

Werkstoffe und Fertigung II

Prof.Dr. K. Wegener

Sommersemester 2007

Seminarübung 13

Physikalische Eigenschaften der Metalle, Polymere

Musterlösung

Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigung, ETH Zentrum

Übungsassistenz: Michael Kelterborn, Florian Hofmann, Tobias Ott, Tobias Nösekabel, Jonas Schöndube, Daniel Sutter; Federico Wolff.

Koordination: Willi Müller, CLA F21.1, Tel. 044 633 23 84, wm@iwf.mavt.ethz.ch

Lernziele

Lernziele: Werkstoffe und Fertigung II, Kap. 20, 21

Kerninformationen

1 Struktureller Magnetismus

Werkstoffe, welche auch ohne Anliegen eines äusseren Magnetfeldes die Elementarmagnete (Elektronenspins) bereichsweise ordnen, weisen strukturellen Magnetismus auf.

2 Atomgewicht (Molekulargewicht):

1 mol eines Elementes umfasst $L = 6.02 \cdot 10^{23}$ Atome (Loschmitt'sche Zahl) und wiegt das Atomgewicht in Gramm. (Analog für Moleküle).

1 Mol Kohlenstoff wiegt 12 Gramm, 100 g Kohlenstoff sind $100/12 = 8.33$ mol

3 Teilkristalline Strukturen bei Polymeren

Die Makromoleküle legen sich abschnittsweise in völliger Ordnung aneinander. Die Monomereinheiten besetzen dabei Gitterpunkte wie bei einem Kristallgitter. Die Kristallisierbarkeit wird eingeschränkt oder verhindert durch

- lange Seitenketten
- grosse Substituenten (z.B. Benzolringe)
- ungleichmässige Verteilung der Substituenten (Taktizität)

1 Magnetismus

Erklären Sie das Verhalten folgender Stoffe, wenn sie in ein Magnetfeld gebracht werden:

- Ferromagnetische Stoffe
- Antiferromagnetische Stoffe
- Ferrimagnetische Stoffe

Lösung

Die gemeinsame Eigenschaft der angegebenen Stoffgruppen heisst „struktureller Magnetismus“, indem sich die Elementarmagnete (Elektronenspins) dieser Stoffe auch ohne Anliegen eines äusseren Magnetfeldes bereichsweise ordnen.

a) *Ferromagnetische Stoffe*

Die Elementarmagnete sind parallel gerichtet und gleich orientiert. In einem Magnetfeld richten sich diese Bereiche abhängig von der Feldstärke sukzessive nach diesem Feld aus und verstärken es.

b) *Antiferromagnetische Stoffe*

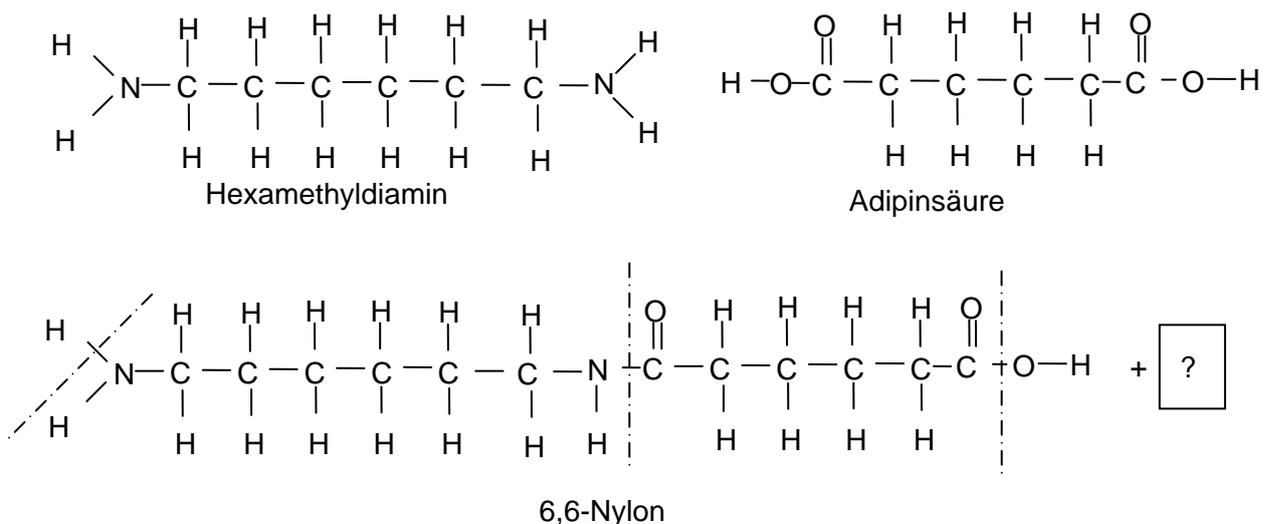
Die Elementarmagnete gleicher Flussdichte sind parallel gerichtet und entgegengesetzt orientiert. In ein Magnetfeld gebracht ist keine Wirkung festzustellen.

