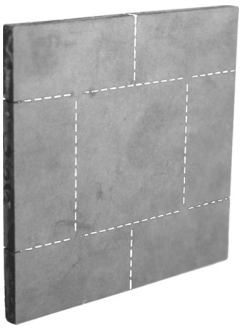
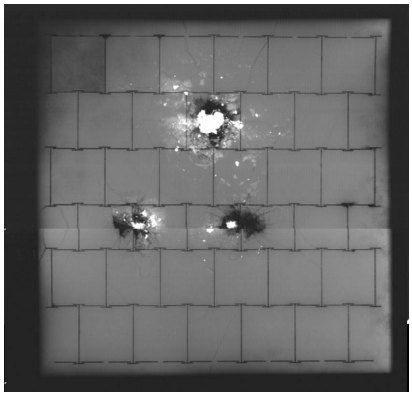
Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

Neuartige biomorphe SiSiC-Keramiken für den ballistischen Schutz



Machbarkeitsstudie einer biomorphen SiSiC-Struktur mit integriertem Rissstoppsystem

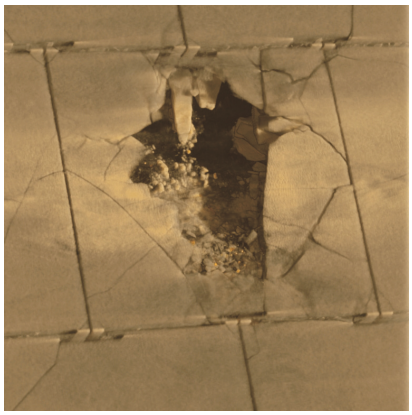


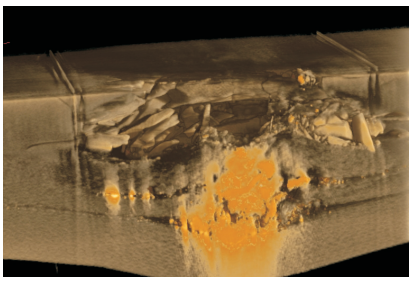
Röntgenaufnahme eines SiSiC-Multi-hit Schutzsystem (ca. 300 x 300 mm²) mit integrierten Rissstopppern nach Beschuss

In der Luftfahrt, insbesondere bei Hubschraubern, sowie in den Bereichen Personen- und Fahrzeugschutz spielen vor allem leichte Schutzaufbauten eine wichtige Rolle. Die heute am Markt gängigen, keramischen Schutzsysteme (Al_2O_3, SiC, B_4C) zeichnen sich durch ein deutlich niedrigeres Flächengewicht gegenüber metallischen Panzerungen aus Spezialstahl oder Aluminium aus. Der Nachteil dieser monolithischen Keramiken liegt in deren hohen Sprödigkeit. So sind sie im Moment noch nicht für den Mehrfachbeschuss (Multi hit) geeignet. Darüber hinaus ist die Herstellung dieser Keramiken über heißisostatisches Pressen, Sintern oder Flüssigphasensintern durch den Einsatz von sehr feinen Keramikpulvern sowie den hohen Prozesstemperaturen sehr kostenintensiv, sodass eine weite Verbreitung dieser Schutzsysteme verhindert wird.

In einem neuen Ansatz wurden deshalb biomorphe SiSiC-Keramiken auf der Basis von Holzwerkstoffen und dem LSI-Prozess (Liquid Silicon Infitration) entwickelt. In ersten Beschussversuchen zeigten diese Werkstoffe eine hohe Schutzwirkung gegen Hartkernmunition (z.B. 7,62 x 51 AP mit Stahlkern), die mit der von konventionellen SiC-Keramiken vergleichbar ist. Durch die Verwendung von kostengünstigen Ausgangswerkstoffen, und der Möglichkeit der endkonturnahen Fertigung via LSI und In situ Fügetechnik, bieten biomorphe SiSiC-Werkstoffe sowohl technische als auch wirtschaftliche Vorteile gegenüber den herkömmlichen SiC-Keramiken, insbesondere bei der Herstellung großflächiger Bauteile mit komplexen Geometrien (z. B. Hubschraubersitze), die mit den bisher eingesetzten Fertigungsverfahren entweder gar nicht oder nur unter hohen Ausschussraten und Kosten herstellbar sind.

Zur Erhöhung der Mehrfachbeschussfähigkeit wurden großflächige SiSiC-Strukturen mit integrierten Rissstoppsystemen entwickelt. Dazu wird zunächst ein Plattenhalbzeug aus MDF (Mitteldichte Faserplatte) pyrolisiert (900 °C, N2). In die resultierende, poröse C-Vorkörperplatte wird anschließend ein definiertes Rissmuster durch Wasserstrahlschneiden eingebracht. Im letzten Prozessschritt wird der C-Vorkörper mit geschmolzenem Silicium infiltriert (1650 °C, Vakuum), dass mit dem vorhandenen Kohlenstoff nahezu vollständig zu SiC reagiert. Die verbleibende Porosität wird mit Silicium gefüllt und ein dichter SiSiC-Werkstoff gebildet. Das vorher eingebrachte Rissmuster bleibt während der Silicierung erhalten und es entsteht eine großformatige Platte, die aus einer Vielzahl von kleinen Einzelkacheln besteht, die jedoch mit sehr dünnen Stegen untereinander verbunden sind. Bei einem Beschuss der Platte kann der Schaden damit auf die getroffenen Einzelkacheln begrenzt werden. Gegenüber dem klassischen „Mosaikdesign", bei dem viele einzelne Kacheln unter hohem Zeit- und Kostenaufwand auf eine Tragstruktur geklebt werden, können mit dieser neuen Technologie großflächige Schutzsysteme, insbesondere bei gekrümmten Flächen, relativ einfach aufgebaut werden.





3D-CT-Bild eines SiSiC-Multi-hit Schutzsystem nach Beschuss.
Links: Draufsicht, rechts: Schnitt durch das Schutzsystem mit Projektilresten (orange)

Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.
in der Helmholtz-Gemeinschaft

Institut für Bauweisen-
und Konstruktionsforschung
Pfaffenwaldring 38-40
D-70569 Stuttgart

Dipl.-Ing. Matteo Crippa

Tel.: +49(0) 711/6862-208
Fax: +49(0) 711/6862-227
E-mail: matteo.crippa@dlr.de
Internet: http://www.dlr.de