

Klausur

Vertiefungsfach 1: Diplom

Eisen- und Stahlmetallurgie

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

01.04.2014

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				
Summe:		Summe nach Einsicht:			

Je richtige Teilantwort:

0,5 Punkte bis zur angegebenen maximal erreichbaren
Punktzahl

Klausur Vertiefungsfach 1

Eisen- und Stahlmetallurgie

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

01.04.2014

1. Aufgabe : Pelletieren und Sintern

8 Punkte

a) Bestimmen Sie:

8,0 Punkte

1. die Abgaszusammensetzung bei einem Sinterprozess, pro Tonne Sinter
2. die Menge an CaO, die der Rohmischung zugegeben werden muss und
3. wie viel Kilogramm Fe_2O_3 in der Sinterrohmmischung enthalten ist.

Annahmen:

- Die Eisenträger gehen unverändert aus dem Prozess hervor.
- Der Luftbedarf beträgt $800 \text{ Nm}^3/\text{t-Sinterrohmmischung}$.
- Der Koksguss verbrennt vollständig zu CO_2 und besteht nur aus reinem Kohlenstoff.
- Die Gase verhalten sich nach dem idealen Gasgesetz.
- Fe_2O_3 ist der einzige Eisenträger in der Sinterrohmmischung.

Sinterrohmmischung:

- 5 Mass.-% C
- 10 Mass.-% Wasser
- Basizität = 2
- SiO_2 Gehalt: 7 Mass.-%
- $V_M = 22,4 \text{ l/mol}$

Bekannt:

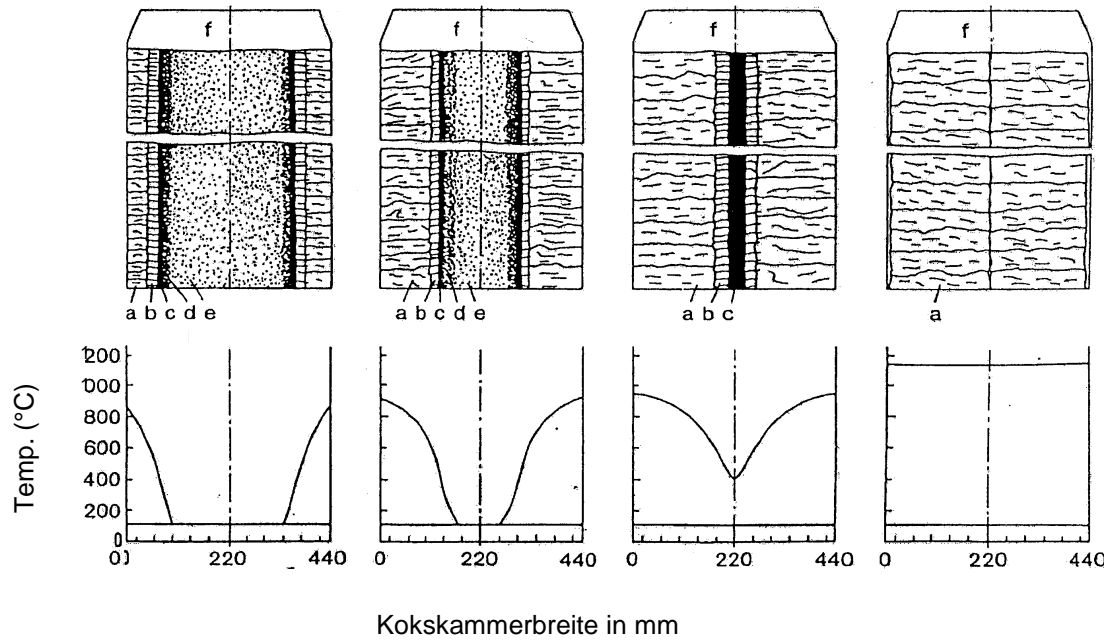
1000	kg Sinterrohmmischung
50	kg C
100	kg Wasser

2. Aufgabe: Metallurgischer Koks

8 Punkte

- a) Erklären Sie anhand des Kokskammer-Schaubildes die Hauptvorgänge in den Zonen a-e. Beachten Sie dabei die korrekte Reihenfolge!

2,5 Punkte



Kokskammerbreite in mm

b) Nennen Sie die Umwandlungszeit von Kohle zu Koks in der Kokskammer und die 5 Verkokungsstufen mit den entsprechenden Temperaturen.

2,5 Punkte

c) Was bedeuten die Abkürzungen CRI und CSR und wie werden diese experimentell ermittelt?

3,0 Punkte

3. Aufgabe: Hochofen und Schmelzreduktion

8 Punkte

a) Im Hochofen erfolgen Oxidationsprozesse ausschließlich vor den Windformen in der *Raceway*, in der Koks und Ersatzreduktionsmittel mit dem Sauerstoff des Heißwindes verbrennen.

