

Sisobox

Entwicklung eines Prüfstandes zur Validierung von Superisolationsmaterialien

Stephan Thaler¹, Peter Marinschek², Marius Laux¹

¹ Fachhochschule Kärnten, Europastraße 4, 9524 Villach/St. Magdalen, Austria

² Altena-Alternativenergie und Anlagentechnik, Kugelweg 9, 9500 Villach, Austria

Kurzfassung.

Unter dem Begriff „Superisolation“ verstand man ursprünglich ein für die Raumfahrt entwickeltes Isoliersystem für extrem große Temperaturunterschiede. Heute wird die Superisolation neben der Raumfahrt auch bei Kryostaten, supraleitenden Magneten und Leitungen für kryogene Flüssigkeiten oder Gase verwendet. [1]

Der Einsatz von Superisolationsmaterialien in der kommerziellen Kessel- und Speichertechnologie ist eine neue Art der Anwendung dieser Technologie und bietet viele neue Möglichkeiten zur Entwicklung hocheffizienter Systeme. Damit die Superisolation als solche funktioniert, ist innerhalb des Superisolationsmaterials ein extrem niedriger Restdruck erforderlich. Es muss soweit evakuiert werden, bis der Bereich der druckunabhängigen Gaswärmeleitung unterschritten wird und der Wärmetransport durch freie Molekularströmung wirksam wird. Bei einer solchen Vakuum-Superisolation muss der Druck über die gesamte Lebensdauer auf unter 1 mbar gehalten werden. [2]

Um eine derartige Prüfumgebung zu realisieren und somit superisolierende Materialien näher erforschen zu können wurde ein erster Laboraufbau in Form eines Funktionsmodells entwickelt, welcher eine Vakuumkammer sowie eine geeignete Regel- und Messeinrichtung besitzt um verschiedenen superisolierenden Materialien hinsichtlich ihrer Eignung im Einsatz in der Heizkessel- und Pufferspeichertechnik zu testen und nachvollziehbar zu evaluieren. Mit diesem Prototypenaufbau ist es jetzt möglich die notwendige Voraussetzung zu schaffen um superisolierende Materialien im mittleren bis höheren Temperatursegment validieren zu können. Durch die Nutzung dieses Prüfstandes können wir uns einen großen Wissensvorsprung in diesem Forschungsgebiet erarbeiten und die Gelegenheit nutzen zukunftsweisende Technologien zu entwickeln.

Keywords: Superisolationsmaterial, Vakuumkammer, Speicherisolation.

1 Einleitung

1.1 Motivation

Das Isolationsvermögen von Heizkesseln und Hochtemperaturöfen ist ausschlaggebend für deren Effizienz. Durch die Entwicklung von Dämmmaterialien mit immer besseren Eigenschaften, sollte es möglich sein die Heizzyklen zu verkürzen und somit auch den Energieverbrauch zu reduzieren.

Aus der Kryotechnik sind superisolierte Speicher bekannt, welche 10fach besser isolieren als konventionell gedämmte Behälter. Derartige Speicher sind doppelwandig ausgeführt, mit einer trockenen, mikroporösen Pulverisolation befüllt und ins Hochvakuum evakuiert. Dadurch wird Konvektion und Gaswärmeleitung unterdrückt und die Verluste durch Festkörperleitung aufgrund der hochporösen Struktur und der sehr kleinen Kontaktflächen innerhalb des Materials äußerst gering. [2]

Des Weiteren stellen Langzeitenergiespeicher eine wesentliche Verbesserung bei der Nutzbarkeit von Solarthermie dar, mit der es möglich ist, die gewonnene Energie längerfristig nutzbar zu speichern. Gleichzeitig kann durch eine Reduzierung der Wärmeleitfähigkeit die Schichtdicke der Isolation von Heizkesseln und Wärmespeichern herabgesetzt werden. Letztendlich können dadurch die Material- und Betriebskosten reduziert werden.

1.2 Projektziele

Ziel des Projektes ist die Entwicklung und die Realisierung eines Prüfstandes für die Superisulationsmaterialforschung. Herausforderung dabei ist der Aufbau einer Vakuumkammer, in der Materialprüfungen zu ihrem Isolationsvermögen bei Temperaturen von bis zu 900 °C durchgeführt werden können. Die Kammer muss dabei hermetisch abgeriegelt sein und für den Hochvakuumbereich ausgelegt werden. Um eine Reliabilität der Messergebnisse zu gewährleisten, muss auch eine Temperaturregelung sowie eine Regel- und Messeinrichtung integriert werden. Die Regeleinrichtung der Vakuumkammer dient dazu den benötigten Druck in der Vakuumkammer zu erreichen und auch zu halten. Die Auswertung der Versuchsergebnisse gibt Auskunft über die Wärmeübertragung der getesteten Materialien und deren physikalisch-chemische Beständigkeit bei den gegebenen Bedingungen. Dabei können die Temperatur und der Druckbereich variiert werden, um so festzustellen, bei welchen Parametern das jeweilige Optimum ist.

