

Faserverstärkte Hybridbauweise für Hochtemperaturanwendungen

Die Lebensdauer von metallischen Druckbehälterbauteilen für Hochtemperaturanwendungen kann deutlich verlängert werden, wenn Hybridbauteile aus Stählen und keramischen Verbundwerkstoffen (CMC = Ceramic Matrix Composites) eingesetzt werden. Im Projekt „FaRo – Faserverstärkte Rohre“ arbeiten Wissenschaftler zurzeit daran, dieses innovative Materialkonzept weiterzuentwickeln.

Im Bereich metallischer Druckbehälterbauteile für Hochtemperaturanwendungen in Kraftwerken ergeben sich komplexe Beanspruchungen. Es treten Schädigungsmechanismen wie Kriechen als dominierender Effekt, Ermüden und Oxidation/Korrosion auf. Die Lebensdauer dieser Bauteile ist daher begrenzt.

Mit höherer Dampftemperatur > 650 °C und Drücken > 250 bar wären solche Anlagen effizienter. Dafür müssen aber neue Werkstoffe oder Werkstoffsysteme mit verbesserten Kriecheigenschaften entwickelt werden.

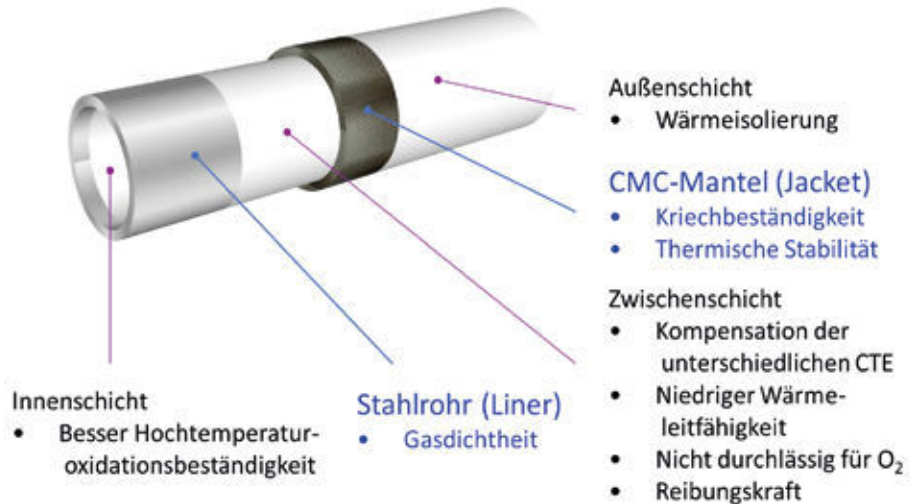


Abb. 1: Konzept eines Compoundrohrs – die Beanspruchung kann vom metallischen Liner teilweise oder sogar vollständig auf das faserverstärkte keramische Jacket verlagert werden. Das verlängert die Lebensdauer des gesamten Systems.

Vorteilsnahme

Keramische Fasern und die auf Si-Prekursoren basierende keramischer Matrix der gefertigten Verbundwerkstoffe weisen eine

