

# On Line Verschleißtests an Gelenkprothesen im Simulator\*)

P. Fehsenfeld, U. Kremling<sup>1)</sup>, C. Eifrig<sup>2)</sup>, Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe,  
<sup>1)</sup> IMA Materialforschung und Anwendungstechnik GmbH, Dresden,  
<sup>2)</sup> Labor für Verschleißtests, Leipzig

## Einleitung

Eine zuverlässige und empfindliche Verschleißanalyse ist Voraussetzung für die Entwicklungsarbeiten zu langlebigen Gelenkprothesen. Die Radionuklid-Technik im Maschinenbau - RTM - hat sich seit vielen Jahren als präzise, zuverlässige Verschleißdiagnostik in Industrie und Forschung bewährt. Das im Forschungszentrum Karlsruhe entwickelte Verfahren liefert online Verschleißdaten über die genau definierte, markierte Zone der kritischen Reibpartner. Seine Messempfindlichkeit reicht bei der Untersuchung von metallischen Verschleißteilen bis in den Submikrometerbereich.

Die RTM-Verschleißmesstechnik wurde für die speziellen Anforderungen zum Einsatz in der Biomechanik weiterentwickelt.

## Methode und Material

Das Verfahren basiert auf der radioaktiven Markierung der kritischen Reibzone an einem Teilchenbeschleuniger (Zyklotron Karlsruhe) mit Radionukliden mittlerer Halbwertszeit (einige Tage bis zu zwei Jahren), die eine gut messbare Gammastrahlung aussenden.

Das Prüfmedium, das die markierten Gelenkteile umgibt, wird während des Simulatorlaufs durch einen Messkreislauf geführt, in dem mit Gammastrahlungsdetektoren die Masse der Verschleißpartikel empfindlich verfolgt werden kann.

Das Echtzeitverfahren erlaubt, während des Simulatorbetriebes die Verschleißanalyse für unterschiedliche Betriebsparameter, wie Frequenz, Last, Reibmedium, etc. in einem Versuchsgang auszuführen, vgl. Abbildung 1.

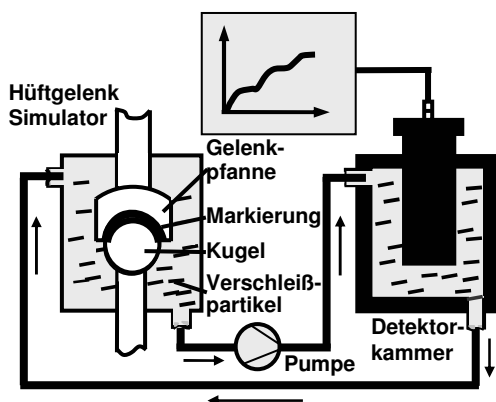


Abbildung 1: Prinzip RTM Verschleißmessung am Hüftgelenksimulator mit Konzentrationsmessverfahren

Die für Messungen an Gelenkprothesen entwickelte Anlage wurde mit dem Hüftgelenksimulator Simcox im Labor für Medizinprodukteprüfung der Firma IMA Dresden gekoppelt.

Es wurden drei Keramik-Keramik-Paarungen ( $Al_2O_3$ ) der Firma Keramed getestet, mit zentrisch um den Lastangriffspunkt markierten Kugeln ( $\varnothing$  28 mm, Radionuklid Na-22, markierte Fläche:  $10\text{ cm}^2$ , Markierungstiefe ca.  $140\text{ }\mu\text{m}$ ).

Untersucht wurden der Einlaufverschleiß, der Einfluss von Lastwechsel ( $0,5 / 2,5 - 0,3 / 3\text{ kN}$ ), Frequenz ( $1\text{ Hz} - 2\text{ Hz}$ ), Start / Stop des Simulators, der Wechsel des Mediums.

## Ergebnisse

Der Einlaufverschleiß ist bei allen drei Kugeln nachweisbar. Die Verschleißrate berechnet aus der linearen Regression über einige Stunden Messzeit beträgt für die drei Paarungen in  $\mu\text{g} / 3600\text{ Zyklen}$ , d.h. hier in  $\mu\text{g}$  pro Stunde Laufzeit:

1. 40 (0,5 / 5 kN, 1 Hz, weiche Einbettung)
2. 0,4 (0,3 / 3 kN, 1 Hz)
3. 0,09 (0,3 / 3 kN, 1 Hz, geringste Rauigkeiten).

Bei Paarung Nr. 1 verringert sich die Verschleißrate um 70 % bei Verdopplung der Frequenz.

Ein Start/Stop-Betrieb des Simulators erhöht die Verschleißrate bei Paarung Nr. 1 von 0,08 auf  $0,55\text{ }\mu\text{g} / 3600\text{ Zyklen}$ .

## Diskussion

- Es handelt sich hier um den ersten Versuch überhaupt den Verschleiß on line an Gelenkprothesen zu messen. Selbst bei den verschleißfesten Keramik-Keramik-Paarungen konnte der Masseverluste nachgewiesen werden.
- Schwache Einbettung des Schafts, ungenaue Justierung von Gelenkkopf und -pfanne bewirken starken Verschleiß, mindestens eine Größenordnung höher als bei exakt implantierten Gelenkprothesen.
- Der erwartete Einfluss der Oberflächenrauigkeiten auf den Verschleißvorgang wurde bestätigt.
- Höhere Frequenzen verringern die Verschleißrate.
- Start / Stop-Betrieb des Simulators kann die Verschleißrate erhöhen.

\*) Vortrag, Internationale Biomechanik- und Biomaterial-Tage, München, 27.-28.07.2001, Abstract veröffentlicht in: Biomaterialien 2, 2/3 (2001).