



# Klausur

## Vertiefungsfach 1: Diplom

### Stahlmetallurgie

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

15.09.2011

Nachname, Vorname:

Matrikel-Nr.:

Unterschrift:

Aufgabe	Punkte (max.)	Punkte	Unterschrift	Korrektur Datum	Gesamtpunkte (endgültig)
1	8				
2	8				
3	8				
4	8				
5	8				
6	8				
7	8				
8	8				
9	8				
10	8				
<b>Summe:</b>		<b>Summe nach Einsicht:</b>			

Je richtige Teilantwort:

0,5 Punkte bis zur angegebenen maximal erreichbaren Punktzahl

# Klausur Vertiefungsfach 1

## Stahlmetallurgie

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dieter Senk

15.09.2011

### 1. Aufgabe: Pelletieren und Sintern

**8 Punkte**

Bestimmen Sie:

1. die Abgaszusammensetzung bei einem Sinterprozess, pro Tonne Sinter
2. die Menge an  $\text{SiO}_2$ , die der Rohmischung zugegeben werden muss und
3. wie viel Kilogramm  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  in der Sinterrohmmischung enthalten ist.

**8,0 Punkte**

**Annahmen:**

- Die Eisenträger gehen unverändert aus dem Prozess hervor.
- Der Luftbedarf beträgt  $800 \text{ Nm}^3/\text{t-Sinterrohmmischung}$ .
- Der Koksgruss verbrennt vollständig zu  $\text{CO}_2$  und besteht nur aus reinem Kohlenstoff.
- Die Gase verhalten sich nach dem idealen Gasgesetz.
- $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ist der einzige Eisenträger in der Sinterrohmmischung.

**Sinterrohmmischung:**

- 5 Mass.-% C
- 10 Mass.-% Wasser
- Basizität = 2
- Kalkstein: 5 Mass.-%
- $V_M = 22,4 \text{ l/mol}$

**Bekannt:**

1000	kg Sinterrohmmischung
50	kg C
100	kg Wasser
50	kg $\text{CaCO}_3$



## **2. Aufgabe: Metallurgischer Koks**

**8 Punkte**

---

a) Nennen Sie vier Hauptbestandteile von Koksofengas!

**2,0 Punkte**

b) Welche Produkte können aus Koksofengas gewonnen werden? (mind. 4 Antworten)

**2,0 Punkte**

c) In welchen weiteren Eisen- und stahlmetallurgischen Prozessen außer dem Hochofen wird metallurgischer Koks eingesetzt? (mind. 2 Nennungen)

**1,0 Punkte**

d) Welchen Vorteil hat das Koksofenstampfsystem gegenüber dem Koksofenschütt-system? (Detaillierte Antwort)

**3,0 Punkte**

### **3. Aufgabe: Hochofen**

**8 Punkte**

- a) Zeichnen Sie das Baur-Glässner-Diagramm für die Reaktionen von Eisenoxiden mit Kohlenmonoxid und Wasserstoff. Beschriften Sie auch alle Achsen!

**3,0 Punkte**

Zeichnen Sie in dieses Diagramm zusätzlich die Hochofenkennlinie für die Reduktion mit  $\text{CO}_2$ .

