

Neue Methode zur Prüfung bestrahlter Materialien auf der Nano-Ebene

Ein Expertenteam um den Leobener Materialforscher Ass.Prof. Dipl.-Ing. Dr. mont. Daniel Kiener (Lehrstuhl für Materialphysik) hat eine neuartige Methode entwickelt, um aus mikroskopisch kleinen Druckproben Eigenschaften und Verformungsmechanismen für bestrahlte Materialien ermitteln zu können. Die Ergebnisse dieser aktuellen Forschung wurden von Kiener und den Co-Autoren P. Hosemann, S.A. Maloy und A.M. Minor nun in der renommierten Fachzeitschrift "Nature Materials" unter dem Titel "In situ nanocompression testing of irradiated copper" veröffentlicht.

Wie die tragischen Ereignisse im japanischen Fukushima aller Welt zeigten, muss die Sicherheit von Nuklearreaktoren verbessert werden. Dies kann einerseits durch verstärkte Kontrollen, die so genannten "stress-tests", oder präventiv durch die Entwicklung besserer Werkstoffe erfolgen. "Beide Vorgehensweisen sind machbar, aber in der klassischen Herangehensweise auch jeweils sehr zeit- und kostenintensiv", meint Dr. Kiener. "Zu bedenken ist auch, dass ein Abschalten sämtlicher Reaktoren die Versorgung der medizinischen Industrie mit Radioisotopen und die Forschung in diesen Bereichen schwer beeinträchtigt würde."

Alternativ zur klassischen Werkstoffprüfung hat Kiener mit einem internationalen Team von Wissenschaftlern der Universität Berkeley in Kalifornien und zweier Nationaler Großforschungseinrichtungen in den USA (Berkeley National Laboratory und Los Alamos National Laboratory) eine neue Methode entwickelt, um Entwicklung und Prüfung von Reaktorwerkstoffen wesentlich zu verbessern. Dazu bestrahlten die Forscher den Modellwerkstoff Kupfer mit Protonen. Dieser hochenergetische Beschuss erzeugt Defekte im Material, wie sie auch in einem Reaktorwerkstoff in realem Einsatz auftreten würden. "Wir konnten zeigen, dass wir an nur ~400 nm großen Proben – 1 nm entspricht einem Milliardstel Meter – mechanische Kennwerte des makroskopischen Werkstoffes ermitteln können", so Kiener.

Diese Miniaturisierung bietet eine Reihe von Vorteilen. So kann man, wie im konkreten Fall, die Proben für Forschungszwecke mit Protonen bestrahlen und vermeidet damit die Gefahr der Materialaktivierung (Radioaktivität), wie es bei der Verwendung von Neutronen der Fall wäre. Zusätzlich sind diese Proben so winzig, dass man mit speziellen Elektronenmikroskopen die Verformung direkt im atomaren Bereich beobachten kann. "Neben den mechanischen Kennwerten erhält man durch so einen miniaturisierten Versuch, bei dem man im Elektronenmikroskop live zusehen kann, auch gleich den Verformungsmechanismus – der sich im konkreten Fall auf wenige atomare Ebenen beschränkt – frei Haus mitgeliefert", erklärt Kiener. Eben dieses mechanistische Verständnis ist ungemein wichtig für die Werkstoffentwicklung. Zusätzlich skaliert bei strahlendem Material die Strahlendosis mit dem Volumen. Die mikroskopischen Probenvolumina bei diesem neuen Verfahren erleichtern dadurch die sichere Handhabung ungemein.

"Aus den USA zurück in Leoben waren wir am Lehrstuhl für Materialphysik durch die Unterstützung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften und der Montanuniversität Leoben in der Lage, das nötige Spezial-Equipment für derartige Versuche anzuschaffen und in Leoben im modernsten Transmissionselektronenmikroskop Österreichs zu installieren", freut sich Kiener auf die Fortsetzung seiner Forschungen.

Kurzbiografie Daniel Kiener

Daniel Kiener studierte Werkstoffwissenschaft an der Montanuniversität Leoben, wo er 2007 auch promovierte. Nach Post-doc Stellen am Department für Physikalische Chemie der Ludwig-Maximilians-Universität München und dem National Center for Electron Microscopy am Lawrence Berkeley National Laboratory (USA) trat er im Herbst 2010 eine Stelle als Assistenzprofessor am Department Materialphysik der Montanuniversität an. Dr. Kiener erhielt in seiner noch jungen Karriere bereits einige Auszeichnungen, darunter den Acta Materialia Student Award 2008, den Herbert-Depisch-Preis 2009 und den Josef-Krainer-Preis 2010. Seine Forschung im Bereich der Werkstoffmechanik in kleinen Dimensionen beschäftigt sich mit dem Verständnis der festigkeitsbestimmenden Verformungsmechanismen. Dazu entwickelt Dr. Kiener miniaturisierte quantitative Versuche, welche in situ in Elektronenmikroskopen durchgeführt werden. So können neben den mechanischen Kennwerten die plastischen Verformungsmechanismen im Mikrometer- und Sub-Mikrometerbereich direkt beobachtet werden.

Weitere Informationen:

Ass.Prof. Dipl.-Ing. Dr.mont. Daniel Kiener

Lehrstuhl für Materialphysik der Montanuniversität Leoben

Tel.: +43/(0)3842/804 412

Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.rer.nat. Gerhard Dehm

Lehrstuhl für Materialphysik der Montanuniversität Leoben

Tel.: +43/(0)3842/804 109

E-Mail: [gerhard.dehm\[at\]unileoben.ac.at](mailto:gerhard.dehm[at]unileoben.ac.at)

Artikel in "Nature Materials"