

## PRESSEMITTEILUNG

**Was Superlegierungen super macht:**

Berlin, 14.01.2014

**Forscher haben erstmals detailliert beobachtet, wie sich durch Wärmebehandlung eine hierarchische Mikrostruktur in einer Superlegierung entwickelt**

**Weitere Informationen:**

**Dr. Nelia Wanderka**  
Institut für Angewandte  
Materialforschung

Tel.: +49 (0)30-8062-42079  
wanderka@helmholtz-berlin.de

**Florian Vogel**

Institut für Angewandte  
Materialforschung

Tel.: +49 (0)30-8062-43217  
florian.vogel@helmholtz-berlin.de

**Pressestelle**

Dr. Antonia Rötger  
Tel.: +49 (0)30-8062-43733  
Fax: +49 (0)30-8062-42998  
antonia.roetger@helmholtz-berlin.de

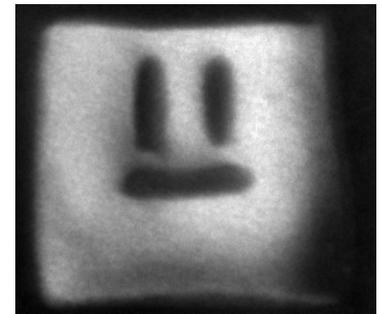
In Hochleistungsturbinen müssen Materialien nicht nur gewaltigen mechanischen Kräften standhalten, sondern auch noch bis nahe an den Schmelzpunkt stabil bleiben. Daher verwenden Turbinenbauer seit Jahrzehnten spezielle Hochleistungslegierungen auf Basis von Nickel. Eine neue Arbeit aus dem HZB zeigt nun im Detail, wie sich in einer Nickel-Basis-Legierung neue Phasen bilden und verändern und gibt Hinweise darauf, wie sich Hochleistungslegierungen weiter verbessern lassen könnten. Doktorand Florian Vogel und Dr. Nelia Wanderka vom HZB-Institut für Angewandte Materialforschung haben dafür zwei Methoden geschickt kombiniert: Die Transmissionselektronenmikroskopie und die Atomsondentomografie, die sie in Zusammenarbeit mit Kollegen der Universität Münster durchgeführt haben.

Insbesondere interessierten sich die beiden Forscher für das Phänomen der Phasenseparation, das schon seit rund 50 Jahren bekannt ist, bislang aber weder genau beobachtet noch verstanden werden konnte. Denn bei gezielter Alterung oder Wärmebehandlung verändert sich die Mikrostruktur von Nickel-Basis-Legierungen, und in der klassischen zweiphasigen Mikrostruktur bilden sich neue Phasen. Wanderka und Vogel konnten nun diesen Prozess erstmals auf atomarer Ebene beobachten.

Dabei simulierten sie durch verschieden lange Wärmebehandlungen den Alterungsprozess der Legierung. Mit Aufnahmen unter dem Transmissionselektronenmikroskop dokumentierten sie, wie sich die Mikrostruktur bei der „Alterung“ der Legierung verändert. Dabei besteht die klassische Mikrostruktur von Nickel-Basis-Legierungen aus einer sogenannten  $\gamma$ -Matrix, in die würfelförmige Ausscheidungen ( $\gamma'$ -Ausscheidungen) eingebettet sind. In diesen Ausscheidungen bilden sich durch die Wärmebehandlung sphärische  $\gamma$ -Partikel, die sich im weiteren Verlauf zu Plättchen zusammenschließen und letztlich die  $\gamma'$ -Ausscheidungen aufspalten. Die thermo-mechanischen Eigenschaften derartiger Legierungen hängen maßgeblich von der Stabilität dieser  $\gamma/\gamma'$ -Mikrostruktur ab.

