



**Klausur**  
**Vertiefungsfach 1**  
**Stahlmetallurgie**  
**Univ. Prof. Dr.-Ing. D. Senk**  
**19.10.2009**

**Nachname, Vorname:**

**Matrikel-Nr.:**

**Unterschrift:**

| <b>Aufgabe</b> | <b>Punkte<br/>(max.)</b> | <b>Punkte</b> | <b>Unterschrift</b>         | <b>Korrektur<br/>Datum</b> | <b>Gesamtpunkte<br/>(endgültig)</b> |
|----------------|--------------------------|---------------|-----------------------------|----------------------------|-------------------------------------|
| <b>1</b>       | <b>8</b>                 |               |                             |                            |                                     |
| <b>2</b>       | <b>8</b>                 |               |                             |                            |                                     |
| <b>3</b>       | <b>8</b>                 |               |                             |                            |                                     |
| <b>4</b>       | <b>8</b>                 |               |                             |                            |                                     |
| <b>5</b>       | <b>8</b>                 |               |                             |                            |                                     |
| <b>6</b>       | <b>8</b>                 |               |                             |                            |                                     |
| <b>7</b>       | <b>8</b>                 |               |                             |                            |                                     |
| <b>8</b>       | <b>8</b>                 |               |                             |                            |                                     |
| <b>9</b>       | <b>8</b>                 |               |                             |                            |                                     |
| <b>10</b>      | <b>8</b>                 |               |                             |                            |                                     |
| <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

19.10.2009

1. Aufgabe : Pelletieren und Sintern

8 Punkte

a) Welche Eigenschaften der Eisenerze sind für den Reduktionsprozess im Hochofen entscheidend? (mind. 4 Nennungen)

**2,0 Punkte**

b) Welche Elemente werden als Gangart zusammen mit dem aufbereiteten Erz in den Hochofen chargiert? (mind 4 Nennungen)

**2,0 Punkte**

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

**1,5 Punkte**

d) Was ist der Mindesteisengehalt von Erzen zur Pelletherstellung?

**0,5 Punkte**

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

**1,0 Punkte**

f) Wann wird die Durchgasung der Sinterschicht schlechter? (mind. 2 Antworten)

**1,0 Punkte**

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

**8 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 Festbrennstoffs. Die Asche ist der Glührückstand der mineralischen Begleitstoffe. Der Quotient aus Mineralstoffgehalt und Aschegehalt wird als Mineralstofffaktor bezeichnet:

$$\frac{M}{A} = f_M$$

|      |         |                              |
|------|---------|------------------------------|
| 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 Koks aus?

**1,0 Punkt**

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

**8 Punkte**

---

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

**3,0 Punkte**

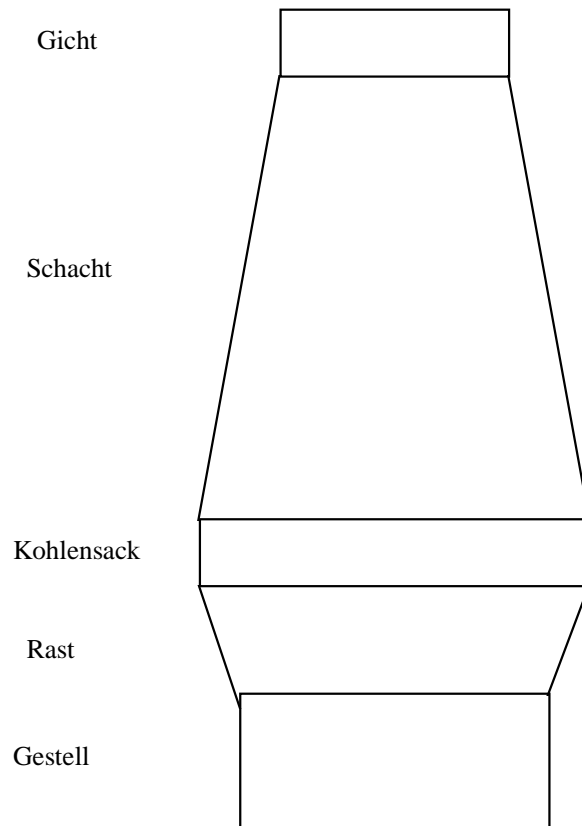
- b) Schreiben Sie die chemischen Formeln der folgenden Reaktionen auf und nennen Sie die in der Metallurgie gebräuchlichen Bezeichnungen dieser Reaktionen!