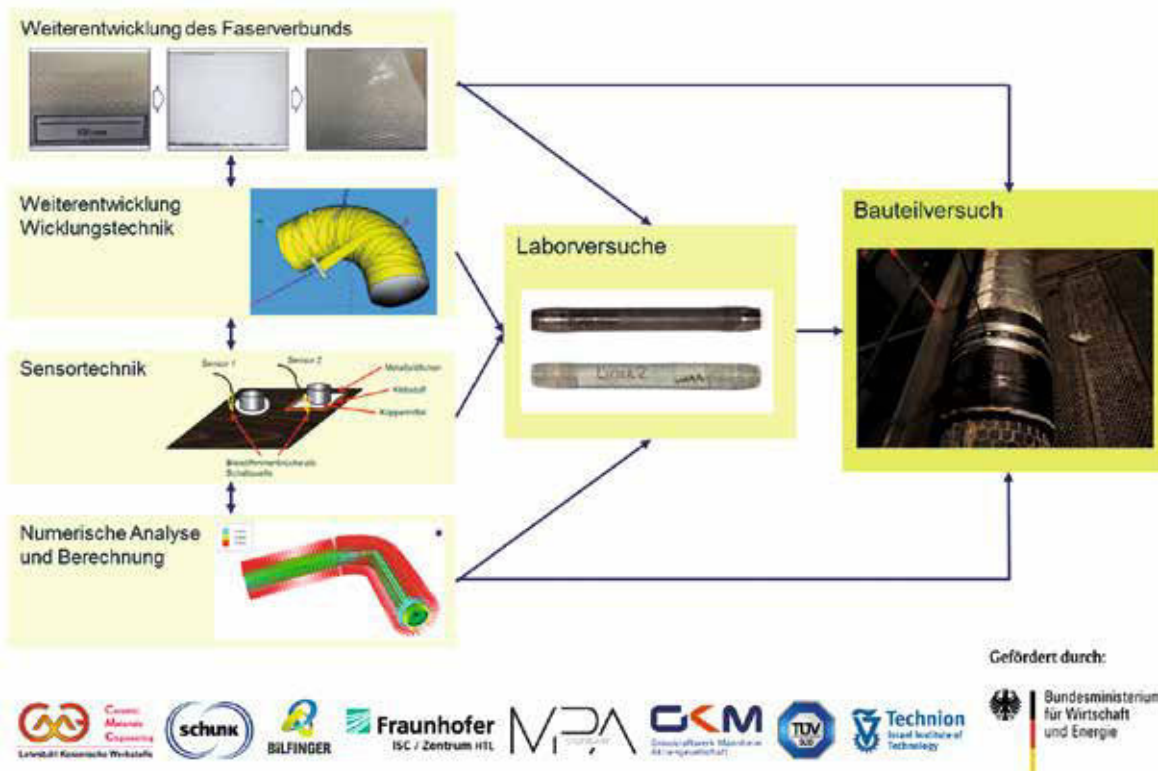


Abb. 2: Konsortium und Ablauf des Projektes FaRo. Das hier entwickelte Materialkonzept verlängert nicht nur die Lebensdauer neuer Druckbehälter mit höheren Betriebstemperaturen, sondern kann auch bei bereits vorhandenen Rohrsystemen angewandt werden.

ausgezeichnete Hochtemperaturfestigkeit auf. Allerdings sind die Verformungseigenschaften im Vergleich zu warmfesten Stählen relativ ungünstig. So bot sich die Kombination beider Werkstofftypen in einer optimierten Hybridstruktur an.

Das Grundkonzept eines solchen Werkstoffsystems für gerade Rohre entwickelten Fachleute bereits erfolgreich im Verbundprojekt „Compoundrohr“. Es besteht aus einem metallischen Innenrohr als Liner und einer oxidkeramischen faserverstärkten Ummantelung als Jacket (Abb. 1).

Hybrides Wickeln

Dieses Hybridwerkstoffsystem wird im laufenden Folgeprojekt „FaRo“ (Abb. 2) weiterentwickelt. Ziel ist zunächst, den Faserverbund und seine Langzeiteigenschaften bei hohen Temperaturen zu optimieren.

Eine neue Herausforderung liegt in der Wickeltechnik an realen Bauteilen mit komplexeren Strukturen wie zum Beispiel einem 90°-Rohrbogen oder Rohrhalterungen. Für eine in-situ Verformungsmessung und frühzeitige Schädigungserkennung müssen neue Überwachungsmethoden entwickelt werden. Die Versuchsauslegung und Nachberechnungen erfolgen mithilfe von Finite-Elemente-Simulationen. Das ganze Werkstoffsystem wird in einer Serie von Laborversuchen überprüft und zuletzt in einem Bauteilversuch im Kraftwerk unter realen Belastungsbedingungen getestet.

Weitere Informationen:

Dr.-Ing. Min Huang,
Dr.-Ing. Annett Udoh,
Dr.-Ing. Andreas Klenk,
Materialprüfungsanstalt
Universität Stuttgart,
Telefon +49 (0) 711 / 685-639 42,
min.huang@mpa.uni-stuttgart.de,
www.mpa.uni-stuttgart.de

Dr.-Ing. Nico Langhof,
Prof. Dr.-Ing. Walter Krenkel,
Lehrstuhl Keramische Werkstoffe,
Universität Bayreuth,
Telefon +49 (0) 921 / 55-55 43,
nico.langhof@uni-bayreuth.de,
www.cme-keramik.uni-bayreuth.de

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) förderte das Verbundprojekt „Compoundrohr“ (Förderkennzeichen O3X3529B), dessen Folgeprojekt „FaRo - Faserverstärkte Werkstoffsysteme“ (Förderkennzeichen O3ET7029F) wird vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert.