

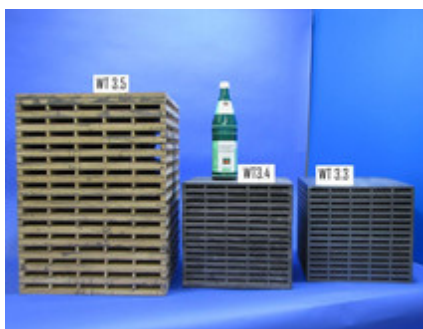


Die Rekuperatoren wurden am Versuchstand der Brennerversuchsanlage getestet. Der Demonstrator ist als silbrig glänzender Würfel zu erkennen.

© BFI

Keramischer Hochtemperatur-Wärmetauscher

03.08.2016



Die Wärmeübertrager-Elemente schrumpfen im Laufe der thermischen Behandlung vom Holzfaservermodell bis zum Siliziumcarbid-Würfel stark: Ausgangszustand (WT3.5), carbonisierter (WT3.4) und silizierter Zustand (WT3.3). Nach der Behandlung haben die Elemente noch eine Kantenlänge von 30 Zentimetern.

© Schunk Kohlenstofftechnik GmbH

## Keramikwürfel senkt Abgasverluste

Wissenschaftler entwickelten einen neuen keramischen Wärmeübertrager für Industrieöfen. Dieser kann deutlich mehr Abgaswärme an die Brennmedien übertragen als die derzeit in Hochtemperaturöfen der Prozessindustrie eingesetzten Metall-Rekuperatoren. Der neue keramische Rekuperator senkt dabei die Abgasverluste auf unter 25 Prozent.

Industrieofenanlagen dienen zur Erwärmung oder zur Wärmebehandlung von Stahl, Glas, Keramik und Nichteisen-Metallen. Mithilfe von Rekuperatoren lässt sich der energetische Wirkungsgrad solcher industrieller Prozessfeuerungen verbessern: Sie nutzen die Abgaswärme, um die Brennmedien vorzuwärmen. Das VDEh-Betriebsforschungsinstitut (BFI) entwickelte gemeinsam mit Industriepartnern eine neue, sparsamere

Beheizungstechnik für solche Anwendungen. Ihr Ziel war es, bei diesen den Energieverbrauch durch bessere Nutzung der Abgaswärme im Beheizungssystem zu senken. Als Ergänzung zu einem bereits vorhandenen hochtemperaturfesten Brenner konstruierten sie einen neuen keramischen Hochtemperatur-Rekuperator. Dieser besteht aus einem keramischen Würfel mit einer Kantenlänge von 30 Zentimeter. Durch ihn fließen Abgas und zu erwärmende Brennluft im Kreuzstrom. Das heiße Abgas erwärmt dabei die Brennluft.

## Keramik verbessert den Wirkungsgrad von Industrieöfen

Die Forscher erprobten die Leistungsfähigkeit des neuen Beheizungssystems an der Brennerversuchsanlage des BFI. Bei diesem neuen System sind Rekuperator und Brenner als eigenständige Bauteile durch kurze Leitungen verbunden. Dadurch ist es möglich, sie sehr flexibel anzupassen und zu kombinieren. Das neue System ist für eine Leistung ab 300 Kilowatt sowie Temperaturen über 1.000 Grad Celsius ausgelegt.

Durch die Verwendung des keramischen Rekuperators lassen sich die Abgasverluste bei Hochtemperatur-Industrieöfen auf unter 25 Prozent senken. Bisher eingesetzte metallische Rekuperatoren liefern eine Brennlufttemperatur von maximal 500 bis 600 Grad Celsius und erreichen Abgasverluste von knapp 40 Prozent. An Wärm- und Wärmebehandlungsöfen mit einer Abgastemperatur von mehr als 1.000 Grad Celsius können die neuen keramischen Systeme die Abgaswärmeverluste um rund 15 Prozentpunkte senken, verglichen

mit Anlagen mit konventioneller Wärmerückgewinnung.

### Entstehung des keramischen Wärmeübertragers

Der nachwachsende Rohstoff Holz dient den Entwicklern als Ausgangsrohstoff für die Herstellung der biogenen Rekuperatoren. Sie schneiden mitteldichte und hochdichte Holzfaserverplatten (MDF- und HDF-Platten) auf die erforderliche Abmessung zurecht und verkleben sie anschließend mit Holzleim zur gewünschten Struktur zu einem Formrohling. Dann erfolgt in einem Schutzgasofen die Carbonisierung. Dabei werden die Bauteile bis etwa 1.000 Grad Celsius pyrolysiert. Daran schließt sich die sogenannte Graphitierung an, sie erfolgt durch eine weitere Temperaturbehandlung bis ca. 2.000 Grad Celsius.

Durch diese Hitzebehandlung verliert der strukturierte Wärmeübertragerwürfel stark an Volumen und Masse. Das Element schrumpft in Breite und Tiefe gleichmäßig um etwa 23 Prozent, in der Höhe sogar um etwa 44 Prozent. Die Masse reduziert sich um insgesamt rund 70 Prozent. Mit gesunkener Dichte steigt die Porosität stark an. Diese poröse Kohlenstoff-Formvorlage ist nun bereit für den nächsten Behandlungsschritt: die sogenannte Silizierung. Dabei wird das Bauteil mit flüssigem Silizium infiltriert, welches mit dem Kohlenstoff zu Siliziumcarbid reagiert. Dabei nehmen die Würfel die 3- bis 3,5-fache Menge ihres Gewichts an Silizium auf. Die Forscher passten das Ofenprogramm an, damit diese große Siliziummenge homogen in das komplexe Bauteil eindringen kann und ein gleichmäßiger Werkstoff entsteht.

Die fertigen keramischen Wärmeübertrager-Elemente aus sogenanntem reaktionsgebundenem siliziuminfiltriertem Siliziumcarbid (SiSiC) sind besonders hart, haben eine gute Wärmeleitfähigkeit und eine geringe Wärmedehnung. Zudem ist das Material sehr beständig gegen Verschleiß, Temperaturwechsel sowie Oxidation und Korrosion bei hohen Temperaturen. SiSiC lässt sich bis maximal 1.380 Grad Celsius einsetzen.

Die Forscher untersuchten zudem acht unterschiedliche Herstellungsverfahren und konstruierten anschließend einen Demonstrator. Weiterführende Informationen, ab wann sich der Keramik-Einsatz demnach lohnt, gibt es auf dem Webportal [EnEff:Industrie](#).

(gh)