

OpTwinFlow

Optimization of steelmaking processes with flow based digital twins and advanced data analyses

Programm / Ausschreibung	Produktionstechnologien, Produktionstechnologien, Schlüsseltechnologien für nachhaltige Produktion Ausschreibung 2022	Status	laufend
Projektstart	01.04.2023	Projektende	31.03.2026
Zeitraum	2023 - 2026	Projektlaufzeit	36 Monate
Keywords	Strömungssimulation; Prozessoptimierung; Stahlindustrie; Dekarbonisierung; Digitale Transformation		

Projektbeschreibung

AUSGANGSSITUATION

Angesichts der Klimakrise steht auch die Stahlindustrie vor einem Umbruch – die kohlebasierte Hochofenroute wird sukzessive durch die CO₂-arme Elektrostahlroute ersetzt. Diese Änderung führt zu einer breiten Streuung der Rohstahlzusammensetzungen und dementsprechend zu einer erhöhten Nachfrage nach Veredelungsverfahren in der Sekundärmetallurgie, wie beispielsweise dem Ruhrstahl-Heraeus (RH)-Verfahren. Eine Optimierung dieser Prozesse, insbesondere der Prozesszeiten, wird daher immer mehr gefordert und birgt ein großes Einsparpotenzial an CO₂ und Energie und ist daher für den Umstieg auf eine nachhaltige Stahlproduktion von entscheidender Bedeutung.

Der Prozessfortschritt in einer RH Anlage ist nur sehr schwer messtechnisch oder durch begleitende numerische Simulationen darstellbar. Während auf der einen Seite dicke Ummauerungen und hohe Temperaturen eine direkte Messung der prozessbestimmenden Stahlströmung verhindern, bedingen auf der anderen Seite klassische numerische Simulationen lange Rechenzeiten, die begleitende Simulationen unmöglich machen. Der Prozess wird daher derzeit nur auf Basis von Rezepten mit festen Behandlungszeiten gesteuert, wobei vorhandene Sensordaten, die Aufschluss über den Fortschritt geben könnten, vernachlässigt werden.

In Vorprojekten der Antragsteller wurden neue Methoden für eine bessere Beobachtbarkeit des RH Prozesses entwickelt. Zum einen wurden bestehende klassische Stahl-Probeentnahmen um stoffliche Abgasanalysen sowie eine Videoanalyse der Badoberfläche erweitert und zum anderen wurden datenbasierte Echtzeit-fähige Simulationen entwickelt, die im nächsten Schritt parallel zum aktuellen Prozess ablaufen könnten.

ZIELE UND INNOVATIONSGEHALT

Ziel dieses Projektes ist es, die Informationen über die aktuellen Prozessbedingungen zu verbessern. Dies wird durch eine Verbesserung der Datenauswertung bestehender Sensordaten, durch eine Verbesserung der Sensordatenqualität und durch die Entwicklung eines digitalen Zwillings erfolgen, der Einblick in nicht messbare Prozessparameter gewährt.

Die vorhandenen Sensordaten stammen aus unterschiedlichen Quellen wie dem Abgasmesssystem, dem Hydrauliksystem oder dem Argon-Einblasesystem. Darüber hinaus werden Kameras eingesetzt, um das Innere der Vakuumkammer und die

äußere Umgebung zu überwachen. Im Rahmen dieses Projekts werden die Daten verwendet, um so viele Informationen wie möglich über den Prozessstatus zu extrahieren. Dies beinhaltet die Entwicklung von physikalischen und datengetriebenen Modellen. Gegebenenfalls werden zusätzliche Sensoren oder die Verbesserung wichtiger Sensoren vorgeschlagen.

Damit wird eine standardisierte Schnittstelle zu begleitenden Echtzeit-Strömungssimulationen geschaffen, die - derart mit aktuellen Anlagendaten synchronisiert - den Prozessfortschritt hochauflösend darstellen können.

Die Entwicklung digitaler Zwillinge ist insbesondere für Stahlwerksprozesse eine große Herausforderung, die einerseits auf komplexen Mehrphasenströmungen basieren und andererseits nur wenig Einblick in das tatsächliche Geschehen geben. Mit echtzeitfähigen Simulationen, die mit realen Prozessdaten kalibriert und synchronisiert werden, wollen wir dies im Zuge dieses Projektes ermöglichen.

Nach bestem Wissen der Antragsteller werden in diesem Projekt erstmalig hochauflösende Echtzeit-Strömungssimulationen mit einem komplexen metallurgischen Prozess synchronisiert ablaufen und neue bisher nicht beobachtbare virtuelle Daten zum RH Prozess (z.B. die stoffliche Homogenisierung der Stahlschmelze) liefern.

GEWÜNSCHTE ERGEBNISSE ODER ERGEBNISSE

Die erwarteten Ergebnisse dieses Projekts sind eine genauere Überwachung des RH-Prozesses, was zur Reduzierung der Prozesszeiten beiträgt. Diese Reduzierung führt zu einem geringeren Energieverbrauch, geringeren CO₂-Emissionen und reduziert die Anzahl der erforderlichen RH-Anlagen, um den gestiegenen Anforderungen gerecht zu werden.

