



Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen

Klausur

Vertiefungsfach 1: Master

Eisen- und Stahlmetallurgie

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

17.03.2016

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

17.03.2016

1. Aufgabe: Pelletieren und Sintern

16 Punkte

a) Bestimmen Sie:

1. die Abgaszusammensetzung bei einem Sinterprozess, pro Tonne Sinter,
2. die Menge an SiO_2 , die der Rohmischung zugegeben werden muss,
3. wie viel Kilogramm Fe_2O_3 in der Sinterroh Mischung enthalten ist!

Annahmen:

- Die Eisenträger gehen unverändert aus dem Prozess hervor.
- Der Luftbedarf beträgt $1000 \text{ Nm}^3/\text{t-Sinterroh Mischung}$.
- Der Koksgrus 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 Sinterroh Mischung.
- Die Zusammensetzung der Luft ist typisch.

Sinterroh Mischung:

- 6 Mass.-% C
- 7 Mass.-% Wasser
- Basizität = 2,1
- Kalkstein: 11 Mass.-%
- $V_M = 22,4 \text{ l/mol}$
- $M_{\text{Ca}} = 40 \text{ g/mol}$

Bekannt:

| | |
|------|-----------------------|
| 1000 | kg Sinterroh Mischung |
| 60 | kg C |
| 70 | kg Wasser |
| 110 | kg CaCO_3 |

8,0 Punkte

b) Nennen Sie vier Gründe für die Zugabe von Rückgut zur Sintermischung!

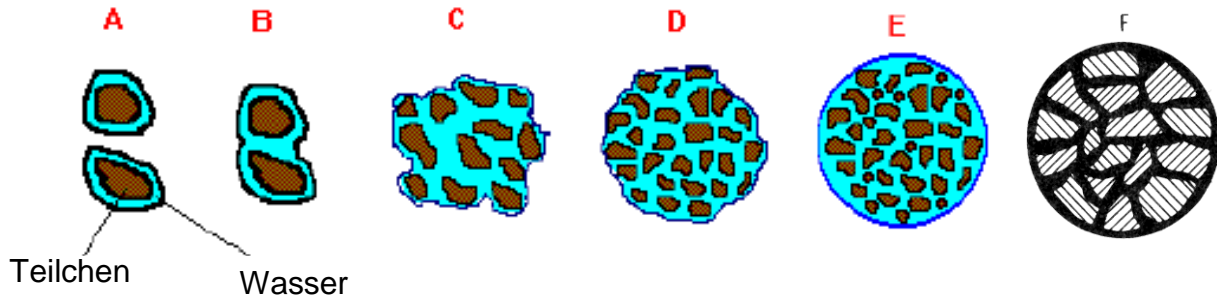
2,0 Punkte

c) Zählen Sie jeweils zwei Bindungsmechanismen beim Sintern und beim Pelletieren auf!

2,0 Punkte

d) Erläutern Sie die jeweiligen Vorgänge in den Abbildungen A bis F!

3,0 Punkte



e) Was sind selbstreduzierende Pellets?

1,0 Punkte

2. Aufgabe: Metallurgischer Koks

16 Punkte

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

2,0 Punkte

- b) Welche fünf Aufgaben erfüllt Koks im Hochofen?

2,5 Punkte

- c) Welche Vorteile hat das Koksofenstampfsystem gegenüber dem Koksofenschütt-system?

2,5 Punkte

- d) Wie lange dauert der Verkokungsprozess?

0,5 Punkte

- e) Zeichnen Sie schematisch den Dilatationsverlauf für eine Gasflammkohle und eine Gaskohle und kennzeichnen Sie die wichtigsten Stellen und Bereiche in einer der beiden Kurven!