Um zu ermitteln, welche atomare Zusammensetzung die einzelnen Phasen besitzen und die Entstehung und Identität der noch unbekanntesten  $\gamma$ -Partikel zu enthüllen, untersuchten Vogel und Wanderka die gealterten Proben mit der Atomsondentomografie an der Universität Münster: Damit konnten sie den atomaren Aufbau der Proben Schicht für Schicht rekonstruieren und die Zusammensetzung aller Phasen bestimmen, sodass sie die chemische Evolution der  $\gamma$ -Partikel aufklären konnten.

„Bisher ging man davon aus, dass die Aufspaltung der  $\gamma'$ -Ausscheidungen unter Temperatureinfluss die Mikrostruktur verfeinert, was für die Belastbarkeit der Legierung von Vorteil wäre. Wir konnten nun zeigen, dass das nicht richtig ist:



TEM-Aufnahme der Superlegierung  $\text{Ni}_{86.1}\text{Al}_{8.5}\text{Ti}_{5.4}$ . Die Abbildung zeigt eine ca. 100 nm große  $\gamma'$ -Ausscheidung (hell), die von der  $\gamma$ -Matrix (dunkel) umgeben ist. Innerhalb der  $\gamma'$ -Ausscheidung sind plättchenförmige  $\gamma$ -Partikel (dunkel) zu erkennen.  
Bild: HZB

Zwar verändert sich die Mikrostruktur deutlich, jedoch wird sie durch die Aufspaltung nicht verfeinert. Tatsächlich können wir die besten mechanischen Eigenschaften mit der Anwesenheit sphärischer oder plättchenförmiger  $\gamma$ -Partikel verknüpfen und nicht mit den späteren Stadien, wenn die Aufspaltung der  $\gamma'$ -Ausscheidungen stattgefunden hat“, erklärt Florian Vogel. Und Nelia Wanderka fügt hinzu: „Wenn wir die Stabilität der Mikrostruktur und damit die thermo-mechanischen Eigenschaften der Legierung verbessern wollen, müssen wir also durch geeignetes Legierungsdesign und Wärmebehandlungen dafür sorgen, dass die  $\gamma'$ -Ausscheidungen nicht von den  $\gamma$ -Partikeln aufgespalten werden, sondern sie darin erhalten bleiben. Die Atomsondentomografie hilft uns dabei, zu verstehen, welche Rolle die Legierungselemente bei Bildung und Wachstum der  $\gamma$ -Partikel spielen. Daraus können wir lernen, wie sich diese Prozesse beeinflussen lassen.“

Die Arbeit ist am 20.12.2013 in den renommierten Nature Communications veröffentlicht worden.

<http://www.nature.com/ncomms/2013/131220/ncomms3955/full/ncomms3955.html>

doi:10.1038/ncomms3955

Das **Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie (HZB)** betreibt und entwickelt Großgeräte für die Forschung mit Photonen (Synchrotronstrahlung) und Neutronen mit international konkurrenzfähigen oder sogar einmaligen Experimentiermöglichkeiten. Diese Experimentiermöglichkeiten werden jährlich von mehr als 2500 Gästen aus Universitäten und außeruniversitären Forschungseinrichtungen weltweit genutzt. Das Helmholtz-Zentrum Berlin betreibt Materialforschung zu solchen Themen, die besondere Anforderungen an die Großgeräte stellen. Forschungsthemen sind Materialforschung für die Energietechnologien, Magnetische Materialien und Funktionale Materialien. Im Schwerpunkt Solarenergieforschung steht die Entwicklung von Dünnschichtsolarzellen im Vordergrund, aber auch chemische Treibstoffe aus Sonnenlicht sind ein wichtiger Forschungsgegenstand. Am HZB arbeiten rund 1100 Mitarbeiter/innen, davon etwa 800 auf dem Campus Lise-Meitner in Wannsee und 300 auf dem Campus Wilhelm-Conrad-Röntgen in Adlershof.

Das HZB ist Mitglied in der Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren e.V., der größten Wissenschaftsorganisation Deutschlands.