

STOCHERSTOFF ZEOLITH MIT VERBESSERTEM WÄRMEAUSTAUSCH

Metallisierung von Zeolith-Granulaten zur Verbesserung des Wärmeübergangs



Bild 1: Drehtrommel-Anlage ALMA 1000 zur Metallisierung von Schüttgütern im Vakuum

Das Land atmet gerade wieder auf, weil die graue und kalte Jahreszeit langsam zu Ende geht, die in dieser Saison überdies von einer Pandemie überschattet ist, deren Ausmaß für die moderne Weltgemeinschaft eine neuartige Erfahrung darstellt. Dies sowie die parallel immer häufiger auftretenden Extremwetterereignisse befördern in der Gesellschaft das kritische Bewusstsein für die Zusammenhänge zwischen unserem anthropogenen Fußabdruck und klimatischen sowie sozioökonomischen Veränderungen in der gesamten Welt. Die Rufe nach einem nachhaltigeren Lebensstil, der unseren exzessiven Ressourcenverbrauch beendet und auch die stärkere Nutzung regenerativer Energiequellen mit einschließt, nehmen zu.

Die Bereitschaft, einen solchen Weg einzuschlagen ist bei Privatleuten am größten, wenn dadurch eine weitgehende Unabhängigkeit von zentralen Versorgern gewonnen wird, wie es bei der Wärmeversorgung von Einfamilienhäusern, die als Passivhäuser realisiert sind, bereits möglich ist.

Saisonale Wärmespeicher gesucht

Für einen breiteren Einsatz auch in größeren Gebäuden werden insbesondere Wärmespeicher mit höherer volumetrischer Speicherkapazität benötigt, die garantiert einen saisonalen Ausgleich

zwischen Erzeugungsmaxima und Verbrauchsmaxima gewährleisten können. Um diesen Bedarf zu befriedigen, wird seit langem intensiv zu Sorptionswärmespeichern geforscht. Mehrere wissenschaftliche Arbeitsgruppen sind Materialvarianten auf der Spur, die eine höhere Speicherkapazität haben als die bislang standardmäßig eingesetzten Zeolithe. Energietechniker bemühen sich um die Optimierung von Systemparametern im Zusammenspiel von Wärmekreisläufen und Arbeitsmittelkreislauf. Eine wichtige Rolle spielt dabei auch die Konfektionierung des Wärmespeichermaterials und die konstruktive Ausgestaltung der Wärmeübertragerstrukturen, denn für die Leistungsfähigkeit der Speichersysteme ist nicht nur deren Kapazität entscheidend, sondern auch die Effizienz bei der Be- und Entladung, d.h. den realisierbaren Wärmeströmen in allen Betriebszuständen.

Das Potential von Zeolith ist groß

Hier stellt die geringe Wärmeleitfähigkeit der Speichermaterialien ein inhärentes Hindernis dar. Zeolithe weisen Wärmeleitfähigkeiten von 0,18 W/m-K bis 0,58 W/m-K auf, eine Schüttung von Zeolith-Pellets aufgrund der hohen Porosität der Pellets und des geringen Füllfaktors der Schüttung nur eine Wärmeleitfähigkeit von ca. 0,1 W/m-K. Bei der

Konzeption von Wärmeübertragungsstrukturen für thermochemische Energiespeicher gelten daher die Bemühungen seit langem der Herstellung möglichst kompakter Verbünde von Zeolith-Material und metallischen Trägerstrukturen. Das direkte Aufbringen dicker kompakter Zeolithschichten auf metallische Trägerstrukturen stellt einen solchen Ansatz dar, der jedoch an der mangelnden hydrothermalen und mechanischen Stabilität dieser Verbünde krankt. In einem weiteren Ansatz werden Zeolith-Pellets in Wärmeübertragerrohre gefüllt. Das stellt zwar eine stabilere Lösung dar, weist jedoch ein unbefriedigendes Verhältnis von Speichermaterial zu Trägermaterial auf, was sich sowohl in der Wärme- als auch in der Massebilanz negativ auswirkt.