5,5 Punkte

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

3,0 Punkte

3. Aufgabe: Hochofen und Schmelzreduktion**16 Punkte**

- a) Schreiben Sie die chemischen Formeln der folgenden Reaktionen auf und nennen Sie die in der Metallurgie gebräuchlichen Bezeichnungen dieser Reaktionen!
- a. Kontakt zwischen Koks und Heißwind
 - b. Kontakt zwischen Koks und dem primären Reaktionsgas
 - c. Kontakt zwischen Reduktionsgas, Eisenerz und Koks
 - d. Kontakt zwischen Reduktionsgas und Eisenerz

4,0 Punkte

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

8,0 Punkte

1. 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*?
2. 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. 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!
4. Welche Auswirkung auf die Produktivität des Hochofens hat eine Sauerstoffanreicherung. Begründen Sie in Stichpunkten!

- c) Nennen Sie die Reaktionsgleichung für die Roheisenentschwefelung mit Magnesium! Welche Besonderheit gibt es bei dieser Möglichkeit der Entschwefelung zu beachten und welcher Vorteil entsteht daraus? Wie wird dies in der Stahlwerkspraxis genutzt?

3,0 Punkte

- d) Skizzieren Sie
1. den McKee-Verschluss (Glockenverschluss) und
 2. den Paul-Wurth-Verschluss!

1,0 Punkte

4. Aufgabe: Direkt- und Schmelzreduktion

16 Punkte

- a) Nennen Sie jeweils ein Beispiel für ein Direkt- und ein Schmelzreduktionsverfahren!

1,0 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?

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 |
|--------------------------------|------------------|--------------------------------|------|------|------|------|-------------------|------------------|------|------------------|--------|
| 90,98 | 6,7 | 1,31 | 0,07 | 0,06 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,24 | 0,57 |

Hinweis:

- Das Reduktionsgas ist als ideal zu betrachten ($V_M = 22,4 \text{ l/mol}$)!

5,0 Punkte

- c) Die Wirbelschichttechnologie bietet aufgrund ihrer Eigenschaften ideale Voraussetzungen für die Verarbeitung von feinkörnigen Materialien.

Nennen Sie vier Vorteile der Reduktion von Erzen in der Wirbelschicht!

2,0 Punkte

- d) Nennen Sie fünf wesentliche metallurgische und verfahrenstechnische Grundlagen des Midrex-Verfahrens!

2,5 Punkte

- e) 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

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

1,0 Punkte

- g) Nennen Sie drei Produkte alternativer Eisenerzeugungsverfahren!

1,5 Punkte

5. Aufgabe: Elektrostahlerzeugung

16 Punkte

- a) Nennen Sie sechs technische Neuerungen, die zur Entwicklung von UHP-Elektrolichtbogenöfen geführt haben!

3,0 Punkte

- b) Welche Feuerfestmaterialien benutzt man im Elektrolichtbogenofen?
(vier Nennungen)

2,0 Punkte

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

2,0 Punkte

- d) Die Komponenten der Schlacke im Elektrolichtbogenofen werden durch die Zuschläge, die Oxidationsprodukte oder die Gangart gebildet. Nennen Sie vier Komponenten, die normalerweise in der Schlacke erscheinen, und woher diese Komponenten kommen!

4,0 Punkte

- e) 100 Tonnen Schrott werden in einem Elektrolichtbogenofen mit der Leistung 110 MW erschmolzen. Der Energiewirkungsgrad während des Einschmelzvorgangs beträgt 70%. Wie lange dauert es bis 100 Tonnen Schrott komplett eingeschmolzen sind? (Der Energieverbrauch zum Einschmelzen pro Tonne Schrott ist 375 kWh)

1,0 Punkte

- f) Wozu verwendet man Brenner in Elektrolichtbogenofen? Nennen Sie vier Aufgaben der Brenner im E-Ofen!

2,0 Punkte

- g) Die Sumpffahrweise ist Stand der Technik bei der Stahlerzeugung im Elektrolichtbogenofen. Was wird unter Sumpffahrweise verstanden und was sind die Vorteile der Sumpffahrweise (zwei Nennungen)?

1,0 Punkte

- h) Welche zwei Möglichkeiten gibt es, die Haltbarkeit der Graphitelektroden zu erhöhen (zwei Nennungen)?

1,0 Punkte