Aufgabenstellung für Bachelor-/Masterarbeit

Numerische Simulation eines Wirbelschichtreaktors für die Kunststoffpyrolyse

Datum: ab sofort
Betreuer: Dr. Feichi Zhang, Dr. Salar Tavakkol
Aufgabensteller: Prof. Dr. Dieter Stapf

Hintergrundwissen

Studierende des Chemieingenieurwesens/Verfahrenstechnik (o.ä.) mit Interesse an numerischer Arbeit sowie mit Vorliebe für Programmierung. Kenntnisse in CFD, Simulation von Mehrphasenströmung, Wirbelschichttechnik können den Einstieg in die Arbeit erleichtern, sind aber nicht zwingend erforderlich.

Motivation

Die Kunststoffpyrolyse bietet eine Reihe von Vorteilen in Bezug auf die nachhaltige Bewältigung von Kunststoffabfällen, welches die Rückgewinnung von wertvollen Ressourcen aus Kunststoffabfällen ermöglicht. Durch die thermische Zersetzung von Kunststoffen in Abwesenheit von Sauerstoff entstehen flüssige oder gasförmige Produkte wie Pyrolyseöl. Diese Produkte können weiterverarbeitet und zur Herstellung von neuen Kunststoffen, Chemikalien oder anderen hochwertigen Produkten verwendet werden. Diese Technologie ermöglicht auch die Verarbeitung von Kunststoffen, die aufgrund ihrer Zusammensetzung oder Verschmutzung schwer mechanisch recycelbar sind. Dies umfasst gemischte Kunststoffabfälle, kontaminierte Kunststoffe oder Kunststoffe mit speziellen Eigenschaften, die eine mechanische Recyclingmethode erschweren. Die Entwicklung effizienter Pyrolysetechnologien erfordert ein tiefgreifendes Verständnis, welches durch experimentelle Untersuchung nur begrenzt möglich ist. Im diesen Sinne werden numerische Simulationen in dieser Arbeit eingesetzt, um einen hohen Detailgrad des Pyrolyseprozesses der Kunststoffabfälle in einem generischen Wirbelschichtreaktor zu erzielen.

Aufgabenstellung

Die Euler-Lagrange Methode ist für die Simulation der reagierenden Partikel-Gas Strömung in der Wirbelschicht anzuwenden. Ein vorhandener Löser im CFD Code OpenFOAM soll dafür eingesetzt werden, welcher die Partikel-Partikel Kollisionen, die Partikelklassenübergreifende Wärmeübertragung sowie die Pyrolysereaktion berücksichtigt. Der Fokus der Arbeit besteht darin, die Einflüsse der wichtigsten Betriebsparameter wie der Reaktortemperatur, der Leerrohrgeschwindigkeit, der Sandmasse, der Größe der Kunststoffpartikel sowie des Mischungsanteils von Kunststoff auf den Pyrolyseprozess zu untersuchen. Darüber hinaus ist das hydrodynamische Verhalten sowie dessen Einfluss auf den Aufheizvorgang der Kunststoffpartikel zu untersuchen. Anschließend soll die Folge des verstärkten Wärmetransports durch die hydrodynamische Wechselwirkung der Sand-Kunststoff-Gas Phasen auf die Pyrolysereaktion bzw. den Umsatzvorgang der Kunststoffpartikel abgeleitet werden. Die Korrelationen des hydrodynamischen Verhaltens, der Aufheizung der Kunststoffpartikel und des Pyrolyseprozesses mit den ausgewählten Betriebsparametern, sind quantitativ zu bestimmen. Die Ergebnisse aus der OpenFOAM Simulationen sind mit Rechenergebnissen aus vereinfachten 0D Modell zu vergleichen, um den Einfluss zwischen idealen und mehr realistischen Bedingungen auf die Simulationsergebnisse zu identifizieren.

Weitere Aufgaben können je nach Vorkenntnissen/Interessen der Studenten*innen mit Bezug auf Untersuchungen der Einflüsse von Hochskalierung, Kunststoffschmelze, detaillierter Pyrolyse-Kinetik und Stoßender Wirbelschicht gestellt werden.

Die Arbeit umfasst i.a. folgende Schritte:

1. Literaturrecherche und Einarbeiten in die benötigten Programmtools.
2. Erstellung der Geometrie und des Rechengitters für das Reaktorsystem.
3. Durchführung der Simulationen des Wirbelschichtreaktors für die kalte Strömungsbedingung auf den Hochleistungsrechnern am SCC/KIT.
4. Durchführung der Simulationen des Wirbelschichtreaktors für die reagierende Strömungsbedingung auf den Hochleistungsrechnern am SCC/KIT.
5. Darstellung und Auswertung der Ergebnisse, Vergleich mit vorhandenen Messung.
6. Ableitung einer Korrelation zwischen Ausbeute und Betriebsparametern.
7. Zusammenfassung der Arbeit und Präsentation.