



Der Einfluss von Grenzflächen auf die Spannungs- und Dehnungsfelder bei Kristallplastizität und deren Auswirkung auf das Gleitverhalten von bikristallinen Mikrodruckproben

Zusammenfassung

Idriss Tiba

Die Untersuchung des mechanischen Verhaltens von Bikristallen ermöglicht die Rolle von Korngrenzen bei der Verformung von Polykristallen besser verstehen zu können. In der vorliegenden Arbeit wird ein innovativer Ansatz verfolgt, dem die Herstellung von bikristallinen Mikrodruckproben zusammen mit einer mikromechanischen Analyse des Kristallplastizitätsverhaltens zugrunde liegt. Der theoretische Ansatz basiert auf der statischen Kontinuumstheorie von Versetzungen (FDM-Theorie, Field Dislocation Mechanics). Hierbei werden die Versetzungen an der Korngrenze durch eine kontinuierliche Verteilungsfunktion beschrieben. Dieses Modell stellt die expliziten analytischen Ausdrücke der Spannungs- und Verzerrungsfelder im Fall eines unendlichen Bikristalls mit planaren Grenzen dar. Der Beitrag der unterschiedlichen Inkompatibilitätsquellen, die sich in an der Korngrenze in den beiden Kristalliten entwickeln können, wird auf Basis der elastischen und plastischen Anisotropie betrachtet. Finite Elemente Simulationen werden verwendet, um diesen Ansatz in einem Gebiet in der Nähe der Korngrenze und weit weg von der freien Oberfläche zu validieren. Die Ergebnisse des Modellierungsansatzes werden mit experimentellen Ergebnissen verglichen, die auf Drucktests von bikristallinen Mikroproben aus Nickel bei Raumtemperatur basieren. Die Mikroproben werden mittels Focused Ion Beam (FIB) Technik hergestellt und besitzen einen Durchmesser von $10\ \mu\text{m}$ bei einem Aspektverhältnis von 2. Der Fokus lag zuerst auf der Untersuchung bzw. Vorhersage der Scherspannungen in den möglichen Gleitsystemen der beiden Körner mittels des Kontinuummodells.

Der Kristallvolumenanteil und Korngrenzen-Neigungswinkeleffekte werden ebenfalls in der Analyse berücksichtigt. Anschließend wird das Ergebnis des Kontinuumsansatzes mit den experimentellen Ergebnissen der Gleitsystemaktivitäten verglichen. In Bezug auf den Beginn der Plastizität und den damit verbundenen Gleitsystemaktivitäten in den beiden Kristalliten zeigt das neu entwickelte Modell eine bessere Übereinstimmung als das einfache Schmid'sche Schubspannungsgesetz.

Zusätzlich zu den experimentellen Mikrodruckversuchen wird Elektronenrückstreubeugung (Electron Backscatter Diffraction) durchgeführt, um auch die lokalen Kristallorientierungen während der Verformung zu quantifizieren. Auch die Orientierungsänderungen werden anschließend mit dem mikromechanischen Ansatz verglichen und zeigen eine gute Übereinstimmung. Damit konnte gezeigt werden, dass dieses neu entwickelte analytische Kontinuumsmodell die lokalen Spannungen und Verzerrungen an Korngrenzen auch im Falle von anisotropen Materialeigenschaften akkurat wiedergeben kann.