

Teilprojekt B9

Titel

Thermomechanische Mehrphasensimulation mit lokaler Berechnung von Werkstoffeigenschaften zur Vorhersage und Minimierung des Verzugs von Gussbauteilen

Projektleitung/-bearbeitung

Bührig-Polaczek, Andreas, Prof. Dr.-Ing.
Gießerei Institut - Projektleitung

Vossel, Thomas M.Sc.
Gießerei Institut - Projektbearbeitung

Aufgabenstellung

- Abschluss Benchmarktest Simulationen für Kornstrukturmodellierung
- Entwicklung eines Modells für den Wärmeübergang
- Entwicklung eines äquiauxialen Keimbildungsmodells
- Implementierung eines Thermomechanikmodells

Vorgehensweise

- Abschluss Benchmarktest Simulationen für Kornstrukturmodellierung

Der im Vorjahr begonnen Import der CAD Daten und der Aufbau des Simulationsprojektes inklusive zugehöriger Randbedingungen und Interaktionen wurden finalisiert. Eine Unterscheidung zwischen Aufheizvorgang und anschließender Erstarrung mit durch Schmelze gefüllt Kavität wurde durch die Simulation zwei aufeinanderfolgender Phasen realisiert.

- Entwicklung eines Modells für den Wärmeübergang
Zunächst wurde die Phänomenologie für die bei Gießprozessen relevanten Effekte des Wärmeübergangs untersucht. Dazu wurde eine Literaturrecherche durchgeführt, um den Stand der Technik bestehende Ansätze und Modelle betreffend zu klären. In Kooperation mit Teilprojekt B6 wurden geeignete Ansätze diskutiert und ausgewählt. Da ein Modell, das die Gesamtheit der

Effekte bei einem Gießprozess abdeckt, in der gewünschten Form in der Literatur bislang noch nicht beschrieben wurde, mussten die geeigneten Teilmodellierungen in ein zu entwickelndes Gesamtmodell einfließen.

Softwareseitig wurden entsprechende Schnittstellen und Routinen vorbereitet, mit denen das erarbeitete Wärmeübergangsmodell umgesetzt werden soll.

In Rücksprache mit den Industriepartnern wurde weiterhin der Einfluss von in Gießereiprozessen üblichen Schichten als wesentlicher Einflussfaktor identifiziert. Die weitere Finalisierung des geplanten Übergangsmodells soll diesen Einfluss insbesondere berücksichtigen.

➤ Entwicklung eines äquiaxialen Keimbildungsmodells

Basierend auf den entwickelten Routinen zur Freisetzung latenter Wärme wurden die grundlegenden Algorithmen des äquiaxialen Keimbildungsmodells für eine AlSi7Mg0,3 Schmelze implementiert. Diese beruhen auf einem unterkühlungsbasierten Ansatz, der die sich ergebenden Keimdichten bzw. Korngrößen vorhersagt wie auch den während der Erstarrung im jeweiligen Zeitschritt gebildeten Festphasenanteil.

➤ Implementierung eines Thermomechanikmodells

Als Basis für komplexere Mechanikmodelle wurde zunächst die Physik hinter der Mechanik für einen elastischen Werkstoff innerhalb der FEM Simulation implementiert. Dies fand in Form einer UMAT Routine zur Anpassung der Werkstoffgesetze in Abaqus statt.

Ergebnisse

➤ Abschluss Benchmarktest Simulationen für
Kornstrukturmodellierung

Die angestrebte Simulation konnte erfolgreich umgesetzt werden und liefert Daten für die Entwicklung der Temperaturfelder innerhalb der jeweiligen Geometrien. Beim Vergleich mit experimentell gemessenen Messwerten zeigte sich eine Diskrepanz zwischen Simulationsergebnissen und aufgenommenen Messdaten. Die simulierte Temperaturentwicklung zeigte schnell eine zu hohe Abnahme der Temperaturwerte im Vergleich zum Experiment. Dies ließ sich auf die rein thermische Natur der Simulation zurückführen, da ohne Berücksichtigung der Thermomechanik alle sich

berührenden Körper stets in vollem Kontakt zueinander stehen. Durch Volumenschwund während der Erstarrung kommt es jedoch zu Spaltbildungen zwischen Gussteil und Formwand, wodurch der Wärmeübergang im Vergleich zu einem direkten Kontakt merklich verringert wird, wodurch sich geringere Wärmeentzugsraten ergeben, was von der rein thermischen Simulation phänomenologisch nicht abgebildet wird.

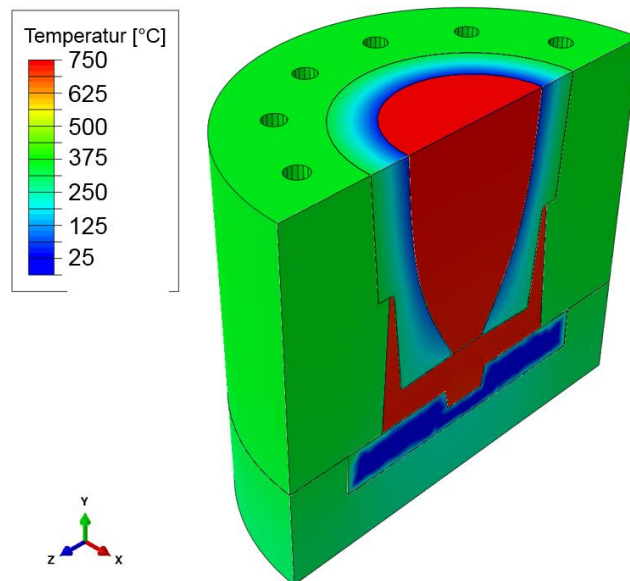


Abbildung 1: Thermische Simulation Benchmarktest
Kornstrukturmodellierung

➤ Entwicklung eines Modells für den Wärmeübergang

Das entwickelte Modell betrachtet den fest-flüssig und fest-fest Kontakt zwischen zwei mikroskopisch rauen Oberflächen. Betrachtet werden die kontaktdruckabhängige Verformung der Oberflächen und die sich damit verändernden Kontaktbedingungen. Weiterhin werden die Effekte von mikro- wie auch makroskopischen Gasspalten zwischen den Kontaktflächen berücksichtigt.