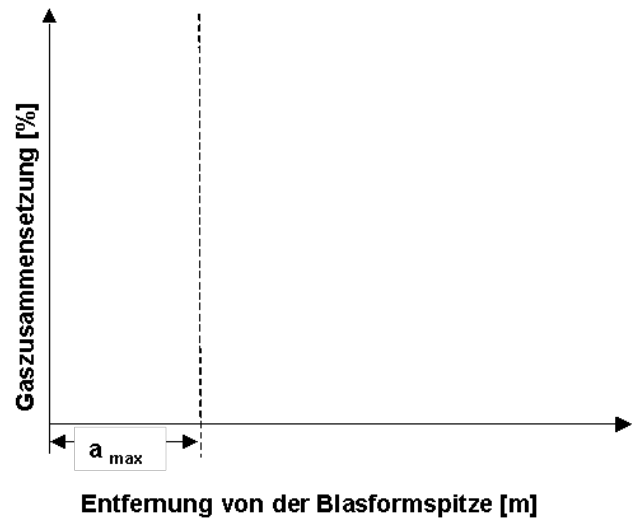
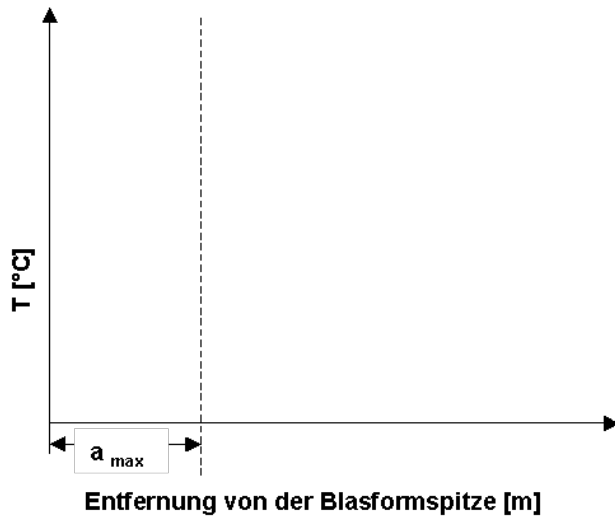
**1,0 Punkte**

- b) Welche Nachteile von hoch aschehaltigem Koks gibt es fürs Hochofenverfahren?

**2,0 Punkte**

c) Zeichnen Sie in die beigefügten Koordinatensysteme jeweils den Verlauf der Temperatur und die entsprechende Gaszusammensetzung vor den Blasformen ein.

2,0 Punkte



#### **4. Aufgabe: Thermodynamik**

**8 Punkte**

- a) Welche Bedeutung hat die Gibbs'sche freie Enthalpie in der Eisen- und Stahlmetallurgie (Nutzen und Einschränkungen)?

**1,0 Punkte**

b)

- a. Welche Bedeutung hat das Richardson-Jeffes-Diagramm für die Eisen- und Stahlmetallurgie (Nutzen und Einschränkungen)?

- b. Zeichnen Sie ein Richardson-Jeffes-Diagramm für die Bildung von Oxiden und skizzieren Sie qualitativ die Kurven für die Bildung von FeO, CaO, SiO<sub>2</sub> und CO.

**4,0 Punkte**

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

**3,0 Punkte**

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:

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	/	/



**5. Aufgabe: Konverter****8 Punkte**

- a) Im Konverter wird Roheisen zu Stahl gefrischt. Die wichtigsten Elemente und ihre jeweilige Molmasse sind in der Tabelle dargestellt:

Element:	C	Si	Mn	P	O <sub>2</sub>
Mass.-% im RE	4,20	0,80	0,50	0,40	---
g/Mol	12	28	55	31	32

Nennen Sie die Oxidationsreaktionen des Prozesses unter Beachtung der Aggregatzustände und der auftretenden Reaktionen in der Schlacke. (mind. 4 Nennungen)

**2,0 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) Die Blasstahlverfahren lassen sich in drei Hauptprozeßvarianten unterteilen.  
Nennen Sie diese Verfahren mit jeweils einem Beispiel.

**3,0 Punkte**

## **6. Aufgabe: Direkt- und Schmelzreduktion**

**8 Punkte**

a) Das Corex-Verfahren ist zurzeit das Schmelzreduktionsverfahren der Stahlherzeugung, das die betriebliche Reife erlangt hat.

1. Welches metallurgische Verfahrensprinzip gewährleistet eine akzeptable Vorreduktion der Eisenträgerstoffe?

**0,5 Punkte**

2. Welche Eisenträgerstoffe können eingesetzt werden und warum?

**1,0 Punkte**

3. Warum wird das Abgas aus dem Einschmelzvergaser auf 800 bis 850°C gekühlt?

**0,5 Punkte**

b) Erklären sie kurz die Gasreformierung beim Midrex-Verfahren (Gleichung)

**1,5 Punkte**

- c) Nennen Sie die typischen Eisenausscheidungen während der Reduktion von Eisenerzen

**1,5 Punkte**

- d) Warum kann
- a. Feinerz nicht im Midrex-Verfahren
  - b. Stückerz nicht im FIOR-Verfahren
- eingesetzt werden.

