



Keramischer Hochtemperatur-Plattenwärmeübertrager

Anwendungsgebiete

Die Verstromung fester Brennstoffe in einem EFCC-Prozeß (Externally Fired Combined Cycle) ist mit einer Wärmeübertragung auf hohem Temperaturniveau verbunden. Geeignete Wärmeübertrager erfordern daher den Einsatz keramischer Werkstoffe. Vergleichbare Anforderungen treten auch bei Anwendungen mit geschlossenem Gasturbinenkreislauf, bei rekuperativ betriebenen Hochtemperatur-Brennstoffzellen (SOFC) sowie bei der Abwärmenutzung in kontinuierlichen industriellen Hochtemperatur-Prozessen auf.

Das DLR Institut für Technische Thermodynamik entwickelt keramische Wärmeübertrager für den Einsatz in solchen Anwendungen:

- Einsatz-Wandtemperaturen bis 1250 °C
- Beständigkeit gegen Heißkorrosion (Luft mit H₂O, CO₂, Schlacke),
- Beständigkeit gegen Temperaturwechsel und
- Gasdichtigkeit.

Design

Eine exemplarische Auslegung legt den Betrieb einer Gasturbine mit einer Nennleistung von 6 MW_{el} zugrunde. Die externe Befuerung benötigt einen keramischen Hochtemperatur- und einen metallischen Niedertemperatur-Wärmeübertrager von jeweils ca. 10 MW. Der keramische Wärmeübertrager wird mit einer maximalen Gastemperatur von 1215 °C und einem Druckverhältnis von 14,2 beaufschlagt. Die wärmetechnische Auslegung zeigt, dass ein Plattenwärmeübertrager aus Siliciumkarbid (SiC) auf Basis des Offset Strip Fin (OSF) Designs die günstigste Variante darstellt. Für einen 50 kW_{el} Demonstrator wurde mittels FEM die thermomechanische

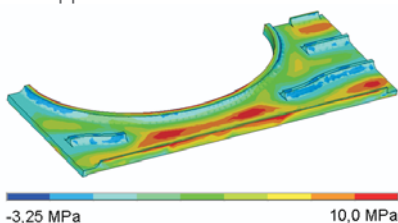
Detailauslegung durchgeführt. Durch eine entsprechende Bauteilgestaltung kann die maximale Spannung unter 10 MPa gehalten werden, was bei der hohen Biegefestigkeit von SiC einem Sicherheitsfaktor von 40 entspricht. Als Korrosionsschutz gegen Verbrennungsatmosphären wurde eine neue Schutzschicht auf der Basis von Cordierit (2 MgO * 2 Al₂O₃ * 5 SiO₂) entwickelt und zum Patent angemeldet (EP 1496034A2). Diese Schicht kann mittels Plasma-Spritztechnologie auf unterschiedliche SiC Bauteile aufgebracht werden.

Beschichtete C/C-SiC-Proben wurden u. a. im Rahmen eines europäischen Projektes unter einer synthetischen Verbrennungsatmosphäre bei 1300 °C getestet und erreichten eine Standzeit von 1400 Stunden ohne signifikante Schädigung. Damit steht ein langzeitstabiles Korrosionsschutzsystem für die Rauchgasseite eines SiC Plattenwärmeübertragers zur Verfügung.

Herstellung und Test

Ergänzend zur Auslegungsuntersuchung wurde auch ein fünfschrittiges Herstellungsverfahren erarbeitet und zum Patent angemeldet (EP 1544565A2). Mit den Teilschritten Pressen - Sintern - Versiegeln - Plattenfügen - Endmontage ist es auf die Anforderungen einer Serienproduktion ausgerichtet und erlaubt so für die avisierte Anwendung Herstellungskosten unter 100 €/kW. Es ist geplant, diesen neuartigen Wärmeübertrager in Zusammenarbeit mit Industriepartnern in die Serienreife zu überführen. Dazu soll zunächst ein prototypisches 50 kW- Funktionsmodell gebaut und auf dem DLR-eigenen Teststand getestet werden, um die Machbarkeit dieses Konzeptes nachzuweisen. Die hierbei erzielten Messdaten werden in die Optimierung der Rippenstruktur sowie ein Upscaling zu größeren Wärmeübertragern einfließen.

Spannungsverteilung für einen Rauchgas-Verteiler mit integrierten Stützrippen.



Strukturierte SiC-Prozessgasplatte als Grundelement für den keramischen Wärmeübertrager.



Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
German Aerospace Center

Institut für Technische Thermodynamik
Pfaffenwaldring 38-40
D-70569 Stuttgart

Anfragen:
Dr. Rainer Tamme

Tel.: +49(0) 711/6862-440
Fax: +49(0) 711/6862-747
E-Mail: rainer.tamme@dlr.de
Internet: <http://www.dlr.de/tt>