

Masterarbeit

Modellierung und Simulation des temperatur- und druckabhängigen Gasströmungsverhaltens in einer Hochtemperatur-Reaktorvorkammer in einem Flüssigmetall-Blasensäulenreaktor

Modelling & Simulation of temperature and pressure dependent gas flow behavior in a prechamber of a high temperature liquid metal bubble column reactor.

Wasserstoff ist eine der wichtigsten Grundchemikalien der chemischen Industrie und gewinnt durch die Europäische Wasserstoffstrategie zunehmend auch als Energieträger an Bedeutung. Die derzeit etablierten Herstellungsmethoden setzen allerdings beträchtliche Mengen an CO₂ frei. Mit der direkten thermischen Pyrolyse von Erdgas ist es jedoch möglich, Wasserstoff aus fossilen Energieträgern herzustellen, ohne direkte CO₂ Emissionen zu verursachen: Es entstehen gasförmiger Wasserstoff und fester Kohlenstoff. Kohlenstoff ist ein wertvoller Grundstoff für verschiedene Industriezweige und kann darüber hinaus sicher gelagert werden. Wasserstoff wiederum lässt sich als sauberer Energieträger im Strom-, Wärme- und Mobilitätsbereich nutzen oder in industriellen Prozessen einsetzen, beispielsweise bei der Herstellung von Stahl.

Im Karlsruher Flüssigmetalllabor (KALLA) wurde in den letzten Jahren daher ein Versuchsreaktor im Labormaßstab zur Methanpyrolyse aufgebaut. Dabei wurden für unterschiedliche Dispergierorgane der Blasensäule Vorkammern implementiert. Um den Einfluss der Vorkammern auf die Fluidmechanik wie auch auf die Reaktionskinetik im Reaktor zu bewerten, ist eine Aufklärung des Strömungs- und Wärmeübertragungsverhaltens der eingeleiteten Gase in der Vorkammer notwendig. Die Temperatur des Gases beim Eintritt in das flüssige Metall hat Einfluss auf den Methanumsatzgrad im Reaktor. Ebenfalls kann es in der Vorkammer bereits zu hier unerwünschter Pyrolyse kommen. Diese ist wiederum von der Gastemperatur in der Vorkammer und von der Verweilzeit abhängig. Die Verweilzeit ihrerseits hängt nicht nur vom Volumenstrom, Druck und Temperatur des Gases ab, sondern auch vom Strömungsverhalten in der Vorkammer.



Abbildung 1: Vorkammer eines Flüssigmetall-Blasensäulenreaktors.

Da eine direkte Beobachtung nicht möglich ist, soll eine Simulation basierend auf Messdaten der Pyrolyseexperimente erstellt werden. Dazu muss das System der Vorkammer zunächst modelliert und die Bilanzgrenzen festgelegt werden. Mit Hilfe dieses Modells soll untersucht werden, welche Einflüsse Reaktortemperatur, Vorkammerdruck, Volumenstrom und Gaszusammensetzung auf folgende Bedingungen haben: Gastemperatur beim Eintritt in die Schmelze, Temperaturverteilung in der Vorkammer und Strömungsverhalten des Gases in der Vorkammer (Wirbelbildung, Totzonen...).

Die Ergebnisse sind übersichtlich in einem Abschlussbericht darzustellen und nach Abgabe der Arbeit im Rahmen des Seminars für Thermische Verfahrenstechnik in einem Vortrag zu präsentieren und zu diskutieren.

Ausgabe der Arbeit: Nach Absprache
Abgabe der Arbeit:
Aufgabensteller: Prof. Dr.-Ing. Thomas Wetzel (TVT)
Betreuer: M.Eng. Christoph Hofberger (KALLA)
M.Sc Katharina Knapp (TVT)