



1 REM-Aufnahme von CNT-belegtem Keramikpulver.

2 REM-Aufnahme einer Bruchfläche einer CNT-verstärkten Keramik.

3 REM-Aufnahme mit CNT-belegtem Metallpulver.

4 Achsschenkel aufgebaut mittels Selektiven Laserschmelzens (SLM).

## Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS

Michael-Faraday-Straße 1  
07629 Hermsdorf

Dr. Isabel Kinski  
Telefon 036601 9301-3931  
isabel.kinski@ikts.fraunhofer.de  
www.ikts.fraunhofer.de

## Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA

Nobelstraße 12  
70569 Stuttgart

Carsten Glanz  
Telefon 0711 970-3736  
carsten.glanz@ipa.fraunhofer.de  
www.ipa.fraunhofer.de

## CNT-VERSTÄRKTE KERAMIKEN UND METALLE

Herkömmliche Komposite mit Kohlenstoffnanoröhren (CNTs) in metallischen oder keramischen Materialien basieren auf der Vermischung der CNTs mit dem Matrixmaterial. Die für diese CNT-Matrix-Komposite prognostizierten Eigenschaftsverbesserungen konnten bisher nur in geringem Maße genutzt werden. Als Ursache dafür wurden verschiedene Gründe erkannt: Die CNTs agglomerieren während der Pulveraufbereitung untereinander und verteilen sich daher inhomogen im Gefüge; durch die eingesetzte hochenergetische Mischmahlung werden CNTs verkürzt oder gar graphitisiert und die erzielte Anbindung der CNTs an die Matrixmaterialien ist unzureichend. Außerdem werden durch die Verdichtung zu Kompositen mittels thermischer Verfahren die CNTs beschädigt oder teilweise sogar zerstört.

Fraunhofer-Wissenschaftlern ist es gelungen, die bei dem herkömmlichen Vorgang der Vermischung von Kohlenstoffnanoröhren und metallischen oder keramischen Matrixmaterialien auftretenden Herausforderungen zu bewältigen, indem die CNTs nach katalytischer Aktivierung in-situ auf

dem Matrixpulver agglomerationsfrei aufgewachsen werden und so eine starke Haftung auf der Oberfläche der Pulver aufweisen. Industrielle Anwendungen im Leichtbau und in der Verteidigung (Schutzkeramik) profitieren von erheblich verbesserten mechanischen Eigenschaften der CNT-Matrix-Komposite.

### Leistungs- und Kooperationsangebot

- Katalytische Aktivierung von Keramik- und Metallpulvern oder keramischen/metallischen Oberflächen zur CNT-Abscheidung
- In-situ CNT-Belegung über Gasphasenabscheidung auf Pulvern und Oberflächen
- Formgebung und Sinterung von CNT-belegten Pulvern in verschiedenen Verfahren (Heißpressen, Selektives Laserschmelzen (SLM), Spark Plasma Sintering (SPS), Strangpressen und Schäumen)
- Umfassende Charakterisierung von CNT-verstärkten Keramiken und Metallen



1 SEM image of ceramic powders with in-situ grown CNT.

2 SEM image of a fracture surface of CNT reinforced ceramics.

3 SEM image of metals with in-situ grown CNT.

4 Steering knuckle manufactured by selective laser melting (SLM).

## Fraunhofer Institute for Ceramic Technologies and Systems IKTS

Michael-Faraday-Strasse 1  
07629 Hermsdorf, Germany

Dr. Isabel Kinski  
Phone +49 36601 9301-3931  
isabel.kinski@ikts.fraunhofer.de  
www.ikts.fraunhofer.de

## Fraunhofer Institute for Manufacturing Engineering and Automation IPA

Nobelstrasse 12  
70569 Stuttgart, Germany

Carsten Glanz  
Phone +49 711 970-3736  
carsten.glanz@ipa.fraunhofer.de  
www.ipa.fraunhofer.de

## CNT-REINFORCED CERAMICS AND METALS

Standard composites with carbon nanotubes (CNTs) in metal and ceramic materials are manufactured by mixing the CNTs with the matrix material. However, the improved properties of these materials have been used only to a minor extent. Different reasons have been recognized: The CNTs agglomerate with each other during powder processing and thus, are inhomogeneously distributed in the microstructure. Due to high-energy mix grinding, the CNTs are shortened or even graphitized and the CNTs are not properly connected to the matrix materials. Furthermore, the CNTs are damaged and partly destroyed during the densification process under high temperatures. Now, Fraunhofer scientists have succeeded in overcoming these difficulties occurring during mixing and densification. They developed a method where CNTs are grown in-situ on the matrix powders after catalytic activation. Thus, a strong adhesion of CNTs on the powder surface can be achieved. Light-weight and defense applications (armor ceramics) benefit from the significantly improved properties of the CNT matrix composites.

### Services offered

- Catalytic activation of ceramic and metal powder surfaces or ceramic/metal surfaces for CNT deposition
- In-situ growth of CNT on powders and surfaces by gas vapor deposition
- Shaping and sintering of powders with in-situ grown CNTs using different methods (hot pressing, selective laser melting (SLM), spark plasma sintering (SPS), extrusion and foaming)
- Comprehensive characterization of CNT-reinforced ceramics and metals