Darüber hinaus wird branchenübergreifend anwendbares Grundlagenwissen über strömungsbasierte digitale Zwillinge und deren Einbindung in komplexe industrielle Prozesse geschaffen.

Insbesondere können die entwickelten Modelle und verwendeten Methoden für andere energieintensive Prozesse von Vorteil sein, die Gas-Flüssigkeits-Ströme beinhalten und ebenfalls schwer zu überwachen sind.

Abschließend wollen wir aus den komplexen messtechnischen und numerischen Daten eine Online-Extraktion prozessrelevanter globaler Parameter vornehmen und deren Vorhersagequalität abschätzen.

Abstract

INITIAL SITUATION

In view of the climate crisis, the steel industry is also facing upheaval - the coal-based blast furnace route is gradually being replaced by the low-CO₂ electric steel route. This change results in an increased variety of crude steel compositions and accordingly in an increased demand for refining processes in secondary metallurgy, such as the Ruhrstahl-Heraeus (RH) process. An optimization of these processes, especially the process times, is therefore increasingly required and holds a great potential for saving CO₂ and energy and is therefore of crucial importance for the transformation to sustainable steel production.

The process progress in an RH plant is very difficult to represent by measurements or by accompanying numerical simulations. While on the one hand thick walls and high temperatures prevent a direct measurement of the steel-flow that determines the process, on the other hand classic numerical simulations require long computing times that make accompanying simulations impossible. The process is therefore currently only controlled on the basis of recipes with fixed treatment times, neglecting existing sensor data that might provide information about the progress.

In preliminary projects by the applicants, new methods for better observability of the RH process were developed. On the one hand, existing classic steel sampling was expanded to include off-gas analyses and a video analysis of the bath surface, and on the other hand, data-based real-time capable simulations were developed that could run parallel to the current process.

GOALS AND INNOVATION CONTENT

The aim of this project is to improve the information about the current process conditions. This will be done by improving the data analysis of existing sensor data, improving sensor data quality and developing a digital twin that provides insight into non-measurable process parameters.

The existing sensor data comes from different sources such as the off-gas measurement system, the hydraulic system or the argon injection system. In addition, cameras are used to monitor the inside of the vacuum chamber and the external environment. As part of this project, the data will be used to extract as much information as possible about the process status. This includes the development of physical and data-driven models. If necessary, additional sensors or the improvement of important sensors are suggested.

This creates a standardized interface to the accompanying real-time flow simulations, which - synchronized with current process data - can display the progress of the process in high resolution.

The development of digital twins is a major challenge, especially for steelworks processes, which are based on complex multiphase flows on the one hand and give little insight into what is actually happening on the other. With real-time capable simulations, which are calibrated and synchronized with real process data, we want to make this possible in the course of this project.

To the best of the applicants' knowledge, for the first time high-resolution real-time flow simulations will be synchronized with a complex metallurgical process and will provide new, previously unobservable virtual data on the RH process (e.g. the homogenization of the steel melt).

DESIRED RESULTS OR FINDINGS

The expected outcome of this project is more accurate monitoring of the RH process, which will help reduce process times. This reduction results in lower energy consumption, lower CO₂ emissions and reduces the number of RH systems required to meet the increased demands.

In addition, fundamental knowledge about flow-based digital twins and their integration into complex industrial processes is created on a cross-sectorial basis. In particular, the developed models and the used methods can be beneficial for other energy-intensive processes that involve gas-liquid flows and are also difficult to monitor.

Finally, we want to carry out an online extraction of process-relevant global parameters from the complex sensor and numerical data and assess their prediction quality.

Endberichtkurzfassung

Im Rahmen von OpTwinFlow wurde ein digitaler Zwilling für einen Prozess der Sekundärmetallurgie in der Stahlerzeugung entwickelt. Möglich wurde dies durch eine Kombination aus verbesserten Sensordaten und Echtzeit-Strömungssimulationen. Dies soll zu einer besseren Prozesskontrolle führen, was wiederum eine Reduzierung des Ressourcen- und Energieverbrauchs ermöglicht. OpTwinFlow war ein wichtiger Baustein bei der Transformation hin zu grünen Stahlproduktionsprozessen.

Das erwartete Ergebnis von OpTwinFlow war eine genauere Überwachung des Ruhrstahl-Heraeus (RH)-Prozesses, was dazu beitragen kann, die Prozesszeiten zu verkürzen. Diese Reduzierung führt zu einem geringeren Energieverbrauch, geringeren CO₂-Emissionen und reduziert die Anzahl der erforderlichen RH-Anlagen, um den gestiegenen Anforderungen gerecht zu werden.

Darüber hinaus wurde branchenübergreifend grundlegendes Wissen über strömungsbasierte digitale Zwillinge und deren

Integration in komplexe industrielle Prozesse geschaffen. Insbesondere können die entwickelten Modelle und die verwendeten Methoden für andere energieintensive Prozesse von Vorteil sein, die Gas-Flüssigkeits-Strömungen beinhalten und ebenfalls schwer zu überwachen sind.

Projektkoordinator

- K1-MET GmbH

Projektpartner

- voestalpine Stahl GmbH
- Universität Linz