

Medienmitteilung

Villigen PSI, 2. September 2004

Wichtiger Schritt in der Materialforschung

Kleinstkristalle zeigen überraschendes Verhalten

Besonders fein strukturierte Metalle haben eine bemerkenswerte Eigenschaft: Anders als bei herkömmlichen Materialien hinterlassen hier Verformungen keine Deformationsspuren. Dieses verblüffende Verhalten von nanokristallinen Werkstoffen deckte ein Forschungsteam am Paul Scherrer Institut (PSI) auf. Mit einem neu entwickelten Zugtestgerät sowie einem speziellen Messsystem verfolgten die Wissenschaftler erstmals in Echtzeit das Geschehen im Innern solcher Metalle. Anhand der Resultate lassen sich die mechanischen Eigenschaften von Werkstoffen verbessern. Profitieren davon kann beispielsweise die Mikroelektronik mit stets raffinierteren Materialien für Computerchips, Airbag-Sensoren und miniaturisierte Maschinen.

Wer Metalle plastisch verformt, hinterlässt Spuren: In den kleinen kristallinen Körnern, aus denen diese Materialien aufgebaut sind, entstehen durch äussere Kräfte mikroskopische Unregelmässigkeiten. Dies gilt jedoch nur, solange die Korngrösse über 50 Nanometer liegt, also grösser ist als 50 Millionstel-Millimeter. Was unter dieser Grenze passiert, wusste lange Zeit niemand so genau. «Die Theorie sagt voraus, dass in Nanokristallen keine solchen Unregelmässigkeiten entstehen», erklärt Helena Van Swygenhoven, Materialwissenschaftlerin am PSI. Diese Annahme konnte jedoch bislang noch niemand beweisen – zu klein waren die Proben und zu gering die potenziellen Veränderungen.

Nun gelang der Forschungsgruppe von Van Swygenhoven zum ersten Mal, in Echtzeit Veränderungen innerhalb der Nanokristalle zu beobachten. Wie zuvor eigene Computersimulationen gezeigt hatten, stiessen die Wissenschaftler dabei entgegen den theoretischen Vorhersagen auf ähnliche Prozesse wie bei grösseren Strukturen – jedoch mit einem entscheidenden Unterschied: Die dabei entstehenden linienförmigen Fehlerrundungen durchqueren das ganze Korn und verschwinden wieder. Den Kristallen ist die plastische, das heisst irreversible Verformung nachträglich also nicht mehr anzusehen. Dieser überraschende Befund des PSI-Teams hat in der Fachwelt viel Aufmerksamkeit erregt und führte vor kurzem zu zwei Veröffentlichungen in den prestigeträchtigen Wissenschaftszeitschriften «Science» und «Nature».

Hundeknochen aus Nanomaterial

Um die Materialverformung unter standardisierten Bedingungen zu prüfen, bauten die Materialforscher zuerst eine Zugtestmaschine, in der sie die nur wenige Millimeter kleinen Proben prüfen können. Damit man die Prüfmuster ins Gerät einzuspannen vermag, müssen sie die Form eines Hundeknochens haben. Den eigentlichen Einblick in die kleinen Strukturen verschaffen sich die Wissenschaftler mit der hoch intensiven Röntgenstrahlung aus der Synchrotron Lichtquelle Schweiz (SLS), einem Teilchenbeschleuniger für Elektronen. Die stark gebündelte Strahlung wird dabei von der Kristallstruktur der Körner abgelenkt und danach von einem speziellen Detektor aufgefangen. Aufgrund der Ablenkung der Strahlung lassen sich Veränderungen in der Struktur der Proben nachweisen. «Der Detektor ist weltweit einmalig und ermöglicht uns die Messungen in Echtzeit», sagt Van Swygenhoven.

Für die nächste Generation der Mikroelektronik

Die Arbeiten der Materialforschungsgruppe am PSI sind ein wichtiger Schritt für die nächste Generation der Mikroelektronik: Sie liefern die Grundlagen zum Verständnis der Materialeigenschaften von metallischen Bauteilen in mikroelektromechanischen Systemen. Solche so genannten MEMS sind winzige Sensoren, Ventile oder Motoren, die in Halbleiter-Chips eingebunden sind. Sie dienen beispielsweise in Airbags als Bewegungsmelder, die nicht dicker sind als ein menschliches Haar. Auch Entwickler neuartiger Werkstoffe mit verbesserten mechanischen Eigenschaften profitieren künftig von den PSI-Messungen. So sind im Flugzeugbau harte und gleichzeitig verformbare Materialien gesucht. Unterstützt wird die Forschung am PSI vom Schweizerischen Nationalfonds.

Quellen:

Zeljka Budrovic, PSI, et al., Science, Volume 304, Seiten 273 bis 276.

Helena Van Swygenhoven, PSI, et al., Nature Materials, 2004, Volume 3, Seiten 399 bis 403.

Für weitere Auskünfte:

Dr. Helena Van Swygenhoven, Gruppe Materialforschung und Simulation, PSI; Tel. +41 (0)56 310 29 31; helena.vs@psi.ch

Der Text dieser Medienmitteilung sowie Bilder dazu lassen sich vom Internet herunterladen:

http://www.psi.ch/medien/medien_news.shtml.

Kontakt für Medien:

Beat Gerber, Verantwortlicher für Kommunikation
Paul Scherrer Institut
5232 Villigen PSI, Schweiz

Telefon +41 (0) 56 310 29 16
Telefax +41 (0)56 310 27 17
E-Mail beat.gerber@psi.ch