In-situ Messung der 3D-Topografie von Bruchflächen im REM

Matthias Hemmleb¹, Dirk Bettge²

¹point electronic GmbH, Halle (Saale) ²Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin

Motivation

Die Abbildung von Bruchflächen im REM liefert hochaufgelöste Bilddaten, die für die mikrofraktografische Bewertung von Bruchmechanismen unerlässlich sind. Durch den Abbildungsprozess im REM gehen räumliche Informationen im Normalfall größtenteils verloren. Mit der Verwendung eines segmentierten Elektronenrückstreudetektors ist dagegen die Erzeugung eines 3D-Oberflächenmodells







während der Bildaufnahme praktisch in Echtzeit möglich. Die hier beschriebene Untersuchung soll die Anwendbarkeit des Verfahrens auf Bruchflächen zeigen. Zukünftig können Topografiedaten dazu beitragen, Bruchflächen besser zu interpretieren.



Abb. 1: Hybrider Standard 4Q-BSE Detektor (point electronic GmbH, links), Premium 4Q-BSE Detektor mit Einschubmechanismus (PNDetector GmbH, rechts)

Topografieerfassung am REM mit BSE-Detektor

Für die in-situ Erfassung der Probentopografie wird ein fest eingebauter oder rückziehbarer BSE-Detektor verwendet, der vier symmetrische Segmente besitzt



Abb. 3: Cu-Gewaltbruch, SE-Bild, 150-fache Vergrößerung Abb. 4: Cu-Schwingbruch, SE-Bild, 1.000-fache Vergrößerung

Anwendungsbeispiel

Als Beispiel für die Bestimmung der 3D-Topografie in der Fraktographie wurden Bruchflächen von Proben aus einer Legierung auf Kupferbasis untersucht. In Laborversuchen wurden Gewalt- und Schwingbrüche erzeugt, um die typischen Merkmale solcher Bruchflächen zu bestimmen. Typisch für den Schwingbruch unter bestimmten Bedingungen sind z.B. kristallographisch orientierte Facetten, deren geometrische Eigenschaften zusätzliche Informationen liefern könnten, die bislang ungenutzt bleiben (Abb. 4).



(4Q-BSE, Abb. 1). Die richtungsabhängigen Unterschiede der Rückstreusignale werden verwendet, um den Normalenvektor für jedes Oberflächenelement und letztlich das gesamte Höhenmodell zu berechnen ("Shape from Shading"). Das Verfahren arbeitet unabhängig von Materialunterschieden, da bei Verwendung von vier Signalen wegen der Überbestimmung auch die topografieunabhängige Rückstreurate für jedes Oberflächenelement bestimmt wird.



Abb. 2: Steuersoftware für BSE-Topografie am REM

Abb. 5: Cu-Gewaltbruch, farbkodierte 3D-Ansicht der Topografiedaten, gleicher Bildausschnitt wie in Abb. 3 Abb. 6: Cu-Schwingbruch, 3D-Ansicht der Topografiedaten, gleicher Bildausschnitt wie in Abb. 4, gedreht

Ergebnisse

Die Gewaltbruchfläche (Abb. 5) zeigt im REM größtenteils eine Wabenstruktur, wie sie für duktile metallische Werkstoffe bekannt und typisch ist. Im Gegensatz zum SE-Bild ist für jeden Bildbereich die Höhenlage klar erkennbar. Die Schwingbruchfläche (Abb. 6) weist zu einem erheblichen Anteil geometrische Strukturen auf, wie sie sowohl im SE-Bild als auch in der Topografiedarstellung erkennbar sind.

Zusammenfassung

Die Messung und Darstellung der 3D-Topografie von Bruchflächen zusätzlich zu SEund BSE-Aufnahmen ist ohne großen Zeitaufwand möglich. Die erhaltenen 3D-Modelle geben die in SE-Bildern erkennbaren Strukturen in praktisch gleicher Auflösung mit nur geringen Artefakten wieder, wobei Hinterschneidungen o.ä.

Verwendete Messkonfiguration

Für die Messungen wurde ein BSE-Topografie-Messsystem der point electronic GmbH mit hybridem Standard-Detektor verwendet, welches an einem Hitachi-REM (S-520) installiert ist. Das Messsystem zeichnet sich u.a. dadurch aus, dass alle vier Kanäle werksseitig kalibriert sind und parallel verarbeitet werden. In Verbindung mit einer 3D-Kalibrierstruktur ist damit parallel zur SE- und BSE-Bildaufnahme die quantitative Messung der Topografie von Bruchflächen in Echtzeit möglich (siehe Abb. 2). verfahrensbedingt nicht dargestellt werden können. Die so ermittelten

Topografiedaten sollen zukünftig einen Beitrag zur softwaregestützten Bewertung von Bruchflächen leisten.

Dank

Wir danken Dirk Berger (TU Berlin, ZELMI) für die Bereitstellung des REM mit dem Topografiemesssystem und Ralf Häcker (BAM) für die Durchführung der mechanischen Experimente.

Kontakt: point electronic GmbH | Erich-Neuss-Weg 15 | 06120 Halle (Saale) | Germany | +49 345 1201190 | <u>info@pointelectronic.de</u> Weitere Informationen und detaillierte technische Daten finden Sie hier: <u>www.pointelectronic.de</u>