

Charakterisierung von mineralischem Strahlgut auf orthopädischen Implantaten mittels QBSD-Detektor an einem FE-REM

¹Göske J., ¹Kachler W., ²Holzwarth U. & ³Schuh A.

¹Zentrum für Werkstoffanalytik Lauf GmbH

in Kooperation mit:

Mineralogie Martin Luther-Universität Halle-Wittenberg
Fachhochschule Nürnberg, FB Werkstofftechnik

www.werkstoffanalytik.de

juergen.goeske@werkstoffanalytik.de

²Peter Brehm, Chirurgie Mechanik

³Orthopädische Klinik Rummelsberg

Einleitung:

Strahlverfahren mit mineralischem Strahlgut wie Al_2O_3 -Partikel werden zur Herstellung rauer Oberflächen bei den unterschiedlichsten Prozessen zur Oberflächenbearbeitung von zementfreien Hüftimplantaten (Titan bzw. Titanlegierungen) verwendet, um die knöcherne Integration der Implantate zu verbessern (Bilder 1&2). Neben den Strahlparametern wie Strahlstärke, Aufprallwinkel des Strahlgutes und Strahldauer spielen sowohl Durchmesser, als auch Kornform und Reinheit des Strahlgutes eine entscheidende Rolle. Bei diesem Verfahren verbleiben jedoch Restpartikel auf und in der Oberfläche des bearbeiteten Implantats. Diese mineralischen Rückstände werden als eine der Ursachen für Drittkörperverschleiß verantwortlich gemacht /1/ und können eine entscheidende Rolle bei Makrophagenreaktionen und bei der Bildung von Granulationsgewebe (Bild 4) und somit bei der Lockerung von Hüftendoprothesen spielen /2/. Ziel dieser Arbeit ist es, die mineralischen Rückstände auf Implantatoberflächen in der Hüftendoprothetik mit einem geeigneten Analyseverfahren (schnell, preiswert, analytisch und zerstörungsfrei) zu lokalisieren und zu charakterisieren.

Methodik & Material:

Ein FE-REM in Kombination mit einem SE, InLens und QBSD-Detektor wird eingesetzt um neben dem Topographiekontrast auch den Materialkontrast abzubilden (Bild 3). Zur Analyse wurden immer folgende konstante Geräteeinstellungen am FE-REM und am QBSD-Detektor angewandt:

- Exakt gleiche Bildbreite: Bildausschnitt: 1800 x 1230 μm , Apertur: 30 μm
- Hochspannung: 20 kV, Vergrößerung: 200-fach
- Kontrast QBSD-Detektor: 100%, Helligkeit QBSD-Detektor: 80%, WD: 11 mm

Eine begleitende EDX-Analyse liefert die Elementverteilung. Auf diesen Bereichen wird mittels QBSD-Detektor der Materialunterschied ermittelt und anschließend die verschiedenen Grautöne mit digitaler Bildauswertung quantifiziert (Bilder 7, 8 & 9).

Ergebnisse und Diskussion:

Im vorliegenden Fall setzt sich das Untersuchungsmaterial aus einer metallischen Komponente (orthopädisches Implantat) mit hoher Ordnungszahl (OZ) des Materials (z.B. Legierung TiAl6Nb7, mittlere OZ = 28) und aus Al_2O_3 -Partikeln mit der mittleren OZ von 10 zusammen.

Es werden die Oberflächen von verschiedenen Implantaten unterschiedlicher Geometrie (z.B. ARR-Stützring, anisotrope Vektor-Pfanne, Vektor-Titanschaf, und MRP- Titanschaf, jeweils Peter Brehm, Chirurgiemechanik, Weisendorf) auf Al_2O_3 -Partikel analysiert.

Auf den Oberflächen der unterschiedlichen orthopädischen Implantat-Werkstücke konnten Anteile an Al_2O_3 -Partikeln von ca. 20% bis zu 40% nachgewiesen werden (Bild 10).

Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, dass in einem hohen Prozentsatz mineralisches Strahlgut auf den orthopädischen Implantaten nachweisbar ist (Bilder 11 & 12).

Im Hinblick auf das potentielle Problem des Drittkörperverschleißes sind weitere Studien erforderlich, um den Anteil von Restpartikeln bei gleich bleibend hoher Oberflächenrauheit zu minimieren.

