

FLOWSICONS - II

Flow - solidification interaction under controlled convective conditions - Phase II

Programm / Ausschreibung	FinVn 22/23, Weltraum, ASAP Ausschreibung 2022	Status	laufend
Projektstart	01.07.2024	Projektende	31.12.2027
Zeitraum	2024 - 2027	Projektlaufzeit	42 Monate
Keywords	solidification; microgravity; microstructure; convection; macrosegregation		

Projektbeschreibung

Motivation: Das internationale Projekt MICAST wurde von der Europäischen Weltraumorganisation (ESA) etabliert, um die Auswirkungen der Strömung auf das Erstarrungsgefüge mit Experimenten (SCI-ESA-HRE-ESR-MSL Batch3a) im Materials Science Laboratory an Bord der Internationalen Raumstation (ISS) zu untersuchen. Zwischen Jan.-März. 2022 wurden 6 Experimente (von 10 geplanten) auf der ISS durchgeführt und die zur Erde zurückgebrachten Erstarrungsproben werden derzeit untersucht. Das FLOWSICONS - II ergänzt das MICAST und verwendet ein Mehrphasen-Erstarrungsmodell, wie es vom PI entwickelt wurde, um diese Experimente zu „reproduzieren“ und somit die Bildung von Gussgefüge und Makroseigerung unter kontrollierten Strömungsbedingungen zu erklären.

Stand der Technik: Die Einflussnahme der Strömung auf das Gussgefüge und Seigerung ist ein ungelöstes Problem in der Erstarrungsphysik. In der ersten Projektphase (Okt. 2017 - Dez. 2020, FLOWSICONS - I) wurde ein Mehrphasen-Erstarrungsmodell für die vom MICAST-Team entworfenen Erstarrungsexperimente (Batch 1 & 2) implementiert. Die neuen Experimente (Batch3a) betrachteten Mehrkomponentenlegierungen (Al-Si-Cu-Fe), und die Bildung intermetallischer Phasen unter Strömungsbedingungen und stellt eine Herausforderung für das numerische Modell dar.

Projektziele: Basierend auf den Erstarrungsexperimenten an Bord ISS werden neue Erkenntnisse über die grundlegende Physik der Wechselwirkung zwischen Strömung und Erstarrung gewonnen, um ein Mehrphasen-/Mehrkomponenten-Erstarrungsmodell zu erstellen, zu verifizieren und zu verbessern. Das übergeordnete Ziel ist es, das Anwendungspotential der gewonnenen Erkenntnisse zum Recycling der Aluminiumlegierungen zu erkunden und somit die Klimaneutralität zu unterstützen.

Methoden: (i) Das bestehende Mehrphasen-Erstarrungsmodell wird verfeinert, um die Bildung von intermetallischen Phasen in Mehrkomponentenlegierungen zu behandeln; (ii) Das Modell muss anhand der MSL-ISS MICAST-Experimente (Batch3a) sowohl unter diffusiven (Mikrogravitation) als auch unter erzwungenen Strömungsbedingungen (RMF) verifiziert werden; (iii) Ein Vergleich mit den Bodenexperimenten des MICAST-Teams wird ebenfalls vorgenommen.

Erwartete Ergebnisse: (i) Numerische Simulation von MSL-ISS MICAST-Experimenten (Batch3a) und begleitenden

Bodenexperimenten; (ii) Neue Erkenntnisse über die Bildung von Mikrostrukturen (einschließlich intermetallischer Phasen) und Makroseigerung unter kontrollierten Strömungsbedingungen; (iii) Vorschlag für eine mögliche Anpassung der bevorstehenden Experimente (verbleibende 4 Proben von Batch3a), die für 2024/2025 geplant sind.

Innovationen: Die folgenden Modellierungsfähigkeiten würden das Gebiet der Erstarrung und Modellierung anführen: (i) Bildung der Gussgefüge in Mehrkomponentenlegierungen mit der Bildung von intermetallischen Phasen, (ii) Effekt von Strömung, insbesondere erzwungener Strömung, auf die Bildung der Gussgefüge und Makroseggregation. Die quantitative Beschreibung der Strömung-Erstarrungs-Wechselwirkung würde den Stand der Technik in der Erstarrungsforschung erweitern und ist von großer technologischer Bedeutung.

Abstract

Motivation: An international project MICAST was established by the European Space Agency (ESA) to study the flow effect on the solidification microstructure with the well-controlled experiments (SCI-ESA-HRE-ESR-MSL Batch3a) in Materials Science Laboratory aboard of the International Space Station (ISS). Recently, Jan.-Mar. 2022, 6 experiments (out of 10 planned) were performed in the ISS, and the solidification samples are transported to the ground and subject to 'postprocessing'. The FLOWSICONS - II complements the MICAST and uses/refines a multiphase volume-average based solidification model, as developed by the PI, to 'reproduce' those experiments, hence to explain the formation of microstructure and macroseggregation under the controlled flow conditions.

State-of-the-art: Impact of the flow on the formation of microstructure and macroseggregation in the cast products remains mysterious. In the previous project phase (FLOWSICONS, Oct. 2017 - Dec. 2020), a multiphase volume-average based solidification model has been implemented for the solidification experiments as designed by the MICAST team (Batch 1 & 2). The new experiments (Batch3a) considered multicomponent alloys (Al-Si-Cu-Fe), and the formation of intermetallic phases under flow condition is challenging to the numerical model.

Goal of the project: Based on the onboard solidification experiments, new knowledge about the fundamental physics of the flow-solidification interaction will be obtained, hence to establish, verify and improve a multiphase/multicomponent solidification model. The ultimate goal is to explore the application potential of obtained knowledge to recycle the aluminium alloys, hence to assist the climate neutrality.

Method: (i) The existing multiphase volume-average based solidification model is subject to refinements for dealing with the formation of intermetallic phases in multicomponent alloys; (ii) The model needs to be verified against the MSL-ISS MICAST experiments (Batch3a), under both diffusive (microgravity) and forced flow conditions (rotating magnetic field); (iii) Comparison with the ground experiments of the MICAST team will be made as well.

Expected result: (i) Numerical simulation of MSL-ISS MICAST experiments (Batch3a) and accompanying ground experiments; (ii) New knowledge about the formation of microstructure (including intermetallic phases) and macroseggregation under the controlled flow conditions; (iii) Suggestion for possible adaptation of the upcoming experiments (remaining 4 samples of Batch 3a), which are scheduled for 2024/2025.

Level of innovation: Following modelling features/abilities would lead the field of solidification and modelling: (i) formation of

as-cast microstructure in multicomponent alloys with the formation of intermetallic phases, (ii) flow effect, especially forced flow, on the formation of microstructure and macrosegregation. The ability to describe the flow-solidification interaction in quantitative manner would go beyond the state-of-the-art in the solidification research field and is of great technological importance.

Projektpartner

- Montanuniversität Leoben Lehrstuhl für Modellierung und Simulation metallurgischer Prozesse