

# AMPM-ÜBUNG

## THIXOTROPIE UND SLPS

Prof. Dr.-Ing. Sebastian Weber

### 1. MOTIVATION UND LEHRINHALTE

Thixotrope Formgebungsprozesse sind technisch etablierte Verfahren und lassen sich zwischen den Fertigungsverfahren im vollständig festen Zustand (bspw. Schmieden) und dem vollständig flüssigen Zustand (bspw. Druckgießen) einordnen. Entscheidend für die thixotropen Eigenschaften einer metallischen Legierung sind vor allem zwei Dinge: a) ein teilflüssiger Zustand und b) eine gleichmäßige Verteilung möglichst globular eingeförmter Festphase in einer flüssigen Matrix. Für die Prozessauslegung ist, sofern eine vorherige Gefügeeinstellung erfolgt ist, die Änderung des Flüssigphasengehaltes als Funktion der Temperatur ein entscheidender Parameter. Dies trifft insbesondere dann zu, wenn die Legierungszusammensetzung technisch üblichen und normgerechten Schwankungen unterliegt („Legierungsspannen“) und wenn die Legierung eines oder mehrere Eutektika enthält.

Die grundsätzlichen Aussagen zur thixotropen Formgebung und die relevanten Parameter lassen sich zudem auf Sinterprozesse mit interner Flüssigphasenbildung übertragen. Das zugrunde liegende Verfahren wird als SLPS (*super solidus liquid phase sintering*) bezeichnet und hat vor allem für hochlegierte Werkstoffe auf Fe-Basis eine technische Relevanz. Im Zuge dieser Übung sollen an metallischen Legierungen auf Mg- und Al-Basis charakteristische Größen in Abhängigkeit der Legierungszusammensetzung berechnet und interpretiert werden. Dariüber hinaus werden im Zusammenhang mit SLPS Berechnungen für den Kaltarbeitsstahl X220CrVMo13-4 durchgeführt. Der Fokus der Übung liegt auf Mehrkomponentensystemen, deren Eigenschaften sich aus den über die Fachliteratur verfügbaren binären Zustandsdiagrammen nicht ableiten lassen.

Die Übung umfasst:

- Berechnungen von  $T_{liq}$  und  $T_{sol}$  für Mg- und Al-Legierungen
- Berechnung von  $V_{V,liq}$  als  $f(T)$  am Beispiel von Mg- und Al-Legierungen
- Identifikation von Eutektika und deren Bewertung für das *semi-solid processing*
- Berechnung der HT-Phasengleichgewichte eines hochlegierten Stahls X220CrVMo13-4

### 2. LERNZIELE

Nach der Teilnahme an dieser Übung werden die Studierenden:

- ein grundlegendes Verständnis der für thixotrope Prozesse relevanten Parameter haben
- Vor- und Nachteile einer Calphad-Berechnung charakteristischer Größen von Mehrkomponentensystemen kennen
- einen Transfer der Grundlagen von thixotropen Prozessen zu SLPS vornehmen können

### 3. AUFGABEN

#### TEIL A: Al- und Mg-Legierungen

- 3.1. Verwenden Sie die Datenbank „SSOL4“ für Berechnungen zu der aus der Vorlesung bekannten Al-Legierung „EN AW 6082“. Verwenden Sie für die Berechnungen jeweils die obere und die untere Grenze der in den Vorlesungsfolien angegebenem Legierungsgrenzen und berechnen damit  $T_{liq}$  und  $T_{sol}$ .  
**Ergebnis: 4 Temperaturwerte**
- 3.2. Verwenden Sie nun die obere Grenze der Normanalyse für EN AW 6082 aus Aufgabe 3.1 und berechnen  $V_{V,liq}$  als  $f(T)$ . Stellen Sie den Volumengehalt der Flüssigphase gegenüber der Temperatur in °C unter Nutzung des post-Moduls grafisch dar. Überlegen Sie sich im nächsten Schritt, wie sich die wichtige Prozessgröße  $\Delta T_{40-60}$  präzise berechnen lässt!
- 3.3. Führen Sie die gleichen Berechnungen wie unter 3.1 und 3.2 für die Mg-Legierung „AZ91“ durch, ebenfalls mit der Datenbank „SSOL4“.

#### TEIL B: Fe-Legierungen

- 3.4. Verwenden Sie für den Stahl X220CrVMo13-4 die Datenbank TCFE10 und berechnen damit  $T_{liq}$  und  $T_{sol}$  basierend auf der nominellen Zusammensetzung, die Ihnen aus der Vorlesung bekannt ist.
- 3.5. Berechnen Sie im zweiten Schritt  $V_{V,liq}$  als  $f(T)$  und vergleichen die Ergebnisse mit denen aus dem Aufgabenteil A. Was fällt Ihnen auf?