

K1-MET

Unternehmensübergreifendes Kompetenzzentrum für metallurgische und umwelttechnische Verfahrensentwicklungen

Programm: COMET – Competence Centers for Excellent Technologies

Programmlinie: K1-Zentren

COMET Teilprojekt, Dauer und Art des Projekts:

Schütttautmodellierung. 07/2015 – 06/2019. multi-firm

Direktreduktion von Eisenerz

Eisenerz wird für gewöhnlich durch Kohle (C, CO) oder Wasserstoff zu Eisenschwamm (DRI) reduziert. Während der vorigen K1-Met Periode wurde ein Einzelpartikelmodell für den Reduktionsprozess entwickelt und gegen Einzelpartikelmessungen validiert. In diesem Projekt werden wir ein umfassendes Modell für die Simulation der Direktreduktion von Eisenerz innerhalb von Wirbelschichten entwickeln. Hierbei wird die Hydrodynamik von polydispersen Wirbelbetten durch ein Hybridmodell erfasst, welches vor kurzem erfolgreich bei industriellen Wirblern sowie bei doppeldispersen Wirbelbetten angewendet wurde, während die Reduktionsmodelle auf Partikelbasis angewendet werden können.

Einleitung

Wirbel- und Wanderbettreaktoren sind eine der wichtigsten Technologien in mehreren Branchen der Prozessindustrie (Polymerproduktion, Kohlenstoffbindung, Direktreduktion von Eisenerz, Fluid Catalytic Cracking (FCC), Biomassereaktoren). Insbesondere ist seit Jahrzehnten bekannt, dass Eisen schnell und effizient aus Eisenträgermaterialien unter Verwendung solcher Vorrichtungen reduziert werden kann. Die primären Energiequellen und Reduktionsmittel sind CO und H₂, die schließlich als CO₂ bzw. H₂O in die Umwelt freigesetzt werden. Da die Eisenreduktion ungefähr 70 % der Energie während der Stahlerzeugung verbraucht, kann sie als Kernprozess in der Stahlindustrie betrachtet werden. Wegen der beschränkten Zugänglichkeit für Messungen sind Simulationsmethoden eines der wichtigsten Werkzeuge geworden, um Roheisenerzeugungsprozesse wie Hochöfen, FINEX-Wirbelbetten sowie Wanderbettreaktoren für Schachtöfen zu optimieren. Hier steht man vor zwei großen Herausforderungen. Einerseits muss die Hydrodynamik (d. h. Vermengung,

Gas-Feststoffkontakt) sowohl passend als auch effizient erfasst werden, da diese Prozesse üblicherweise Milliarden von Partikeln enthalten. Andererseits müssen die komplexen chemischen Prozesse, die die Reduktion von einzelnen Eisenerzpartikeln bestimmen, in einer solchen Simulation des Industrieprozesses berücksichtigt werden.

Numerische Simulation von polydisperssem Wirbelbett

In diesem Projekt haben wir eine Hybrid-Simulationsmethodik entwickelt, die aus einer Kombination zwischen einem getrennten Phasenmodell von Lagrangian (DPM) und einem grobkörnigen Zwei-Fluid-Modell (TFM) besteht, um daraus den Vorteil dieser beiden unterschiedlichen Formulierungen zu ziehen.

Abbildung 1 zeigt die Trennung in einem doppeldispersen Wirbelbett. Die numerischen Ergebnisse sind in ziemlich guter Übereinstimmung mit experimentellen Daten, jedoch erfordern diese wesentlich weniger Rechnerressour-

cen im Vergleich zu State-of-the-Art Modellierungsmethoden.

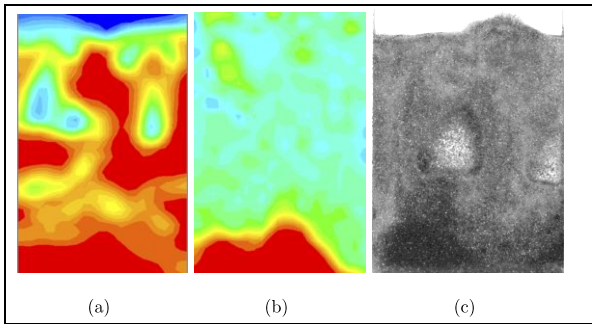


Abb. 1: Schnappschüsse von a) Feststoffvolumenanteil (blau: keine Partikel, rot: maximale Dichte), b) der Anteil an großen Partikeln und c) Fotografie des Experiments.