c) *Ferrimagnetische Stoffe*

Die Elementarmagnete ungleicher Flussdichte sind parallel gerichtet und entgegengesetzt orientiert. In ein Magnetfeld gebracht verstärken sie dieses, aber viel weniger stark als ferromagnetische Stoffe.

2 Nylon

6,6-Nylon ist ein lineares Polymer und entsteht aus den Monomeren Hexamethyldiamin und Adipinsäure.



- Wie viel Adipinsäure ist erforderlich, wenn 1000g Hexamethyldiamin verarbeitet werden sollen?

- b) Welches Nebenprodukt (?) entsteht und in welcher Menge?
 c) Wieviel Gramm 6,6-Nylon ergeben sich daraus?
 d) Wie nennt man diesen Vorgang?

Lösung

| | | | | | |
|-----------------------|-------|-----------------------|-------|-----------|-------|
| Hexamethyldiamin: | g/mol | Adipinsäure | g/mol | Wasser | g/mol |
| 6 C-Atome zu 12 g/mol | 72 | 6 C-Atome zu 12 g/mol | 72 | | |
| 16 H-Atome zu 1 g/mol | 16 | 10 H-Atome zu 1 g/mol | 10 | 2 H-Atome | 2 |
| 2 N-Atome zu 14 g/mol | 28 | 4 O-Atome zu 16 g/mol | 64 | 1 O-Atom | 16 |
| Molmasse | 116 | Molmasse | 146 | | 18 |

a) $1000 \text{ g Hexamethyldiamin entspricht } \frac{1000 \text{ g}}{116 \text{ g/mol}} = 8.62 \text{ mol}$

Die gleiche Molmenge Adipinsäure muss verwendet werden: $8.62 \text{ mol} \cdot 146 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 1259 \text{ g}$

b) Pro 1 mol Hexamethyldiamin und 1 mol Adipinsäure fällt **je** (da Kette ja sehr lang ist) 1 mol Wasser H_2O an,
 pro 8.62 mol also $2 \cdot 8.62 \cdot 18 \text{ g} = 310 \text{ g}$

c) Entstehende Menge Nylon: $1000 + 1259 - 310 = 1949 \text{ g}$

d) Polykondensation

3 Kettenmoleküle

- a) Zeichnen Sie schematisch die Strukturen der Kettenmoleküle von
- a1) Amorphen Thermoplasten
 - a2) Teilkristallinen Thermoplasten
 - a3) Elastomeren
 - a4) Duromeren
- b) Geben Sie an, welche dieser Kunststoffkategorien schmelzbar, welche löslich sind.
- c) Gegeben ein Monomer mit drei funktionellen Gruppen. Wozu bietet es sich an?
- d) Welche Kräfte halten die Polymere zusammen und an welchen Stellen in der Darstellung nach a) wirken sie?

