



Klausur

Vertiefungsfach 1: Master

Eisen- und Stahlmetallurgie

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

26.02.2014

Nachname, Vorname:

Matrikel-Nr.:

Unterschrift:

Aufgabe	Punkte (max.)	Punkte	Unterschrift	Korrektur Datum	Gesamtpunkte (endgültig)
1	16				
2	16				
3	16				
4	16				
5	16				
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

26.02.2014

1. Aufgabe : Pelletieren und Sintern

16 Punkte

- a) Beim Sintern und Pelletieren wird eine gewisse Menge Brennstoff benötigt um die Partikel zu festen Agglomeraten zu verbinden.
Wo wird der Brennstoff beim Sintern eingebracht und wo beim Pelletieren? Welche Brennstoffe werden üblicherweise eingesetzt?

3,0 Punkte

- b) Skizzieren Sie die Abgastemperatur und die Abgasmenge über die Länge des Sinterbandes.

2,5 Punkte

- c) Beschreiben Sie anhand eines Prozeßdiagramms die Eisenerzvorbereitung für Hochofen und Direktreduktionsanlage.
1. Die Komponenten der Pelletmischung.
 2. Die Komponenten der Sintermischung.

3 Punkte

- d) Nennen Sie sechs Bestandteile der Sintermischung!

3 Punkte

e) Nennen Sie sechs Gründe für die Zugabe von Rückgut zur Sintermischung!

3,0 Punkte

f) Nennen Sie mindestens zwei eisenhaltige Einsatzmaterialien und die Korngröße dieser Einsatzmaterialien für die Grünpelletherstellung.

1,5 Punkte

2. Aufgabe: Metallurgischer Koks

16 Punkte

a) Was wird unter Inkohlungsgrad verstanden und wie wird der Kohlenstoffgehalt in der Kohle berechnet?

3,0 Punkte

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

2,5 Punkte

c) Welche Aufgaben erfüllt Koks im Hochofen?(5 Nennungen)

2,5 Punkte

d) Der Aschegehalt ist ein Maß für den Mineralstoffgehalt eines Brennstoffs. Die Asche ist der Glührückstand der mineralischen Begleitstoffe. Der Quotient aus Mineralstoffgehalt und Aschegehalt wird als Mineralstofffaktor bezeichnet:

1,5 Punkte

$$\frac{M}{A} = f_M \quad \text{mit:} \quad \begin{array}{ll} M: & \text{Mineralstoffgehalt in Gew.-%} \\ A: & \text{Aschegehalt in Gew.-%} \\ f_M: & \text{Mineralstofffaktor} \end{array}$$

Berechnen Sie den Mineralstofffaktor für eine Kohle mit einem Mineralstoffgehalt von 79 kg Mineralstoffen pro Tonne Kohle und 77,4 kg Asche pro Tonne Kohle!

e) Welche Löschverfahren für Koks gibt es? Geben Sie eine kurze Beschreibung der jeweiligen Verfahren mit den verwendeten Löschmittel.

2,0 Punkte

f) Was wird unter der Bezeichnung „Löschen“ von Koks verstanden und wozu ist dies nötig?

2,0 Punkte

g) Was ist der Hauptunterschied zwischen Hochofen- und Gießereikoks? Wie wirkt sich dieser Unterschied auf die Reaktionskinetik des Kokes aus?

1,0 Punkte

h) Nennen Sie drei verschiedene fossile Brennstoffe!

1,5 Punkte

3. Aufgabe: Hochofen und Schmelzreduktion

16 Punkte

a) Nennen Sie die Gründe, warum Ersatzreduktionsmittel in den Hochofen eingeblasen werden.

Nennen Sie drei Reaktionsgleichungen, nach denen die Ersatzreduktionsmittel mit dem Heißwind im Hochofen umgesetzt werden.

3,0 Punkte

b) Schreiben Sie die chemischen Formeln der folgenden Reaktionen auf und nennen Sie die in der Metallurgie gebräuchlichen Bezeichnungen dieser Reaktionen!

1. Kontakt zwischen Koks und Heißwind
2. Kontakt zwischen Koks und dem primären Reaktionsgas
3. Kontakt zwischen Reduktionsgas, Eisenerz und Koks
4. Kontakt zwischen Reduktionsgas und Eisenerz

4,0 Punkte

c) Welche Stoffe werden in den Hochofen chargiert und welche Mengen (in kg) werden jeweils benötigt, um 1 Tonne Roheisen zu erzeugen?

3,0 Punkte

d) Von welchen Einflußgrößen hängt die Höhe der adiabatisch errechneten Temperatur vor den Blasformen ab? (vier Nennungen)

2,0 Punkte

e) Der Betrieb des Hochofens mit Überdruck an der Gicht ist vorteilhaft. Nennen Sie zwei dieser Vorteile und begründen sie diese.