Umhülltes Zeolith hat eine vielfach höhere Leitfähigkeit

Die Beschichtungsexperten des Fraunhofer-Instituts für Organische Elektronik, Elektronenstrahl- und Plasmatechnik FEP halten einen dritten Weg für aussichtsreich: Sie umhüllen Zeolith-Pellets mit thermisch gut leitfähigem Aluminium, welches zu einer Vervielfachung der Wärmeleitfähigkeit der Schüttung und deutlich reduzierten Wärmeübergangswiderständen zwischen der nun metallisierten Zeolith-Schüttung und dem Wärmeübertrager führt. Was so schlüssig wie einfach klingt, erfordert in der Praxis die Beherrschung eines anspruchsvollen Verdampfungsprozesses, bei dem Aluminiumdraht von der Rolle kontinuierlich mit einer Rate von mehreren Gramm pro Minute verdampft wird und sich gleichmäßig auf den Pellets der Granulat-Chargen niederschlägt. Der Prozess muss im Vakuum durchgeführt



Bild 2: Zeolith-Granulat im Originalzustand (links) sowie mit Aluminium beschichtet (Mitte und rechts)

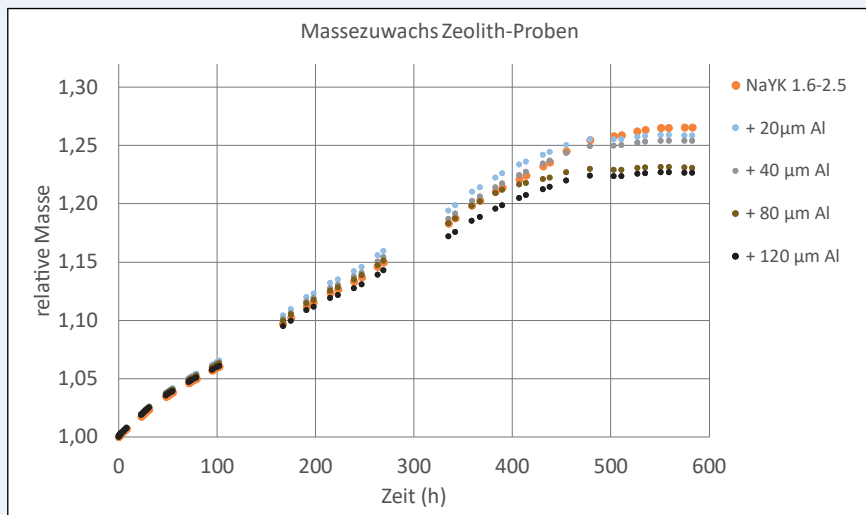


Bild 3: Massezuwachs von Zeolith-Granulat durch Wassersorption im originalen Zustand (orange Marker) und unterschiedlich dick mit Aluminium beschichtet

werden, da die Verdampfung bei hoher Temperatur sonst unwillkürlich mit einer Oxidation des Aluminiums einhergehen und nicht zu einer metallischen Aluminium-Schicht führen würde. Im Prinzip wird der gleiche Prozess zur Herstellung metallisierter Verpackungsfolien verwendet. Im Gegensatz zu diesen ist die zu beschichtende Fläche in Schüttungen aber auf die Oberfläche vieler kleiner Pellets verteilt, die nicht wie eine ebene Folienfläche auf Rollen geführt werden können, sondern während der Beschichtung kontinuierlich umgewälzt werden müssen. Die stochastische Bewegung der Pellets und die Bedampfungsraten müssen in einem geeigneten Verhältnis zueinander stehen, damit die Beschichtung der Charge sowohl gleichmäßig erfolgt als auch mit einer Geschwindigkeit, die der großen Anzahl von Pellets in der Charge und deren summarisch großer Fläche gerecht wird.

Experimentierbetrieb ist angelaufen

Diesen Prozess haben die Forscher des Fraunhofer FEP in einer Drehtrommelanlage realisiert, in welcher die Granulate umgewälzt und gleichzeitig dem Aluminiumdampf ausgesetzt werden (Bild 1). Dass diese Verdampfung in top-down-Anordnung stattfindet, ein Ergebnis einer langjährigen Entwicklungsarbeit, ist ein Detail, welches die Fachgemeinde in Erstaunen versetzt. Es ist erforderlich, da das Schüttgut nicht über den Verdampfern vorbeigeführt werden kann, wie es bei Bahnware der Fall ist, sondern in der Trommel von oben nach unten bedampft werden muss.