Direktreduktion von Eisenerz

Diese Hybridmethode ermöglicht weiters die effiziente Auswertung von Gas-Feststoffreaktionen auf einer Partikelebene mit DPM.

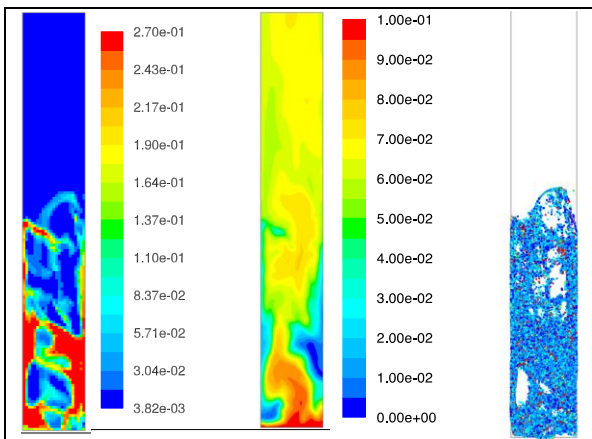


Abb. 2 links: Partikelvolumenanteil ; Mitte: Massenanteil von CO; rechts: Isotoppartikelfarbe von Eisenerz nach dem Grad der Reduktion.

Hier verwendeten wir ein Einzelpartikelmodell für die Direktreduktion von Eisenerz, das am Institut für Energiesysteme und Thermodynamik (TU Wien) im Rahmen der vorherigen K1-MET Periode entwickelt wurde. Zum Beispiel zeigt Abbildung 2 den Verbrauch von CO in einem Wirbelbett durch die Reduktion von Magnetit zu Hämatit, was im Laufe der Zeit zu einer Erhöhung des Reduktionsgrades führt (Abbildungen 2 und 3).

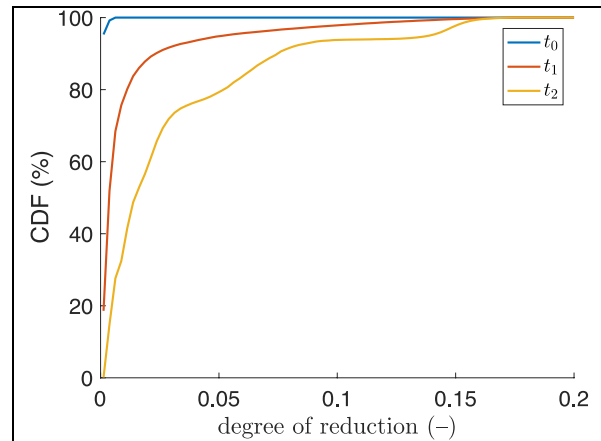


Abb. 3: Reduktionsgrad als Funktion der Zeit.

Einfluss und Auswirkungen

In diesem Projekt haben wir erfolgreich die wissenschaftlichen Arbeiten verschiedener K1-Met Partner kombiniert und ein Hybridmodell entwickelt, das die effiziente Auswertung der Hydrodynamik eines Wirbelbettes mit einer detaillierten Analyse von Reaktionen auf Partikelbasis kombiniert. Dies ermöglicht sehr effiziente Simulationen dieses mehrskaligen Prozesses. Es ist bemerkenswert, dass diese Methodik für unterschiedlichste Disziplinen außerhalb der Metallurgie, wie zum Beispiel in der Polymerindustrie, allgemein anwendbar ist.

Ein tieferes metallurgisches Verständnis der Reduktion von Eisenerz in Wirbelbetten ermöglicht wiederum die Gestaltung solcher Prozesse.

Kontakt und Informationen

Johannes Kepler Universität
 Institut für Strömungslehre und Wärmeübertragung
 Altenbergerstr. 69, 4040 Linz
 T +43/732/2468-6482
 E simon.schneiderbauer@jku.at, www.particulate-flow.at

Projektkoordinator
 Simon Schneiderbauer

Projektpartner

Organisation	Land
Johannes Kepler Universität	Österreich
TU Wien	Österreich
Primetals	Österreich

Weitere Informationen über COMET – Competence Centers for Excellent Technologies: www.ffg.at/comet
 Diese Erfolgsgeschichte wurde vom Konsortialführer / Zentrumsmangement für den Zweck einer Veröffentlichung auf der FFG Website zur Verfügung gestellt. FFG übernimmt keine Verantwortung für die Richtigkeit, Vollständigkeit und die Aktualität der angegebenen Informationen.