

- 1 Dispergierfähige CNT
- 2 Pulver aus Kupfer und CNT vor Konsolidierung
- 3 Cu/CNT-Zugstab während mechanischer Prüfung
- 4 Bruchfläche eines Kupfer/CNT-Verbundwerkstoffes mit 5 Vol. % CNT

METALL / KOHLENSTOFFNANORÖHREN - VERBUNDWERKSTOFFE?

**Fraunhofer-Institut für
Fertigungstechnik und
Angewandte Materialforschung
IFAM
Institutsteil Dresden**

Winterbergstraße 28
01277 Dresden

Ansprechpartner

Dr.-Ing. Thomas Weißgärber
Telefon +49 351 2537 305
E-Mail: Thomas.Weissgaerber
@ifam-dd.fraunhofer.de

Dipl.-Ing. Thomas Hutsch
Telefon +49 351 2537 396
E-Mail: Thomas.Hutsch
@ifam-dd.fraunhofer.de

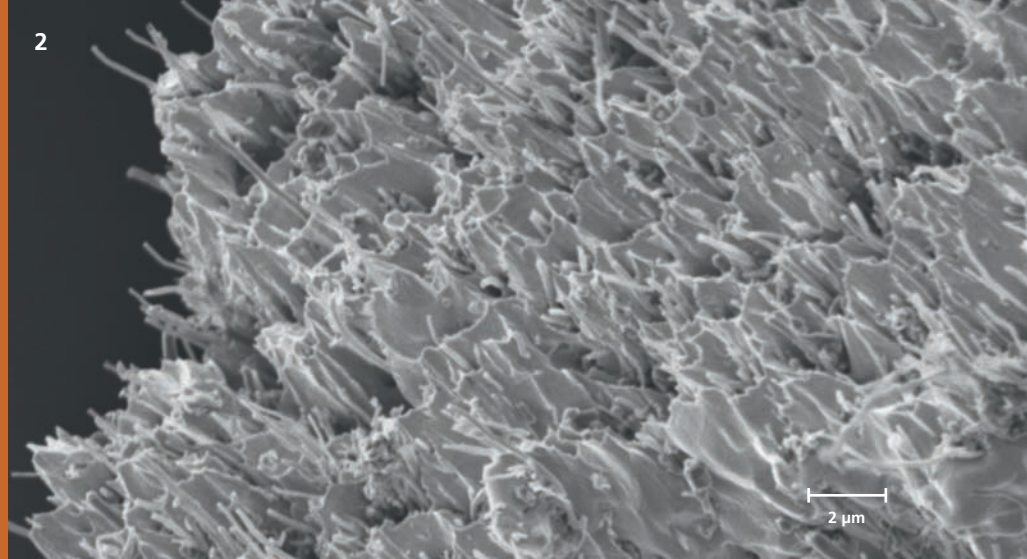
Fax +49 351 2537 399
www.ifam-dd.fraunhofer.de

Motivation

Kohlenstoffnanoröhren (CNT) bieten aufgrund ihrer hohen Festigkeit sowie elektrischen und thermischen Leitfähigkeit die Möglichkeit, Verbundwerkstoffe durch Einlagerung der CNT in eine metallische Matrix herzustellen. Diese sind gekennzeichnet durch eine Festigkeitssteigerung bei gleichbleibenden oder erhöhten elektrischen und thermischen Leitfähigkeiten im Vergleich zur reinen Matrix. Die pulvermetallurgische Herstellung von Metall/CNT-Verbundwerkstoffen ist Gegenstand aktueller Forschungsarbeiten am Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung (IFAM) in Dresden, dabei werden Metalle wie z.B. Kupfer, Aluminium, Eisen und deren Legierungen als Matrix verwendet.

Vorgehensweise

Kohlenstoffnanoröhren unterschiedlicher Hersteller werden zu dispergierfähigen CNTs aufbereitet (Bild 1). Das anschließende ultraschallunterstützte Mischen von Kupferpulver mit dispergierfähigen CNT im wässrigen Medium bietet die Möglichkeit, homogene Pulvermischungen herzustellen (Bild 2). Diese werden mit Hilfe von Heißpressen, Spark Plasma Sintern und heißisostatischem Pressen zu Halbzeugen mit einer Dichte größer 90 % TD verdichtet. Eine weitere Formgebung bzw. Umformung ist beispielsweise durch Strangpressen und/oder Drahtziehen möglich. Die Ausrichtung der CNT kann abhängig vom Herstellungsverfahren gezielt eingestellt werden von dreidimensionaler bis hin zu eindimensionaler Ausrichtung.



Charakterisierung

Die Metall/CNT-Verbundwerkstoffe werden hinsichtlich Gefüge, mechanischen und thermophysikalischen Eigenschaften umfassend charakterisiert.

Mechanische Festigkeit

Stranggepresste Kupfer/CNT-Verbundwerkstoffe weisen parallel zur Strangpressrichtung eine Festigkeitssteigerung mit steigendem Volumengehalt an CNT auf.

In Abbildung 1 sind die Spannungs-Dehnungs-Kurven von Cu/CNT-Verbundwerkstoffen mit bis zu 10 Vol. % CNT eines Typs dargestellt.

