SFB 1120

Jahresbericht

Teilprojekt/Arbeitskreisgruppe B7

Titel
Mehrskalige thermomechanische Simulation der fest-flüssig Interaktionen bei der Erstarrung

Projektleitung/-bearbeitung
Apel, Markus; Laschet, Gottfried; Berger, Ralf; Böttger, Bernd
Access

Aufgabenstellung
Der Schwerpunkt der Arbeiten lag auf der Entwicklung relevanter Simulationsszenarien für die Berechnung der Erstarrungsmorphologie einer A356 Aluminiumlegierung. Verschiedene fest-flüssig Zustände werden hinsichtlich ihrer Eigenschaften analysiert, z. B. ihrer Permeabilität für durchströmende Schmelze. Zur quantitativen Beschreibung der simulierten Gefüge müssen zunächst geeignete Auswertetools entwickelt werden.
In Zusammenarbeit mit den Teilprojekten B9 (skalenübergreifende Simulation), A5 (TLP-Löten) und B4 (Kunststoff-Spritzguss) werden die in diesem TP entwickelten Simulationsmethoden auf andere Materialien und Prozesse angewendet.

Vorgehensweise
Die Simulationsrechnungen zur Erstarrung von A356 werden mit Hilfe eines allgemeinen Multiphasen/Multikomponenten Phasenfeldmodells durchgeführt. Thermodynamische Materialgrößen werden basierend auf einer thermodynamischen Datenbank für technische Aluminiumlegierungen berechnet. Dies erlaubt eine quantitative Simulation für verschiedene Legierungszusammensetzungen. Der gleiche Ansatz wird auch bei der Simulation des Lötens verwendet.
Die Methode der mathematischen Homogenisierung wurde zur Berechnung der anisotropen Wärmeleitung in teilkristallinen Kunststoffen eingesetzt, da hier der Wärmeleitungskoeffizient von der Mikrostruktur abhängig ist. Im weiteren Projektverlauf soll die mathematische Homogenisierung auch zur Berechnung der Permeabilität weiterentwickelt werden.

Ergebnisse

Beispielhaft ist in Abb. 1 die simulierte dendritische Erstarrung für verschiedene Temperaturgradienten G gezeigt.

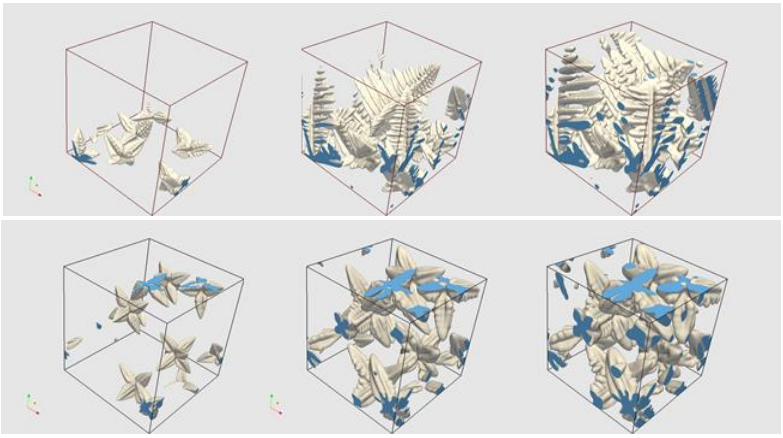

Abb. 1: Dendritische Erstarrungsmorphologie in A356: G=50K/cm (oben), G=0K/cm (unten).

Abb. 2 zeigt eine Auswertung des Oberfläche zu Volumen Verhältnisses S_V in Abhängigkeit des Anteils fester Phase. S_V ist eine wichtige Eingangsgröße zur Berechnung der Permeabilität nach einem Modell von Carman-Kozeny. Für die gezeigten Strukturen konnte die anisotrope Permeabilität über die numerische Lösung der Navier-Stokes Gleichung berechnet werden, Ergebnisse für eine ungerichtete Erstarrung sind in Abb. 3 gezeigt.

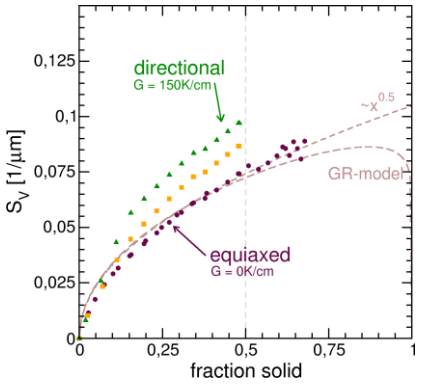

Abb. 2: Spezifische Oberfläche für verschiedene Erstarrungsgefüge.

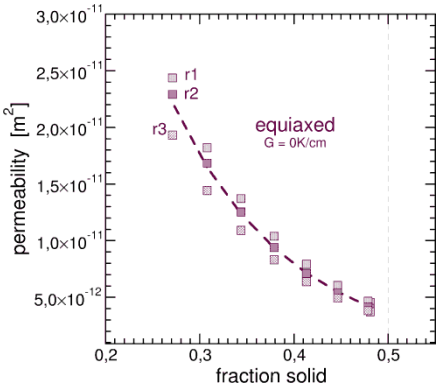

Abb. 3: Berechnete Permeabilitäten für ein äquiaxiales Gefüge.

Zusammenfassung und Ausblick

Für unterschiedliche Gefügemorphologien konnten erste Berechnungen des Permeabilitätstensors erfolgreich

durchgeführt werden. Sie zeigen, dass die Permeabilität nicht nur eine einfache Funktion des Festphasenanteils ist, sondern von der Erstarrungsmorphologie abhängt. Die Zusammenhänge zwischen Morphologie und Permeabilität sollen im weiteren Projektverlauf quantifiziert werden. Mit diesen Ergebnissen soll im Zusammenspiel mit TP B9 bewertet werden, in welchem Maße die Eigenschaften der Mikrostruktur für eine präzisere Prozesssimulation berücksichtigt werden müssen.

Veröffentlichungen

- Bobzin et al, DVS Congress, Nürnberg 2015. Vortrag mit Konferenzpaper
- Böttger et al, JOM, accepted for publication

- Spekowius et al., 3th YIC Conf., Aachen July 2015. Vortrag ohne Paper
- R. Berger, M. Apel, Materials Processing and Product Engineering Conference, Leoben, Nov. 2015, Vortrag ohne Paper