

## **FLOWSICONS - II**

Flow - solidification interaction under controlled convective conditions - Phase II

Programm / Ausschreibung	Weltraum, 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 Anwendungspo-tential 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 Makrosegregation. 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 macrosegregation under the controlled flow conditions.

State-of-the-art: Impact of the flow on the formation of microstructure and macrosegregation 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 es-tablish, 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 macrosegregation 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