2 Methode

Zu Beginn des Projektes mussten die Anforderungen an den Prüfstand definiert und geeignete Systemkomponenten identifiziert werden. Daraus ergab sich unter anderem, dass für unseren Anwendungsfall ein Prüfdruck von 1-0,1 mbar ausreichend ist. Daher führen wir unsere Materialversuche auch im Feinvakuumbereich durch. [3]

Anschließend konnte der Gesamtsystemaufbau des Prüfstandes entwickelt und konstruiert werden. 3D Modelle der Komponenten wurden angefertigt und ein Anlagenkonzept wurde erstellt.

2.1 Mechanischer Aufbau

Zuerst wurde eine Basiskonstruktion zur Aufnahme sämtlicher Anlagenkomponenten entwickelt. Diese musste mobil sein und über mehrere Installationsebenen verfügen. Zum Aufbauen des Vakuums werden zwei Pumpen in dem Prüfstand integriert. Bei der Primärpumpe handelt es sich um eine Drehschieberpumpe, die ein Feinvakuum von 0,05 mbar erreichen kann. Um ein Hochvakuum zu erreichen musste eine Sekundärpumpe installiert werden die einen Unterdruck von bis zu 2×10^{-8} mbar erzeugen kann. Des Weiteren verfügt der Prüfstand über einen Kompressor und einen Druckbehälter um die notwendigen Vakuumventile ansteuern zu können. Um gleichbleibende Umgebungsbedingungen zu schaffen, musste die doppelwandig aufgebaute Kammer temperiert werden. Dazu wurde auch eine elektrische Heizpatrone und eine Umwälzpumpe in dem Prüfstand integriert. Ebenso wurde ein Schaltschrank zur Unterbringung der elektronischen Komponente in den Aufbau integriert. Um ein Öffnen der Vakuumkammer für eine Person zu ermöglichen wurde der Deckel an Teleskopschienen befestigt. Beim Öffnen wird der gesamte Deckel nach vorne gezogen und kann auch gedreht werden.

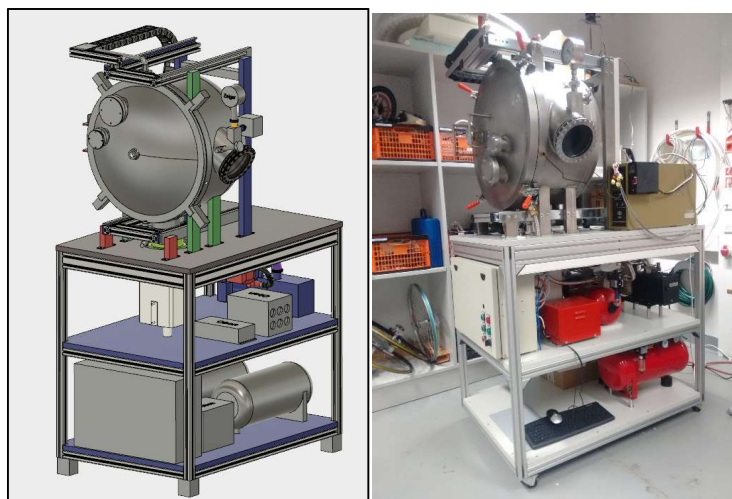


Fig. 1. Konzept und Ausführung des Prüfstandes.

2.2 Regelung und Steuerung

Neben dem mechanischen Aufbau des Prüfstandes, musste dieser auch über einige Systeme zur Überwachung und Steuerung verfügen. Für das Aufzeichnen der Messungen ist es notwendig, dass die Vakuumkammer über einem konstanten und regelbaren Kammerdruck verfügt. Dazu mussten die Aktoren und Sensoren abgeglichen werden. Diese Aufgabe wurde mit einem Mikrocomputer der „Raspberry Pi Foundation“ umgesetzt.

Um eine einfache Bedienung und Parametrierung der Versuchsreihen zu gewährleisten wurde eine grafische Bedienoberfläche mit der Software „Codesys“ erstellt.

