

Thermochemische Speicherung und Transformation von Prozessabwärme: Modellierung und Modellvalidierung

Margarethe Molenda, Martin Bouché, Marc Linder, Antje Wörner

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Stuttgart, Deutschland

Thermochemische Energiespeicher basieren auf der Anwendung reversibler Reaktionen zur Speicherung thermischer Energie. Gas-Feststoff-Reaktionen zeichnen sich dabei durch hohe Reaktionsenthalpien und gut trennbare Produkte aus. Außerdem kann durch Anpassung des Gasdrucks die Ent- und Beladungstemperatur beeinflusst werden, wodurch der Prozess als Wärmetransformator fungieren kann. Hierbei wird der thermochemische Speicher auf einem höheren Temperaturniveau entladen, was insbesondere für Prozessabwärme interessant ist. Bisher wurden nur wenige Reaktionen für die Anwendung der thermochemischen Energiespeicherung hinreichend charakterisiert und das Funktionsprinzip demonstriert [1–3]. Für den relevanten Temperaturbereich von 100-200°C wurde das Reaktionssystem $\text{CaCl}_2/\text{H}_2\text{O}$ identifiziert.

Ziele

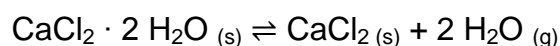
Anhand einer Modellierung der Vorgänge in einem Reaktor soll das Reaktordesign und die Prozessführung eines thermochemischen Wärmetransformators optimiert werden.

Methodik

Das Reaktionssystem $\text{CaCl}_2/\text{H}_2\text{O}$ wurde mittels Thermogravimetrie untersucht. Das thermodynamische Gleichgewicht der reversiblen Hydratation und dessen Zwischenprodukten wurde untersucht. Die Reaktionskinetik der Hin- und Rückreaktion wurde aus den dynamischen Messungen in der Thermoanalyse abgeleitet. Zudem wurden thermophysikalische Größen wie Wärmeleitfähigkeit und Permeabilität des Betts bestimmt und in ein Modell für das Reaktionsbett implementiert.

Ergebnisse

Die Gas-Feststoff-Reaktion



beinhaltet ein komplexes Reaktionsnetz aus verschiedenen Zwischenprodukten bei Hin- und Rückreaktion. Diese Zwischenprodukte sind über einige Zeit stabil und beeinflussen das Temperaturverhalten im Reaktor maßgeblich.

Daher wurden die Reaktionsraten der insgesamt vier Einzelreaktionen mittels der thermogravimetrischen Messungen jeweils durch das Modell

$$dX_i/dt = k_i(T) \cdot h_i(p, p_{eqi}(T)) \cdot f_i(X_i)$$

nach [4] abgebildet. Die Validierung des Gesamtmodells erfolgte anschließend mittels Messungen an einem Laborreaktor.

Der Beitrag konzentriert sich auf die Untersuchung des Einflusses relevanter Parameter (Reaktorgeometrie und Stoffgrößen) und diskutiert dominierende Limitierungen für die Be- und Entladungscharakteristik des Speichers.

Referenzen

- [1] Y. Kato, N. Yamashita, K. Kobayashi, and Y. Yoshuzawa, "Kinetic study of the hydration of magnesium oxide for a chemical heat pump," vol. 16, no. 1, pp. 853–862, 1996.
- [2] F. Schaube, L. Koch, a. Wörner, and H. Müller-Steinhagen, "A thermodynamic and kinetic study of the de- and rehydration of Ca(OH)₂ at high H₂O partial pressures for thermo-chemical heat storage," *Thermochimica Acta*, vol. 538, pp. 9–20, Jun. 2012.
- [3] V. M. van Essen, H. a. Zondag, J. C. Gores, L. P. J. Bleijendaal, M. Bakker, R. Schuitema, W. G. J. van Helden, Z. He, and C. C. M. Rindt, "Characterization of MgSO₄ Hydrate for Thermochemical Seasonal Heat Storage," *Journal of Solar Energy Engineering*, vol. 131, no. 4, p. 041014, 2009.
- [4] S. Vyazovkin, A. K. Burnham, J. M. Criado, L. A. Perez-Maqueda, C. Popescu, and N. Sbirrazzuoli, "ICTAC Kinetics Committee recommendations for performing kinetic computations on thermal analysis data," *Thermochimica Acta*, vol. 520, pp. 1–19, 2011.