PlasmArc4Green

Simulation, Modelling and Monitoring of Plasma and Arc based Processes for Green Metal Production

Programm / Ausschreibung	FinVn 22/23, Kooperationsstrukturen, COMET Module Ausschreibung 2022	**Status**	laufend
Projektstart	01.07.2024	**Projektende**	30.06.2028
Zeitraum	2024 - 2028	**Projektlaufzeit**	48 Monate
Keywords	electric arc, thermal plasma, magnetohydrodynamics simulation, in-situ measurement, hydrogen plasma smelting reduction		

Projektbeschreibung

Das Ziel des COMET-Moduls PlasmArc4Green ist die Entwicklung numerischer Modellierungs- und experimenteller Überwachungswerkzeuge für die genaue Vorhersage von Lichtbogenplasma basierten Metallherstellungsprozessen. Vision und Motivation liegen in der umfassenden Beschreibung und detaillierten Modellierung der noch ungeklärten Plasmaströmungsphänomene. Da sich der Hauptteil der Forschung weltweit auf die Plasmaströmung selbst konzentriert, fehlt es an der Modellierung der Plasmawechselwirkungen mit der Umgebung, und genau darauf wird sich unsere Forschung konzentrieren.
Das besondere Interesse an der Plasmaströmung ergibt sich aus seinem großen Potenzial, brennstoffbasierte Prozesse zu ersetzen und zur Schlüsseltechnologie zur Reduzierung von CO2-Emissionen in der Metallherstellung zu werden. Die Metallindustrie ist als einer der Hauptverursacher von Treibhausgasemissionen bekannt, wobei CO2 der Hauptschadstoff ist, daher besteht ein dringender Bedarf an innovativen Lösungen zur Reduzierung der CO2-Emissionen. Um dieses Problem anzugehen, ist die Entwicklung CO2-neutraler Metallproduktionsprozesse unerlässlich. Aus diesem Grund steigt die Nachfrage nach detaillierten Modellen und Messtechniken, die bessere Einblicke geben, deutlich an.
Das COMET-Modul PlasmArc4Green ist in 6 Projekten organisiert. In Projekt 1 werden die Plasmaeigenschaften und -dynamik untersucht. Dazu gehören das Verlassen des lokalen thermischen Gleichgewichts, die Beschreibung temperaturabhängiger Plasmaeigenschaften für verschiedene Gasgemische bis 50 000 K und die Lichtbogendynamik bei sehr hohen elektrischen Strömen. Projekt 2 befasst sich mit der Plasmawechselwirkung mit Festkörpern. Die Hauptaufgabe besteht darin, die Wechselwirkung des Hochstrom-Lichtbogens mit der Kathode zu verstehen und zu beschreiben, was eine genaue Untersuchung der Plasma-Randschicht und des Auftreffpunkts des Lichtbogens auf der Kathode erfordert. Im Projekt 3 liegt der Forschungsschwerpunkt auf den Plasmawechselwirkungen mit der Flüssigkeit, die in Form des Schmelzbades in metallurgischen Anwendungen vorliegt. Der Fokus liegt dabei auf der korrekten Beschreibung der Anodenrandschicht und der konsistenten Modellierung von Stofftransport und chemischen Reaktionen an der Flüssigkeitsoberfläche. Ziel des Projektes 4 ist die experimentelle Datenerfassung. Die Entwicklung neuer Messtechniken für industrielle Anwendungen ist nicht nur für die Validierung von Simulationsmodellen, sondern auch für die quantitative Prozessüberwachung notwendig. In Projekt 5 werden die entwickelten numerischen Modelle auf industrielle Prozesse angewendet. Diese Prozesse werden normalerweise durch Ausprobieren entwickelt, was oft ein sehr teures und langwieriges Unterfangen ist. Zuverlässige

numerische Simulationsmethoden werden sowohl die Entwicklungszeit als auch die Kosten solcher Prozesse verringern. Schließlich werden wir in Projekt 6 eine zentrale Datenmanagementplattform zur Speicherung von Simulations- und Sensordaten entwickeln. Ein geregelter Datenaustausch zwischen Simulationen und Messungen muss definiert werden, um das Wissen zu bewahren und für zukünftige Forschungen verfügbar zu machen.
Das Modul basiert auf einem interdisziplinären Konsortium aus herausragenden nationalen und internationalen Wissenschafts- und Unternehmenspartnern aus den Bereichen Prozessmetallurgie, Simulation und Modellierung metallurgischer und mehrphasiger Strömungen sowie der Plasmawissenschaft. Zusammen mit den Zentrumskompetenzen wird PlasmArc4Green zur Entwicklung von Plasmamodellen beitragen, um Prozessparameter zu optimieren und Verbesserungspotentiale zu identifizieren. Wir werden neue Einblicke in Phänomene schaffen, die für die Leistung der relevanten Prozesse von entscheidender Bedeutung sind. Mit den neuen Erkenntnissen werden wir dazu beitragen, Herausforderungen zu meistern, die angegangen werden müssen, um die Klimaneutralität bis 2050 und darüber hinaus zu erreichen.

