



Klausur

Vertiefungsfach 1: Master

Eisen- und Stahlmetallurgie

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

30.03.2012

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. Dieter Senk

30.03.2012

1. Aufgabe : Pelletieren und Sintern

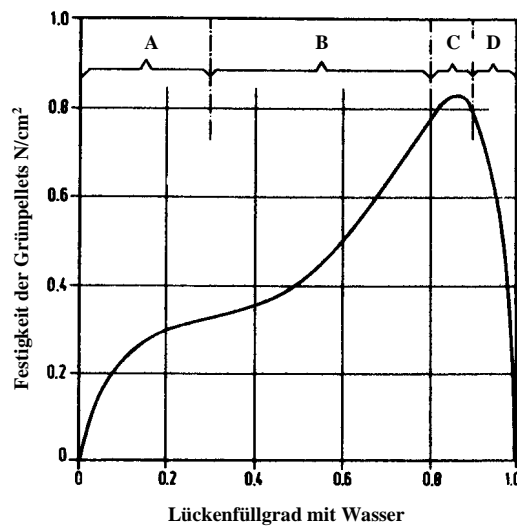
16 Punkte

- a) Was sind selbstreduzierende Pellets und was ist ihre charakteristische Eigenschaft?
(mind. 2 Antworten)

1,0 Punkte

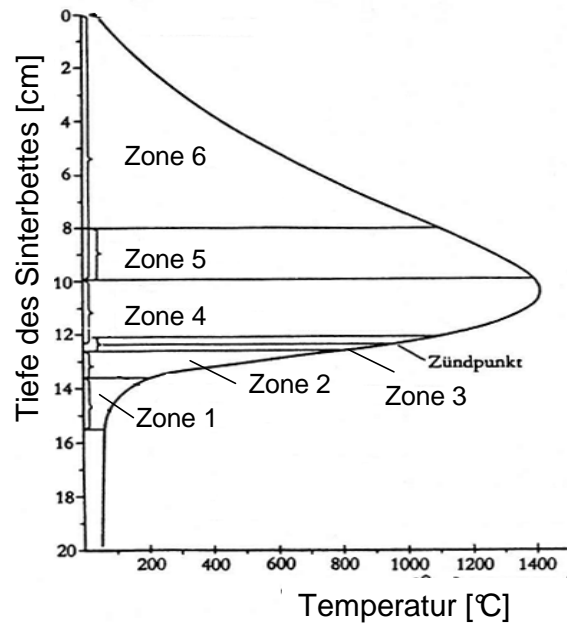
- b) Das unten dargestellte Bild stellt den Einfluss des Lückenfüllgrades mit Wasser auf die Festigkeit bei der Grünpelletherstellung dar. Erklären Sie den in vier charakteristische Zonen aufgeteilten Festigkeitsverlauf. (4 x 0,5P)

2,0 Punkte



- c) Das unten dargestellte Bild stellt die Zonen während des Sintervorganges von Eisenerz und den Temperaturverlauf über der Tiefe des Sinterbettes für den Zeitpunkt etwa 6 Minuten nach dem Zünden dar. Bezeichnen Sie die eingezeichneten Zonen (6 x 0,5P) und nennen Sie mindestens vier chemische Reaktionen! (4 x 0,5P)

5,0 Punkte



d) Bestimmen Sie:

1. die Abgaszusammensetzung bei einem Sinterprozess pro Tonne Sinter,
2. die Menge an SiO_2 , die der Rohmischung zugegeben werden muss und
3. wie viel Kilogramm Fe_2O_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 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
- Kalkstein (CaCO_3): 5 Mass.-%
- $V_M = 22,4 \text{ l/mol}$

2. Aufgabe: Metallurgischer Koks

16 Punkte

- a) Zeichnen Sie schematisch den Dilatationsverlauf für eine Anthrazitkohle und eine Gaskohle und kennzeichnen Sie die wichtigsten Stellen.