2.3 Messeinrichtung

Um eine Aussage über das Isolationsvermögen der zu überprüfenden Materialien treffen zu können, musste ein geeignetes Messsystem konzipiert und umgesetzt werden. Hauptaugenmerk wurde auf eine Messzelle mit möglichst einfachen Aufbau gelegt, die dennoch präzise und zuverlässige Messergebnisse liefern kann.

Diese Messzelle besteht aus einem Edelstahlzylinder, der mittels Flansch an der Rückseite der Vakuumkammer befestigt ist wodurch auch eine benutzerfreundliche Handhabung der Messzelle gewährleistet ist. Der Edelstahlzylinder musste auch thermisch von dem Flansch entkoppelt werden um möglichst geringe Störeinflüsse mit einzubeziehen. Im Inneren der Messeinrichtung befindet sich ein Heizelement, welches die Probe auf bis zu 900 °C aufheizen kann. Um dieses Element sind fünf Temperatursensoren in unterschiedlichen Abständen angebracht. Dadurch ist es möglich den Temperaturabfall zu messen der durch das Isolationsvermögen der Substanzen zustande kommt. Die Temperatursensoren sind dabei kreisförmig und um 72° versetzt um das Heizelement angeordnet. Der innerste Fühler befindet direkt an dem Heizelement. Die restlichen vier Fühler sind dann mit einem gleichbleibenden Abstand von 5,63 mm bis an die Innenwand des Edelstahlzylinders angeordnet.

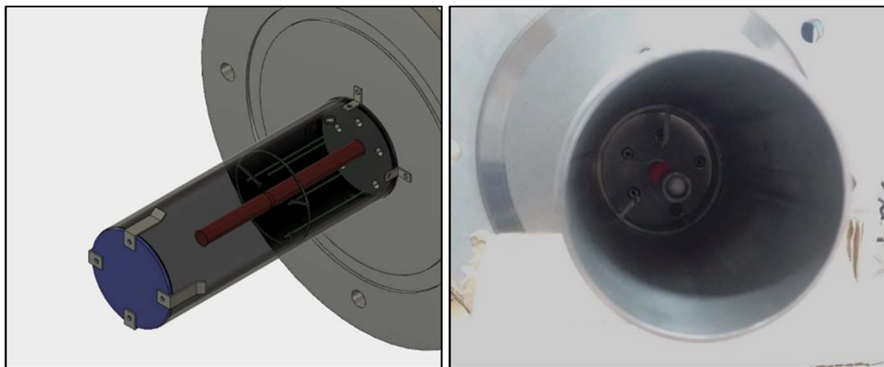


Fig. 2. Konzept und Ausführung der Messzelle.

Die Messreihen wurden nach den Angaben des Auftraggebers in der Software hinterlegt und lassen sich nach Voreinstellung der Prüftemperatur (500 °C und 800 °C) und des Prüfdruckes (1,0 mbar, 0,5 mbar und 0,1 mbar) automatisiert durchführen. Die Kammertemperatur wird dabei immer konstant auf 50 °C geregelt. Die Abtastrate des Datenloggers ist dabei auf 15 Sekunden voreingestellt.

3 Zusammenfassung und Ausblick

Im Zuge dieses Projektes konnte ein Prüfstand zur Materialforschung welcher eine temperaturgeregelte Vakuumkammer sowie ein Messsystem, bei dem Prüfmaterialien bei einer Temperatur von bis zu 900 °C getestet werden können, entwickelt werden.

Mit diesem Prüfstand kann das Isolationsvermögen von verschiedenen Isolationsmaterialien bei verschiedenen Drücken und Temperaturen validiert werden. Dieser Prüfstand bietet somit eine solide Grundlage für zukünftige Forschungsprojekte, die sich mit der Anwendung und Integration von Superisolationsmaterialien beschäftigen.

In Zusammenarbeit mit dem Auftraggeber ist es bereits angedacht auf Basis seiner Messreihen eine neuartige Wärmedämmung für einen Heizkessel bzw. einen Hochtemperaturofen in einem Folgeprojekt zu entwickeln.

References

1. <http://www.chemie.de/lexikon/Superisolation.html>, vom 17.01.2018
2. Beikircher, Buttinger, Demharter, Super-isolierter H₂O-Langzeit-Wärmespeicher mit neuartigem Schichtlader für hohe solare Deckungsrate, Erneuerbare Energie 2011-4
3. Umrath, Grundlagen der Vakuumtechnik, Leybold Köln 1997