Abstract

The goal of the proposed COMET Module PlasmArc4Green is to develop numerical modelling and experimental monitoring tools for the accurate performance prediction of arc plasma-based metal production processes. The vision and motivation lie in comprehensive description and detailed modelling of plasma flow phenomena which are yet not well understood. As the main body of research worldwide concentrates on the plasma flow itself, there is an inherent lack of modelling of the plasma interactions with its surroundings, and this is exactly what our research will be focused on.
The special interest in plasma flow is caused by its great potential to replace fuel-based processes and to become the key technology for reducing CO2 emissions in metal production. The metals industry has long been recognized as one of the major contributors to greenhouse gas emissions, with CO2 being the primary pollutant, thus there is an urgent need to find innovative solutions to reduce CO2 emissions. To address this issue, the development of sustainable and CO2-neutral metal production processes is essential. This is the reason why the demand for detailed models and measurement techniques that give better insight is increasing significantly.
The COMET Module PlasmArc4Green is organised in 6 projects. In Project 1 the bulk plasma properties and dynamics will be studied. This includes the departure from local thermal equilibrium (LTE), studying and description of temperature dependent plasma properties for different gas mixtures up to 50 000 K, and the electric arc dynamics at very high applied electric currents. Project 2 covers the interaction of plasma with the solid-state matter. The main task here is to understand and describe the interaction of high current electric arc with the cathode, which includes close study of near-electrode physics (the cathode sheath) and the arc attachment to the cathode. In Project 3, the focus of research will be on the interactions between plasma and the liquid state, which is present in the form of the molten metal bath in metallurgical applications. Thus, the anode is the liquid bath surface, which represents a moving boundary. This poses a huge modelling challenge. The focus will be on the proper description of the anode sheath and the consistent modelling of mass transfer and chemical reactions at the liquid surface. The aim of the Project 4 is the experimental data acquisition. The development of new measurement techniques for real industrial applications is necessary not only for the validation of simulation models, but also for the quantitative process monitoring. In Project 5, the developed numerical models will be applied to real industrial processes. These processes are usually developed on a trial-and-error basis, which is often a very expensive and long-lasting endeavour. Reliable numerical simulation methods will decrease both the development time and costs of such processes. Finally, in Project 6 we will develop a central data management platform for storing simulation and sensor data. Also, a regulated data exchange between simulations and experimental monitoring must be defined for knowledge

preserving and making it readily available for future research.
The module is based on an interdisciplinary consortium comprising outstanding national and international scientific and company partners in the areas of process metallurgy, simulation and modelling of metallurgical and multiphase flows, and plasma science. Together with the centre’s competences, PlasmArc4Green will contribute to plasma model development for optimising process parameters and identifying potential areas for improvement. More specifically, we will create new insights into phenomena of crucial importance for performance and effectiveness of the relevant processes. With the new findings we will be prepared and help overcome challenges that need to be tackled to reach climate neutrality until 2050 and beyond.

Projektkoordinator

- K1-MET GmbH

Projektpartner

- Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO)
- Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie e.V.
- Max-Planck-Institut für Nachhaltige Materialien Gesellschaft mit beschränkter Haftung
- Montanuniversität Leoben Lehrstuhl für Eisen- und Stahlmetallurgie
- Montanuniversität Leoben Lehrstuhl für Modellierung und Simulation metallurgischer Prozesse
- Montanwerke Brixlegg Aktiengesellschaft
- Primetals Technologies Austria GmbH
- RHI Magnesita GmbH
- Technische Universität Bergakademie Freiberg Institut für Nichteisen-Metallurgie und Reinststoffe
- University of Oulu Process Metallurgy Research Unit
- Universität Linz Department of Particulate Flow Modelling
- voestalpine Stahl Donawitz GmbH
- voestalpine Stahl GmbH