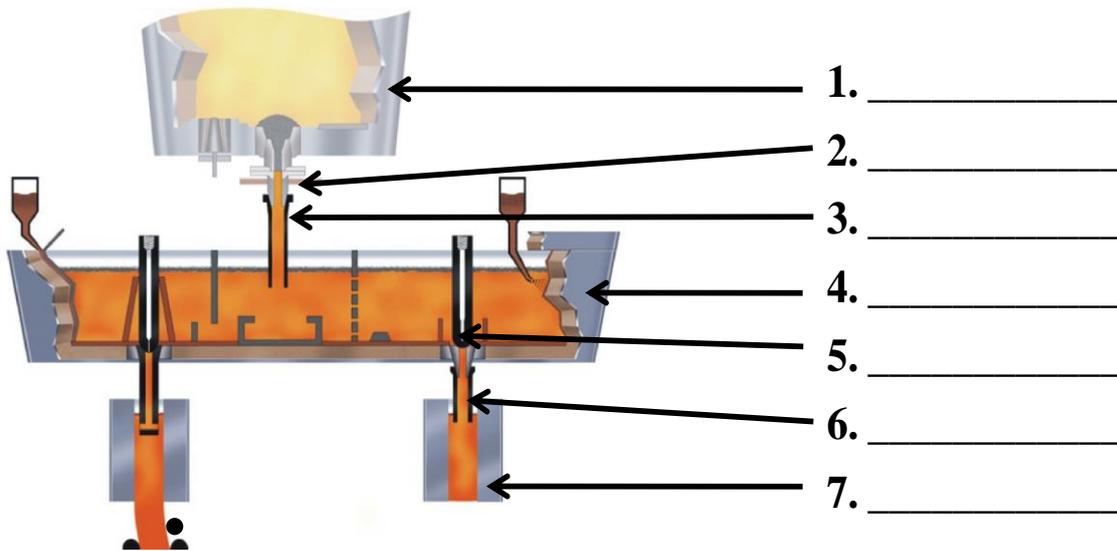
**2,0 Punkte**

#### 4. Aufgabe: Gießen und Erstarren

16 Punkte

a) Benennen Sie die auf dem Bild dargestellten Anlagenteile!

3,5 Punkte



b) Welche Aufgaben hat das Gießpulver?

2,5 Punkte

- c) Die metallurgische Länge beim Stranggießprozess, wird oftmals als der Abstand vom Meniskus bis zur Sumpfspitze, definiert. Nennen Sie eine andere Definitionsmöglichkeit. **1,0 Punkte**

- d) Wie lautet das „Wurzel-t- Gesetz“? **3,0 Punkte**

Welche Vereinfachungen wurden bei der Herleitung vorgenommen?

Welche weiteren Einflüsse wurden vernachlässigt (mind. 2 Nennungen)?

- e) Beschreiben Sie den Begriff "negative strip time" von Kokillenoszillation und skizzieren Sie das Geschwindigkeitsdiagramm für Kokille und Strang. **1,0 Punkte**

- f) Um den Duktilitätsverlauf von Stählen zu bestimmen, kann ein (Trebel-) Heißzugversuch durchgeführt werden. Aus diesem Test werden unter anderem Informationen über die Nullzähigkeitstemperatur (NZT) und die Nullfestigkeitstemperatur (NFT) erhalten.

Definieren Sie diese beiden Temperaturen (NZT und NFT).

**2,0 Punkte**

**g)** Wie können exogene bzw. endogene Einschlüsse vermieden/ minimiert werden (jeweils mindestens eine Nennung)? **1,0 Punkte**

**h)** Was ist die primäre Dendritenarmabstand und sekundären Dendritenarmabstand für einen ungerichteten Dendriten. (Machen Sie eine Skizze und markieren Sie den primären Dendritenarmabstand und den sekundären Dendritenarmabstand)

**1,0 Punkte**

- i) Welche Bedeutung hat die homogene und die heterogene Keimbildung während der Erstarrung in der Metallurgie?

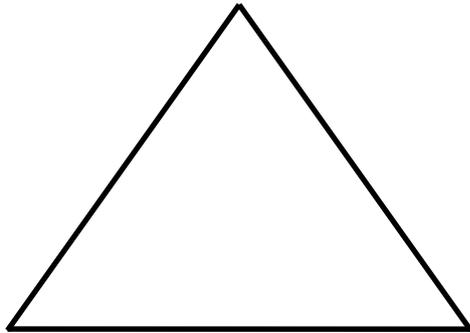
**1,0 Punkte**

## 5. Aufgabe: Umweltschutz

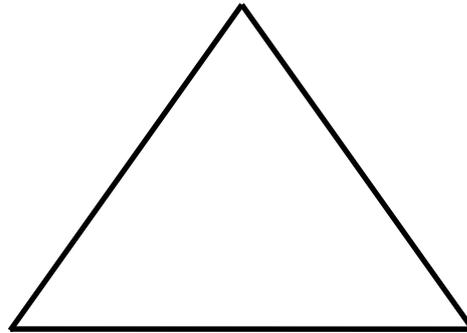
16 Punkte

a) Zeichnen Sie in beigefügte Dreistoffdiagrammen jeweils die Lage von Hochofenschlacke und LD-Frischschlacke ein. Beschriften Sie die Diagramme!

1,0 Punkte



LD-Schlacke



Hochofenschlacke

b) Geben Sie mindestens je ein Beispiel für die Verwendung dieser Produkte.

1,0 Punkte

c) Nennen Sie mindestens drei unterschiedliche Schrottsorten und geben Sie für jede eine kurze Definition oder Beschreibung an.

3,0 Punkte

d) Nennen Sie fünf Begleit – meist unerwünschte – Elemente für einen niedriglegierten Stahl, die mit dem Schrott in den Stahlkreislauf gelangen können.

**2,5 Punkte**

e) Nennen Sie drei Methoden zur Verwertung von Filterstäuben der Eisen- und Stahlindustrie.

**1,5 Punkte**

f) Welches Gesetz fordert für den Betrieb von Anlagen, die schädliche Umwelteinwirkungen hervorrufen können, die Erteilung einer Genehmigung?

**1,0 Punkte**

g) Nennen Sie die Grundsätze des Kreislaufwirtschaft- und Abfallgesetzes, nach denen Abfälle verwertet werden sollen.

**1,5 Punkte**

h) Nennen Sie drei Verwertungswege für Stahlwerksschlacken.

**1,5 Punkte**

i) Nennen Sie vier Methoden für den Umweltschutz in der Eisen- und Stahlindustrie.

**2,0 Punkte**

- j) Nennen Sie zwei Möglichkeiten zur Luftreinhaltung in der Eisen- und Stahlindustrie.

**1,0 Punkte**