Literatur:

- /1/ M. Böhler et al., J Bone Joint Surg 2002, 84(1)
/2/ I. Bos et al., Biomed Tech 2003, 48(1-2), 20-6

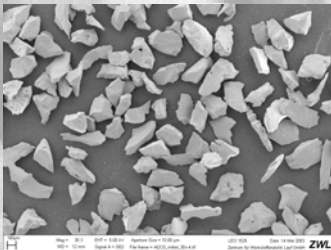


Bild 1: Mineralisches Strahlgut: Al_2O_3 ("Edeikorund" Alodur®SWSK, Fa. Treibacher)

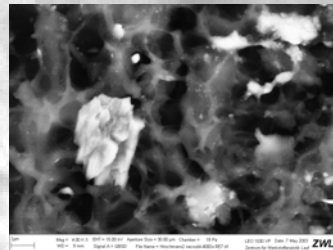


Bild 4: Ausschnitt eines explantierten Granulums. Al_2O_3 -Partikel als helle Körner im Gewebe sichtbar.

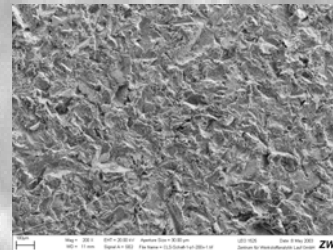


Bild 7: FE-REM SE-Aufnahme: Raugestrahlte Oberfläche eines Vektorschafes wie in Abb.6 dargestellt.

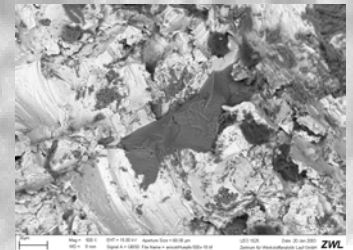


Bild 10: FE-REM QBSD-Aufnahme: Helle Bereiche = Legierung, schwarze Bereiche = „gesteckte“ Al_2O_3 -Partikel

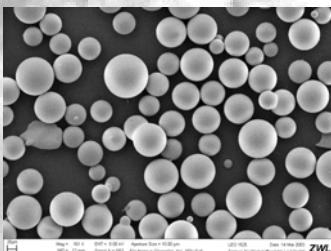


Bild 2: Mineralisches Strahlgut: Glasperlen ("BALLOTINI" MGL, Fa. Würth)



Bild 5: Implantat: „Anisotrope Vektorpfanne“ (Fa. Peter Brehm, Chirurgiemechanik)

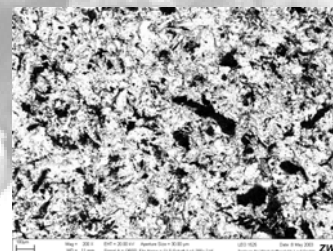


Bild 8: FE-REM QBSD-Aufnahme von Bild 7: Helle Bereiche = Legierung, schwarze Bereiche = Al_2O_3 -Partikel

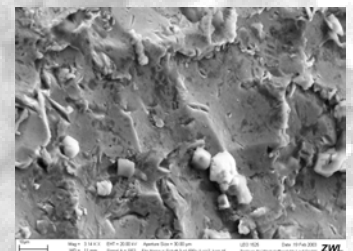


Bild 11: FE-REM SE-Aufnahme: Konussteckverbindung eines MRP-Titanschafes mit Glasperlen-Rückständen.



Bild 3: FE-REM LEO 1530 VP mit SE-, InLens- und QBSD-Detektor in Verbindung mit Kathodolumineszenz und Kryotransfereinheit



Bild 6: Implantat: „MRP-Titan-Schaf“ (Fa. Peter Brehm, Chirurgiemechanik)

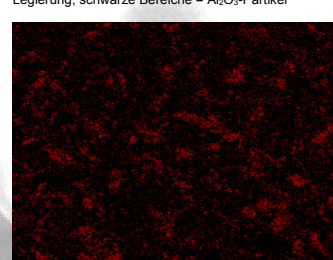


Bild 9: Begleitende EDX-Analyse des Ausschnittes in Bild 7&8: Rote Bereiche stellen die Verteilung des Aluminiums in diesem gewählten Ausschnitt dar. Eine Software-analyse liefert die Flächenverteilung in [%].



Bild 12: FE-REM SE-Aufnahme: Glasperlen in der raugestrahlten Oberfläche eines Implantates.