5,5 Punkte

- b) 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:

$$\frac{M}{A} = f_M \quad \text{mit:}$$

M:	Mineralstoffgehalt in Gew.-%
A:	Aschegehalt in Gew.-%
f_M :	Mineralstofffaktor

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!

1,5 Punkte

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

1,0 Punkte

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

3,0 Punkte

e) Welche Aufgaben erfüllt Koks im Hochofen?

2,5 Punkte

f) Nennen Sie mindestens zwei Kohlen mit verschiedenen Inkohlungsgraden.

1,0 Punkte

g) Geben Sie den durchschnittlichen Koksverbrauch im modernen Hochofen an.

0,5 Punkte

h) Nennen Sie die wesentlichen verwendbaren Produkte einer Kokerei.

1,0 Punkte

3. Aufgabe: Hochofen und Schmelzreduktion

16 Punkte

a)

i.) Ist es möglich den Hochofen mit Kaltwind zu betreiben?

0,5 Punkte

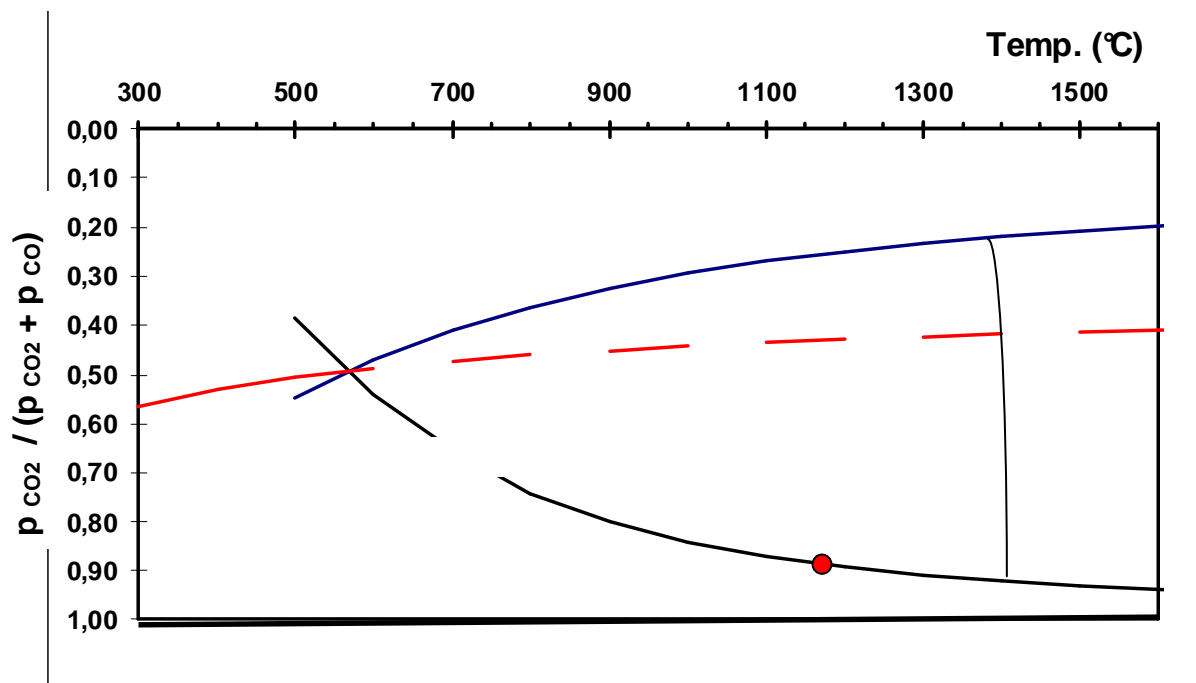
ii.) Welchen Einfluß hat die Windtemperatur auf den spez. Koksverbrauch?

0,5 Punkte

b) In der **Anlage** ist das Baur-Glaessner-Diagramm für die Reduktion von Eisenoxiden mit CO/CO₂-Gasmischen gezeigt.