2,0 Punkte

f) Definieren sie den Begriff „Kreislaufstoffe im Hochofen“.

2,0 Punkte

4. Aufgabe: Direkt- und Schmelzreduktion

16 Punkte

a) Berechnen Sie den Druckverlust im Schachtofen zur Metallisierung der Pellets für folgende Bedingungen:

Höhe der Pelletsschicht:	H = 12 m
Durchmesser des Schachtes (durchschnittlich):	D = 3,5 m
Durchschnittliche Gastemperatur:	t = 700 °C
Zusammensetzung des Reduktionsgases:	%: H ₂ = 100
Ausnutzung des Wasserstoffs:	η _{H₂} = 50 %
Durchschnittliche Korngröße des Pellets:	d = 15 mm
Kornformfaktor.	φ = 0,95
Reduktionsgasverbrauch:	$\dot{V} = 500 \text{ Nm}^3/\text{min}$
Mittlerer Gasdruck im Schacht:	P = 150 kPa

9,0 Punkte

Gegeben:

$$\Delta p = \psi \left[\frac{H}{d} (1 - \xi) / \xi^3 \right] (w^2 \cdot \rho / g),$$

mit Δp : Druckverlust des Gases, kg/m²

ψ : Widerstandszahl;

H: Höhe der Schüttsäule, m;

d: äquivalenter Korndurchmesser, m;

ξ: Lückengrad der Schüttung, m³/m³;

w: mittlere Gasgeschwindigkeit in der Schüttung, m/s;

ρ: Dichte des Gases, kg/m³.

g: Schwerebeschleunigung, m/s².

Für einen nicht kugelförmigen Körper $d = d^1 \phi$

mit d^1 : mittlere Korngröße m;

φ: Kornformfaktor (φ = 1,0 für Kugel, φ = 0,6 – 1,0 für Körper anderer Form).

Widerstandszahl

$$\psi = 3,1/\text{Re}^{0,1} + 160/\text{Re} \text{ nach Brauer}$$

mit Re: Reynoldszahl;

$$\text{Re} = \frac{w \cdot d \cdot \rho}{(1 - \xi) \cdot \eta} = \frac{w \cdot d}{(1 - \xi) \cdot \nu}$$

mit η : dynamische Viskosität des Gases, Ns/m²

v: kinematische Viskosität, m²/s.

Tabelle 1

Lückengrad der Sinter- und Pelletsschichten

Korngröße, mm	Lückengrad, %		
	nach Chargie- ren	nach Anord- nung	in Bewegung
5–12	55 / 43	44 / 36	62 / 48
12–14	56 / 44	47 / 37	60 / 49
14–20	57 / 45	49 / 39	61 / 50
20–30	62 / 47	55 / 42	67 / 55

Kinematische Viskosität von Gasen, $\nu \cdot 10^{-5}$ (m²/s) beim Atmosphärendruck und bei verschiedenen Temperaturen

t °C	H ₂	N ₂	O ₂	Luft	CO	CO ₂	H ₂ O _{Dampf}	CH ₄
500	53,31	7,71	7,980	7,82	7,64	4,742	9,75	8,97
600	65,12	9,36	9,732	9,50	9,28	5,825	12,51	11,03
700	77,78	11,17	11,60	11,32	11,03	6,991	15,59	13,18
800	91,70	13,8	13,57	13,25	12,89	8,231	19,00	15,49
900	106,7	15,09	15,65	15,32	14,88	9,565	22,77	18,26
1000	122,3	17,16	17,88	17,51	16,90	10,99	26,82	-
1100	138,5	19,44	20,18	19,73	19,00	12,49	31,40	-

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

Zeigen Sie stichwortartig die Effekte auf, die jeweils auftreten.

3,0 Punkte

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

2,5 Punkte

d) Nennen Sie die typischen Eisenausscheidungen während der Reduktion von Eisenerzen

1,5 Punkte

5. Aufgabe: Elektrostahlerzeugung

16 Punkte

- a) Nennen Sie Gründe für einen künftigen Anstieg des Elektrostahlanteils an der Gesamtstahlerzeugung. (4 Nennungen)

2,0 Punkte

- b) 100 Tonnen Schrott werden in einem Elektrolichtbogenofen mit der Leistung 120 MW erschmolzen. Der Energiewirkungsgrad während des Einschmelzvorgangs 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

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

d) Nennen Sie sechs **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. **3,0 Punkte**

e) Zeichnen und benennen Sie die Prinzipskizzen der heute gängigen Elektrolichtbogenöfen und nennen Sie mindestens 4 Vor- und Nachteile der Verfahren.

3,0 Punkte

e) Schlacken im Elektrolichtbogenofen werden durch Zuschläge, Oxidationsprodukte oder die Gangart gebildet. Nennen Sie vier Komponenten, die normalerweise in Elektrolichtbogenofenschlacken vorhanden sind, und woher diese Komponenten stammen.

4,0 Punkte