Lösung:

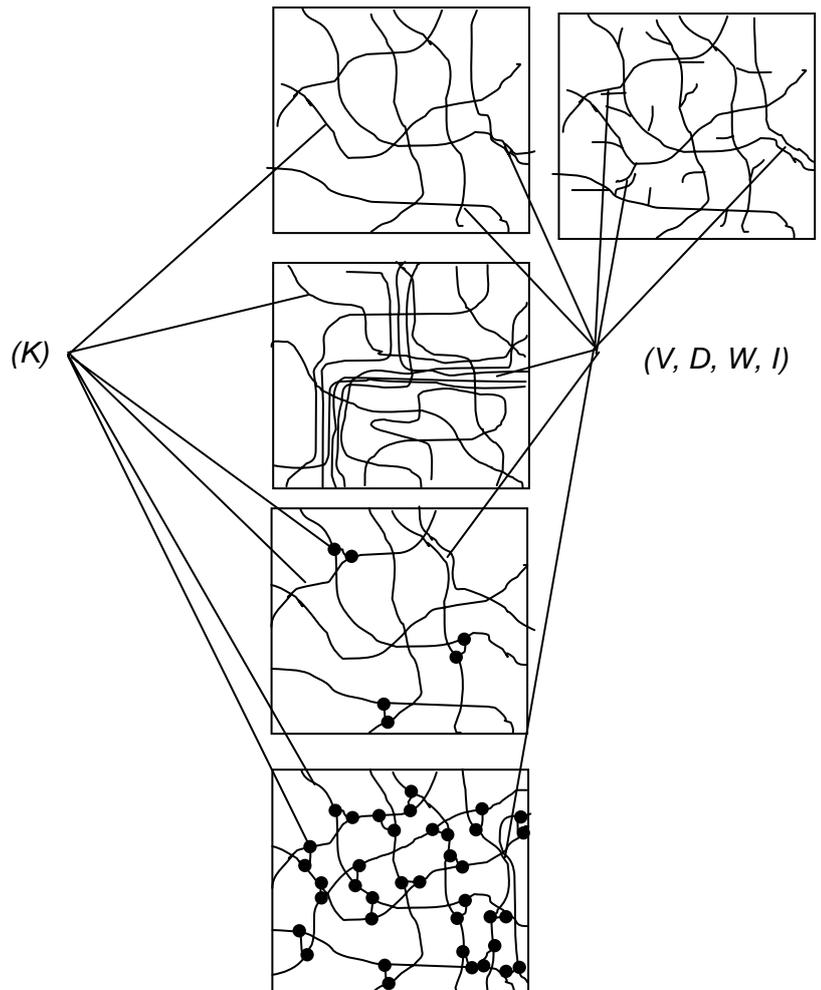
a)

Amorpher Thermoplast

Teilkristalliner Thermoplast

Elastomer

Duroplast



b)

| | <i>schmelzbar</i> | <i>löslich</i> |
|--------------------|-------------------|----------------|
| <i>Thermoplast</i> | + | + |
| <i>Elastomer</i> | - | - |
| <i>Duromer</i> | - | - |

c) Zur Bildung von vernetzten Kunststoffen, v.a. Duromeren, auch Elastomeren

d)

Hauptvalenzkräfte:

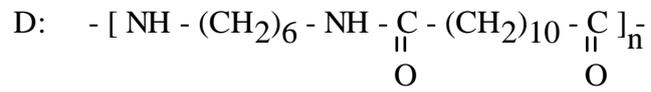
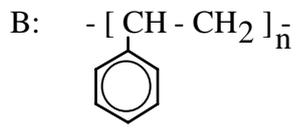
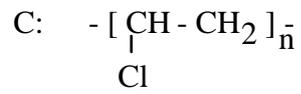
- Kovalente Bindung (Atombindung) (K): Innerhalb der Kettenmoleküle und an Vernetzungsstellen

Nebervalenzkräfte:

- Dispersionskräfte, van-der-Waals-Kräfte (V)
- Dipolkräfte (D)
- Wasserstoffbrücken (W)
- Ionenbindungskräfte (I)

4 Teilkristalline Strukturen

- a) Welche der angegebenen Polymere können teilkristalline Strukturen bilden?
b) Welche sind bevorzugt amorph und warum ?



Lösung:

- a) *Teilkristalline Strukturen bei A, C, D, E*
b) *Bevorzugt amorph: B, wegen sterischer Hinderung durch grosse Seitenketten.*