Kennzeichnen und beschriften Sie die Bereiche, in denen Hämatit, Magnetit, Wüstit und Eisen stabil sind.

2,0 Punkte



c) Lesen Sie aus dem gleichen Diagramm die Temperatur und das CO_2/CO -Verhältnis ab, bei dem Eisen, Wüstit und Magnetit gleichzeitig vorliegen.

0,5 Punkte

d) In dem gleichen Diagramm ist bei 1200°C ein Punkt eingezeichnet. Welches CO_2/CO -Verhältnis muss eingestellt werden, um bei dieser Temperatur Eisenoxid zu reduzieren?

0,5 Punkte

e) Geben Sie ungefähre Temperatur und Kohlenstoffgehalt von Roheisen an, das aus dem Hochofen abgestochen wird.

1,0 Punkte

- f) Zur besseren Möllerverteilung und zur Nutzung eines erhöhten Gichtdruckes ist der Paul-Wurth-Verschluss heute Stand der Technik.

Zeichnen Sie schematisch einen glockenlosen Paul-Würth-Gichtverschluss auf und beschriften Sie wichtige Elemente.

3,0 Punkte

- g) 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

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

2,0 Punkte

i) Das Corex-Verfahren ist ein Schmelzreduktionsverfahren der alternativen Stahlerzeugung, das die betriebliche Reife erlangt hat.

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

0,5 Punkte

2. Welche Eisenträger 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

j) Bei der Roheisenerzeugung über die Schmelzreduktionsroute fällt ein energiereiches Abgas an. Nennen Sie mindestens zwei Verwertungsmöglichkeiten für dieses Gas.

1,0 Punkte

4. Aufgabe: Direkt- und Schmelzreduktion

16 Punkte

- a) 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 Bedarf an Reduktionsgas (STP) pro Tonne Eisenerz bei vollständiger Umsetzung. Das Reduktionsgas enthält 80 % CO und H₂ und 20 % N₂.

Wie viel metallisches Eisen liegt nach einer vollständigen Reduktion vor?

Chemische Zusammensetzung des Eisenerzes in Gew.-%

Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	P ₂ O ₅	S	Na ₂ O	K ₂ O	MnO	TiO ₂	Andere
92,68	6,3	0,31	0,07	0,06	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,24	0,27

5,0 Punkte

b) Welche der aufgeführten Gase wirken reduzierend und welche oxidierend?

2,0 Punkte

H₂ CO₂ CO H₂O

c) 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:

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

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 ($\phi = 1,0$ für Kugel, $\phi = 0,6 - 1,0$ 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

ν : 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	-

5. Aufgabe: Elektrostahlerzeugung

16 Punkte

a) Welche eisenhaltigen Rohstoffe können in den Elektrolichtbogenofen eingesetzt werden? (mind. 2 Nennungen)

1,0 Punkte

b) Welche Arten von Energien werden im Elektrolichtbogenofen eingesetzt?

1,0 Punkte

c) Nennen Sie mindestens vier wichtige Entwicklungsschritte zur Leistungssteigerung in der Elektrolichtbogenofengeschichte und die daraus resultierenden Vorteile.

2,0 Punkte

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

3,0 Punkte

e) Skizzieren Sie einen Mittelfrequenz-Induktionsofen.

1,0 Punkte

f) Warum ist die Endschlacke im Elektrolichtbogenofen meist basisch?
(mind. 2 Nennungen)

1,0 Punkte

g) 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

- h) Es gibt zwei Bauarten des Elektrolichtbogenofens, nämlich Drehstrom- und Gleichstrom-Elektrolichtbogenöfen. Für den Gleichstrom-Elektrolichtbogenofen wird eine Bodenelektrode benötigt. Nennen und zeichnen Sie zwei Typen der Bodenelektrode!

2,0 Punkte

- i) Nennen Sie mindestens 2 Möglichkeiten, die Lebensdauer der Feuerfestausmauerung in Elektrolichtbogenöfen zu erhöhen.

1,0 Punkte