- i. Skizzieren Sie die *Raceway* und unterteilen Sie diese in zwei Zonen anhand der chemischen Reaktionen von C, O₂ und N₂! Wie lautet die Summenreaktion für die Umsetzung von Kohlenstoff in der *Raceway*?

1,5 Punkte

- ii. Berechnen Sie die Anteile von CO und N₂ in Volumenprozent im Reduktionsgas, das die *Raceway* verlässt! Setzen Sie voraus, dass nur Wind ohne Sauerstoffanreicherung eingesetzt wird.

3,0 Punkte

- iii. Berechnen Sie die Anteile von CO und N₂ in Volumenprozent im Reduktionsgas, das die *Raceway* verlässt! Setzen Sie voraus, dass der Wind mit Sauerstoff angereichert wurde, so dass das Verhältnis O₂/N₂ 50/50 beträgt.

2,5 Punkte

- iv. Welche Auswirkung auf die Produktivität des Hochofens hat eine Sauerstoffanreicherung. Begründen Sie in Stichpunkten!

1,0 Punkte

4. Aufgabe: Direkt- und Schmelzreduktion 8 Punkte

a) Was bedeutet DRI?

0,5 Punkte

b) Der Betreiber einer Midrexanlage hat eine neue Sorte Eisenerz geliefert bekommen. Die chemische Analyse des Eisenerzes ist in der unten abgebildeten Tabelle aufgeführt. Berechnen Sie den theoretischen Minimalbedarf an Reduktionsgas in m³ (STP) pro Tonne Eisenerz bei vollständiger Umsetzung. Das Reduktionsgas enthält 80 Vol.-% CO und H₂ sowie 20 Vol.-% N₂. Wie viel metallisches Eisen liegt nach einer vollständigen Reduktion vor?

5,0 Punkte

Chemische Zusammensetzung des Eisenerzes in Gew.-%

Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	P	S	Na ₂ O	K ₂ O	Mn	TiO ₂	Andere
93,47	5,2	0,31	0,07	0,06	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,24	0,27

c) Nennen Sie fünf wesentliche metallurgische und verfahrenstechnische Grundlagen des Midrex-Verfahrens.

2,5 Punkte

5. Aufgabe: Elektrostahlerzeugung

8 Punkte

- a. Welche Feuerfestmaterialien benutzt man im Elektrolichtbogenofen? (vier Nennungen) **2,0 Punkte**

- b. Nennen Sie vier **Hauptschritte** eines Abstichs zum Abstich Zyklus (Tap-to-Tap Zyklus) vom Elektrolichtbogenofen! Nehmen Sie an, dass der Ofen nur mit einem Korb eingeladen werden muss. **2,0 Punkte**

c. Wozu verwendet man Brenner in Elektrolichtbogenofen? Nennen Sie mindestens zwei Aufgaben der Brenner im E-Ofen. **2,0 Punkte**

d. Nennen Sie Vor- und Nachteile der Elektrostahlerzeugung über Schrott im Vergleich zum Einsatz von Eisenschwamm (jeweils 2 Nennungen)!

2,0 Punkte

6. Aufgabe: Thermodynamik**8 Punkte**

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

3,0 Punkte

Element	C	Si	Mn	Cr
Konzentration [Gew.-%]	0,9	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	/	/

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

3,0 Punkte

c)

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

7. Aufgabe: Konverter**8 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 ₂
Gew.-% im RE	0,8	0,15	X	X
M in g/mol	28	31	40	32

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

3,0 Punkte

8. Aufgabe: Sekundärmetallurgie

8 Punkte

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

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

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

5,0 Punkte

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

3,0 Punkte

9. Aufgabe: Gießen und Erstarren

8 Punkte

a) Definieren Sie Einschluss und Ausscheidung.

1,0 Punkt

b) Was ist Mikroseigerung und wie entsteht sie?

1,0 Punkt

c) Was ist Makroseigerung und wie entsteht sie?

1,0 Punkt

d) Was ist der primäre und sekundäre Dendritenarmabstand für gerichtete und für ungerichtete Dendriten. (Machen Sie eine Skizze und markieren Sie den primären Dendritenarmabstand und den sekundären Dendritenarmabstand.)

2,0 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)?

10. Aufgabe: Umweltschutz

8 Punkte

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

3,0 Punkte

- b) Nennen Sie zwei unterschiedliche Filter für Abgas in der Eisen- und Stahlindustrie.

1,0 Punkt

- c) Nennen Sie mindestens fünf – meist unerwünschte – Begleitelemente für einen niedriglegierten Stahl, die mit dem Schrott in den Stahlkreislauf gelangen können.

2,5 Punkte

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

1,5 Punkte