**3,0 Punkte**

Zeigen Sie stichwortartig die Effekte auf, die jeweils auftreten.

## **7. Aufgabe: Elektrostahlerzeugung**

**8 Punkte**

a) Was ist die Voraussetzung bei der Auswahl des Schrottes als Einsatzstoff in Elektrolichtbogenöfen!

**1,0 Punkte**

b) Die Sumpffahrweise ist der Stand der Technik der Stahlerzeugung im Elektrolichtbogenofen. Was sind die Vorteile der Sumpffahrweise?

**1,0 Punkte**

c) Nennen Sie zwei Möglichkeiten, wie die Lebensdauer des Feuerfestmaterials im Elektrolichtbogenofen erhöht werden kann.

**1,0 Punkte**

d) 100 Tonnen Schrott werden in einem Elektrolichtbogenofen mit der Leistung 120 MW erschmolzen. Der Energiewirkungsgrad während des Einschmelzvorgang beträgt 70%. Wie lange dauert es bis 100 Tonnen Schrott komplett schmilzt? (Der Energieverbrauch zum Einschmelzen pro Tonne Schrott ist 375 kWh).

**2,0 Punkte**

e) Warum ist die Endschlacke im Elektrolichtbogenofen meist basisch? (2 Nennungen)

**1,0 Punkte**

f) Am Ende des Schmelzprozesses im Elektrolichtbogenofen wird die Schmelze in die Pflanze abgestochen. Um dieses durchzuführen, gibt es mehrere Abstichsysteme. Nennen und zeichnen Sie **zwei** Abstichsysteme!

**2,0 Punkte**

## **8. Aufgabe: Sekundärmetallurgie**

**8 Punkte**

- a) Nennen Sie drei Möglichkeiten und das zugrunde liegende Prinzip zur Sauerstoffentfernung.

**3,0 Punkte**

- b) Nennen Sie drei Mechanismen, wie Teilchen in der Schmelze wachsen und erläutern Sie diese kurz.

**3,0 Punkte**

- c) Zeichnen Sie schematisch die Tiefentkohlung für einen Stahl mit 0,06 Gew.-% Kohlenstoff und 0,125 Gew.-% Sauerstoff für eine zweistufige Druckabsenkung. Zunächst soll der Druck auf 0,5 bar abgesenkt werden, dann wird erneut Sauerstoff bis auf 0,1 Gew.-% zugegeben und dann der Druck auf 0,1 bar erniedrigt.

**2,0 Punkte**

## **9. Aufgabe: Stranggießen**

**8 Punkte**

---

a) Definieren Sie Einschluss und Ausscheidung.

**1,0 Punkte**

b)

1. Was ist Mikroseigerung und wie entsteht sie?

**1,0 Punkte**

2. Was ist Makroseigerung und wie entsteht sie?

**1,0 Punkte**



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

**2,0 Punkte**

d) Was ist die Unterscheidung zwischen beruhigtem und unberuhigtem Stahl?

**0,5 Punkte**

e) Warum wird Kohlenstoff in Gießschlacken verwendet?

**0,5 Punkte**

- f) Beschreiben Sie den Begriff "negative strip time" von Kokillenzillation und skizzieren Sie die Figur.

**1,0 Punkte**

- g) Diskutieren Sie den Einfluss der Erhöhung der "Negative Strip time" auf die Qualität der stranggegossene Produkte?

**1,0 Punkte**

## **10. Aufgabe: Umweltschutz, Recycling**

**8 Punkte**

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

**1,0 Punkte**

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

**1,5 Punkte**

- c) Nennen Sie drei Verwertungswege für Stahlwerksschlacken.

**1,5 Punkte**

- d) Nennen Sie vier Begleit- oder Schadelemente, die mit dem Schrott in den Stahlkreislauf geraten können.

**2,0 Punkte**

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

**2,0 Punkte**