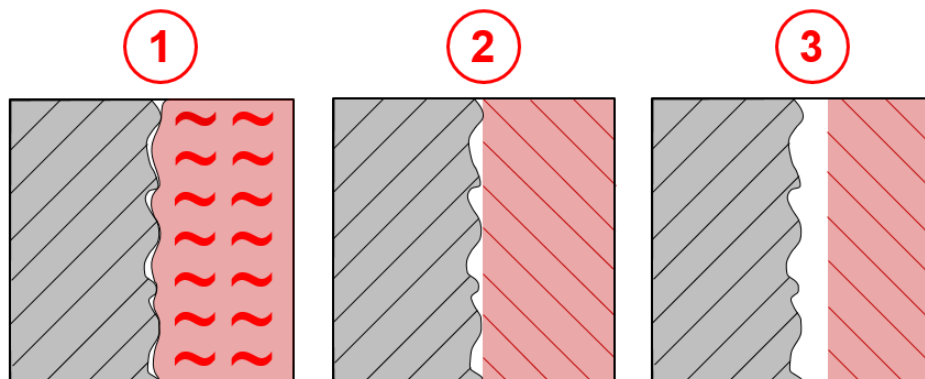


Abbildung 2: Berücksichtigte Kontaktsituationen für Wärmeübergang; 1) Zone mit Schmelzekontakt; 2) Zone mit Aufschumpfung; 3) Zone mit Spaltbildung

➤ Entwicklung eines äquiauxialen Keimbildungsmodells
Fortran Routinen zur Modellierung der Bildung und des Wachstums von äquiauxialen Keimen während der Erstarrung wurden implementiert. Das Modell basiert auf einem unterkühlungs-basierten Ansatz nach Rappaz und wurde für die Anwendung einer AlSi7Mg0,3 Legierung entwickelt, deren primäre und eutektische Erstarrung berücksichtigt wird.

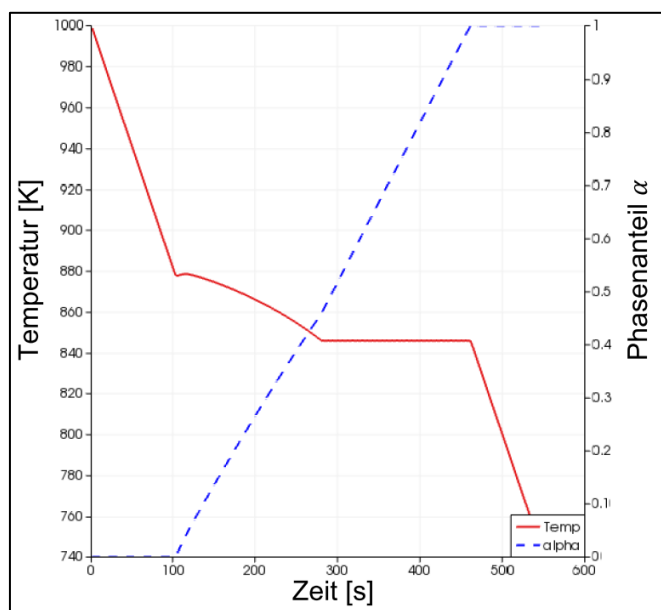


Abbildung 3: Abkühlkurve äquiauxiales Keimbildungsmodell

➤ Implementierung eines Thermomechanikmodells

Die implementierte Simulationsroutine für ein rein elastisches Werkstoffgesetz wurde für den Testfall eines einer Last ausgesetzten Balkens angewendet und mit der in Abaqus integrierten Umsetzung eines entsprechenden Werkstoffgesetzes verglichen. Die entwickelte UMAT Routine lieferte zu den originären Abaqus Routinen identische Ergebnisse für Spannungen und Verformung.

Zusammenfassung und Ausblick

Die durchgeführten Arbeiten bilden die Basis, auf der die geplanten Kooperationen mit anderen Teilprojekten durchgeführt werden und aus denen die vorgesehenen Veröffentlichungen generiert werden können. Dazu wird der vom Teilprojekt B8 entwickelte Versuchsstand als Abaqus Simulationsprojekt via der von B8 gelieferten CAD Daten umgesetzt, um die Vorgänge während der Erstarrung der abgegossenen Legierung simulieren zu können und Vergleichsdaten zu erzeugen. Im Rahmen dieser Simulationen wird das entwickelte Keimbildungsmodell zum Einsatz kommen, um sowohl die unterkühlungsbedingte Keimbildung samt der zugehörigen Freisetzung an latenter Wärme abzubilden. Das Wärmeübergangsmodell soll den zugehörigen Wärmetransfer über die mikroskopisch rauen Oberflächen nachbilden. Zunächst nur auf Basis rein thermischer Simulationen. Im weiteren Verlauf des Projekts wird hierbei unter Anwendung der Thermomechanik auch eine schrumpfungs- bzw. verzugsbedingte Spaltbildung mit einfließen, die von den entsprechend implementierten Modellen phänomenologisch vom Wärmeübergangsmodell auch abgedeckt und berücksichtigt werden kann.

Veröffentlichungen

-