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) Zeichnen Sie in das unten abgebildete Hochofenprofil schematisch die 1150°C-Isotherme ein. Was passiert im Bereich dieser Isotherme?

**1,0 Punkt**



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

**8 Punkte**

a)

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?

**2,5 Punkte**

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

**2,5 Punkte**

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

**3,0 Punkte**

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

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             |

- a) Nennen Sie die Oxidationsreaktionen des Prozesses unter Beachtung der Aggregatzustände. (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) 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 H<sub>2</sub> und 20 % N<sub>2</sub>. Wieviel metallisches Eisen liegt nach einer vollständigen Reduktion vor?

Chemische Zusammensetzung des Eisenerzes in Gew.-%

| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | SiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO  | MgO  | P    | S    | Na <sub>2</sub> O | K <sub>2</sub> O | Mn   | TiO <sub>2</sub> | 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) Das Corex-Verfahren ist das einzige Schmelzreduktionsverfahren der zum Hochofen alternativen Eisenerzeugung, 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 Punkt**

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

**0,5 Punkte**

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

**1,0 Punkt**

## **7. Aufgabe: Elektrostahlerzeugung**

**8 Punkte**

- a) Was ist die Voraussetzung bei der Auswahl des Schrottes als Einsatzstoff in Elektrolichtbogenöfen? **1,0 Punkt**
- b) Die Sumpffahrweise ist der Stand der Technik der Stahlerzeugung im Elektrolichtbogenofen. Was sind die Vorteile der Sumpffahrweise? **1,0 Punkt**
- c) Wie kann die Lebensdauer des Feuerfestmaterials im Elektrolichtbogenofen erhöht werden? **1,0 Punkt**

d) 100 Tonnen Schrott werden in einem Elektrolichtbogenofen mit der Leistung 120 MW erschmolzen. Der Energiewirkungsgrad während der Einschmelzvorgang beträgt 70%. Wie lange dauert es, bis 100 Tonnen Schrott komplett schmelzen? (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 Punkt**

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

**2,0 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 eine Endsauerstoffaktivität von 20 ppm angestrebt wird? Die Ausbringung des Al soll mit 80 % angenommen werden. Weiterhin beträgt der Reinheitsgrad des Aluminiums 98 %.

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

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

**5,0 Punkte**

- c) Welche grundlegende Voraussetzung ist bei der Entschwefelung zu beachten? Wie kann der erreichbare Entschwefelungsgrad erhöht werden ?

**1,0 Punkt**

- c) Das Ziel der Sekundärmetallurgie ist die Einstellung der erforderlichen Elementkonzentrationen und Temperatur der Stahlschmelze. Wie kann die Messung der
1. Schmelzentemperatur
  2. chemischen Zusammensetzung der Schmelze
  3. Sauerstoffaktivität
  4. Wasserstoffaktivität
- durchgeführt werden?

**2,0 Punkte**

## **9. Aufgabe: Stranggießen**

**8 Punkte**

- a) Was ist der Unterschied zwischen „Einschluss“ und „Ausscheidung“ in der Erstarrungsstruktur?

**1,0 Punkt**

- b) Was sind Oszillationsmarken und welche Mechanismen führen zu ihrer Bildung?

**2,0 Punkte**

c)

1. Was ist Mikroseigerung und wie entsteht sie?

**1,0 Punkt**

2. Was ist Makroseigerung und wie entsteht sie?

**1,0 Punkt**

d)

1. Welche Erstarrungsstrukturen treten während der Erstarrung von Stahl beim Stranggießen auf?
  
  
  
  
  
  
  
  
  
  
2. Skizzieren Sie den Querschnitt einer Strangguss-Bramme und zeichnen Sie diese Erstarrungsstrukturen in der richtigen Reihenfolge in den Querschnitt ein!

**3,0 Punkte**

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

**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 mindestens zwei Möglichkeiten zur Luftreinhaltung in der Eisen- und Stahlindustrie.

**1,0 Punkt**

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

**2,0 Punkte**

- d) Nennen Sie mindestens vier Methoden zur Verringerung des spezifischen Energiebedarfs in der Eisen- und Stahlindustrie.

**2,0 Punkte**