Im Experimentierbetrieb arbeiten die Forscher mit Chargen von ein bis zwei Litern (Bild 2). Für eine Anwendung in der Praxis müssen jedoch Lösungen für

einen kontinuierlichen oder Chargen-Durchlaufbetrieb mit deutlich größerem Durchsatz konzipiert werden. Sehr schnell wird dann die Frage relevant, wie dick die Schichten sein müssen, um die gewünschten Praxisanforderungen zu erfüllen: Sind einige hundert Nanometer ausreichend oder bringen erst einige zehn Mikrometer dicke Schichten den erwünschten Performancegewinn? Sollen die metallisierten Pellets gar zu Bausteinen versintert werden, und welche minimale Schichtdicke ist dann erforderlich? Wie sind die Anwendungseigenschaften der unterschiedlich dick metallisierten Granulate, und wie wirkt sich die Schicht auf die Stabilität und die Eigenschaften bei hydrothormaler Zyklierung aus? Obwohl die Forscher des Fraunhofer FEP auf den erreichten Stand der Chargen-Metallisierung durchaus ein wenig stolz sind, ist ihnen bewusst, dass bis zu einer Praxisanwendung noch ein weiter Weg zu gehen ist.

Erste erfolgversprechende Ergebnisse

Aus Sicht der Beschichter sind hierfür Betrachtungen über Skalierungseffekte bei unterschiedlichen Pelletgrößen von besonderer Bedeutung, denn ob die Pellets 1,5 mm oder 3 mm groß sind, ändert zwar nichts an den behandelten Volumina, sehr wohl aber an der zu beschichtenden Fläche im Volumen: sie verdoppelt sich mit Halbierung der Pelletgröße. Aber auch Charakteristika der verwendeten Zeolithe haben einen wesentlichen Einfluss auf den Behandlungsprozess und erfordern eine Anpassung des Behandlungsablaufs. Aktuell befassen sich die Wissenschaftler des Fraunhofer FEP daher mit Skalierungsuntersuchungen bei Verwendung unterschiedlicher Granulat-Körnungen und -Beschaffenheiten,

um auf spezifische Anforderungen unterschiedlicher Speicheranwendungen reagieren zu können. Für ein Granulat vom Typ Köstrolith® NaYK konnten sie bereits zeigen, dass selbst Schichten von 20 µm Dicke den Massezuwachs durch Wassersorption des Granulates nur um 3% bis 5% mindern (Bild 3). Das heißt die Sorptionskapazität der Pellets bleibt nahezu vollständig erhalten und lediglich durch die unmittelbar von Aluminium bedeckte Oberfläche minimal reduziert. Das gelingt durch eine Prozessführung, bei der die entstehenden Aluminiumschichten von Mikroporen durchzogen sind, durch welche der Stoffaustausch trotz der makroskopisch dichten Schicht stattfinden kann.

Förderung

Gegenwärtig gelten die Bemühungen im Rahmen des vom sächsischen Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr SMWA geförderten Projektes ZeoMet (FKZ 100346109) der Untersuchung der Beschichtungsseite und der Evaluierung einer Skalierbarkeit auf größere Mengen. Ihre Erfahrungen möchten die Forscher danach gern mit Anwendungsentwicklern und Firmen, welche die Zeolith-Granulate bereits für thermochemische Speicheranwendungen nutzen, austauschen und die metallisierten Zeolithe in Praxisanwendungen überführen.

Das Projekt ZeoMet wird gefördert aus Mitteln der Europäischen Union und des Freistaates Sachsen.



ZUR AUTORIN:

▶ Dr. Heidrun Klostermann
Fraunhofer Institut für Organische Elektronik, Elektronenstrahl- und Plasmatechnik
Heidrun.Klostermann@fep.fraunhofer.de
www.fep.fraunhofer.de

Produkte | Innovationen

In dieser Rubrik stellen wir Ihnen aktuelle Entwicklungen aus Wirtschaft und Forschung vor: Neue Produkte und Ideen aus dem Bereich Erneuerbare Energien und Energieeffizienz.

Anregungen und Themenvorschläge nimmt die Redaktion gerne entgegen:
redaktion@sonnenenergie.de