Durch Variation des CNT-Typs sind unterschiedliche Festigkeitssteigerungen bei vergleichbarem Volumengehalt an CNT erzielbar (Abbildung 2). Durch Einlagerung von 3,5 Vol. % CNT in eine Kupfermatrix kann die Streckgrenze $R_{p0,2}$ auf 200 % und die Zugfestigkeit R_m auf 125 % im Vergleich zu reinem Kupfer ($R_{p0,2} = 70$ MPa, $R_m = 210$ MPa) gesteigert werden.

Elektrische Leitfähigkeit

Bei der Messung der spezifischen elektrischen Leitfähigkeit ist die Anisotropie der Kupfer/CNT-Verbundwerkstoffe erkennbar (Abbildung 3). Dabei ist die höhere Leitfähigkeit parallel zur Pressrichtung ein Indiz für die eindimensionale Ausrichtung der CNT. Der Einfluss unterschiedlicher CNT-Typen wird ebenfalls sichtbar. Bei einem Volumengehalt von 3,5 Vol. % ist eine spezifische elektrische Leitfähigkeit vergleichbar mit reinem Kupfer einstellbar.

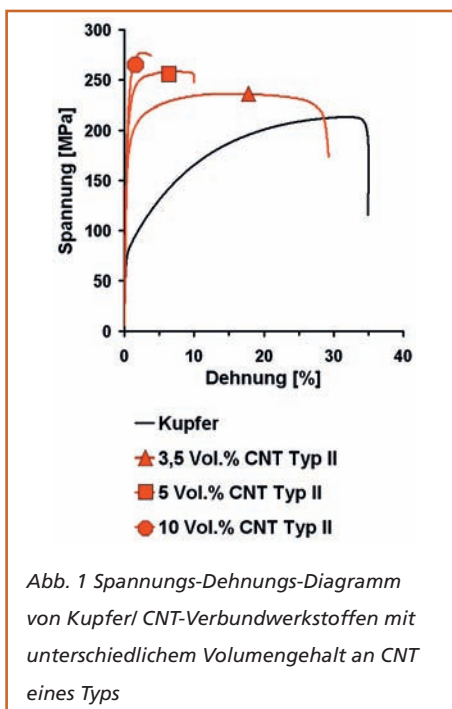


Abb. 1 Spannungs-Dehnungs-Diagramm von Kupfer/ CNT-Verbundwerkstoffen mit unterschiedlichem Volumengehalt an CNT eines Typs

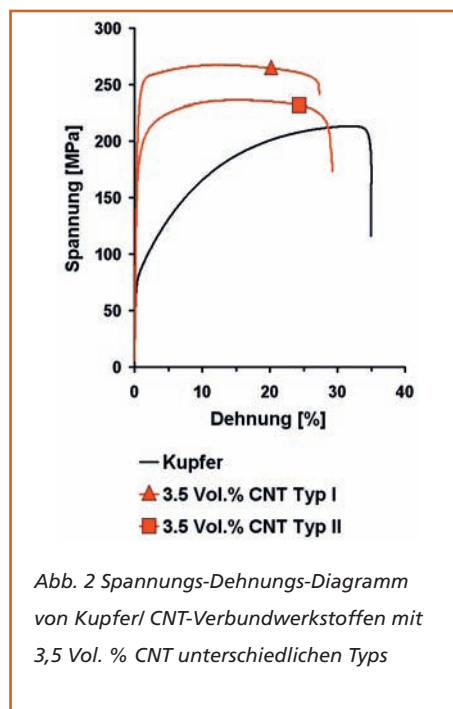


Abb. 2 Spannungs-Dehnungs-Diagramm von Kupfer/ CNT-Verbundwerkstoffen mit 3,5 Vol. % CNT unterschiedlichen Typs

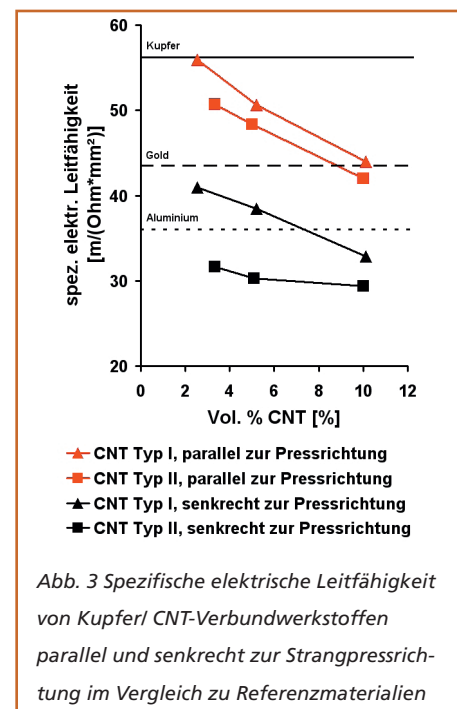


Abb. 3 Spezifische elektrische Leitfähigkeit von Kupfer/ CNT-Verbundwerkstoffen parallel und senkrecht zur Strangpressrichtung im Vergleich zu Referenzmaterialien

- 1 Kupfer/CNT-Draht mit 10 Vol. % CNT
- 2 Ausrichtung der CNT im Kupfer/CNT-Verbundwerkstoff