

X Tribology

Kompetenzzentrum für Tribologie

Programm: COMET – Competence Centers for Excellent Technologies

Programmlinie: K2-Zentren

COMET-Einzelprojekt 3.11, 2015-2020, Strategiprojekt

Diagnose von Reibflächenphänomenen und tribologisch induzierten Oberflächenveränderungen

Mikroskopischen Partikeln auf der Spur

Die Bestimmung von Größe und Anzahl sehr kleiner Verschleißpartikel in Schmierstoffen dient zur Identifizierung von Verschleißmechanismen und zur Früherkennung von Schäden und Ausfällen in industriellen Anlagen. Durch die neu entwickelte Messmethode ist es erstmals möglich, kleinste metallische Partikel in nicht transparentem Öl zu detektieren, deren Größe und Anzahl sehr präzise zu messen und drohende Schäden in Industrieanlagen rechtzeitig vorauszusagen.



Was ist ein Verschleißpartikel?

Den unerwünschten fortschreitenden Materialabtrag an der Oberfläche eines festen Körpers bezeichnet man als Verschleiß. Verschleiß – und damit verbunden das Entstehen von Verschleißpartikeln – tritt in nahezu allen technischen Systemen mit Gleit- bzw. Reibbeanspruchung auf, wie z. B. Reifen/Fahrbahn, Motorlager/Wellen oder künstliche Gelenke im menschlichen Körper.

Verschleiß kann durch mechanische Beanspruchungen, wie Rollen, Gleiten oder Furchen verursacht werden. Der Materialabtrag äußert sich in kleinsten Verschleißpartikeln (Abb. 1). Die Durchmesser der Partikel liegen dabei zwischen wenigen Nanometern und wenigen Mikrometern, d. h. sie sind um einen Faktor zehn bis zehntausend kleiner als die Dicke eines menschlichen Haares. Verschleißpartikel werden jedoch in sehr hoher Anzahl produziert.



Was macht ein Verschleißpartikel?

Verschleißpartikel können Schäden verursachen. Die Wirkung dieser mikroskopisch kleinen Verschleißpartikel kann anhand eines Beispiels illustriert werden: Untersuchungen zeigen, dass

die in künstlichen Gelenken (Endoprothesen) entstehenden Verschleißpartikel entzündliche Reaktionen auslösen können, was wiederum zu einer Schädigung des Knochens führt. In diesem Fall muss das künstliche Gelenk vorzeitig gewechselt werden.

Bereits bei der Entwicklung müssen daher geeignete Materialien ausgewählt werden, die geringen Verschleiß und dadurch eine geringe Anzahl von Verschleißpartikeln erzeugen. Schon im Vorfeld ist es deshalb entscheidend, den Verschleiß sowie die Anzahl und Größe der entstehenden Verschleißpartikel von verschiedenen Prothesenwerkstoffen zu ermitteln.

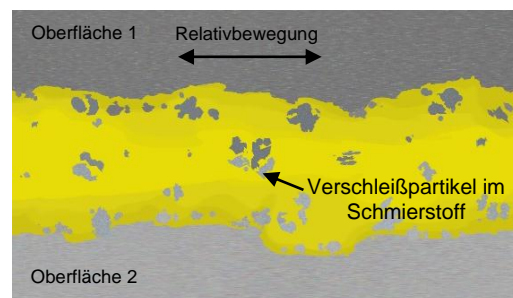


Abb. 1: Verschleißpartikel unterschiedlicher Größe zwischen zwei Reibflächen

Verschleißpartikel werden auch in täglich genutzten Geräten durch Abrieb verursacht – wie

zum Beispiel in Kraftfahrzeugen. Im normalen Betrieb sind die entstehenden Partikel im Schmierstoff nur wenige Nanometer groß. Durch fortdauernde Beanspruchung des Fahrzeugs entstehen im Laufe der Zeit größere Partikel mit einigen Mikrometern Durchmesser, welche die Funktion nachhaltig beeinträchtigen und Schäden verursachen.

Welche Informationen liefern Verschleißpartikel?

Verschleißpartikel treten in unterschiedlicher Größe und Anzahl auf, wobei diese Kennwerte wichtige Informationen über den aktuellen Zustand und auch die Geschichte eines mechanisch beanspruchten Systems liefern können. Fragen, die damit beantwortet werden können, sind zum Beispiel: Ist die Funktionalität des Systems noch gewährleistet? Steht ein Ausfall bevor? Welches Bauteil des Systems verschleißt wie stark? Welche Ursachen führen zum Verschleiß? Muss der Schmierstoff des Systems gewechselt werden und sind Wartungsarbeiten nötig?

Um diese Informationen zu erhalten, ist eine Charakterisierung von Verschleißpartikeln nach Anzahl und Größe erforderlich.

Wie kann eine große Anzahl mikroskopischer Partikel gemessen werden?

Das Ziel ist die Detektion und Größenbestimmung von Partikeln mit einer Größe unterhalb von 1 µm. Zusätzlich zu den Partikeln hat man in gebrauchten Schmierstoffen mit Verunreinigungen und Verfärbung zu kämpfen, ebenso wie mit der Viskosität (Zähflüssigkeit) der typischerweise verwendeten Öle. Um diese Aufgaben zu lösen und Partikelgrößen besonders präzise messen zu können, wird ein miniaturisierter Mikroskopaufbau mit spezieller Dunkel-feldanordnung der Probe und der Sensorelemente eingesetzt.

Verschleißpartikel werden von benachbarten Molekülen laufend angestoßen und üben da-

durch eine „Zitterbewegung“ mit kleinster Auslenkung aus, die je nach Partikelgröße unterschiedlich stark ist. Mit Hilfe des Mikroskopaufbaus werden die Partikelbahnen vergrößert und sichtbar gemacht und anschließend in eine Partikelgröße umgerechnet (Abb. 2). Mit Hilfe von Mikrofluidik können dünne Flüssigkeitsfilme (kleiner als die Dicke eines Haars) untersucht werden. Bei diesen Dicken sind auch sehr trübe und dunkle Flüssigkeiten transparent und die Partikelbewegung kann dadurch sichtbar gemacht werden.

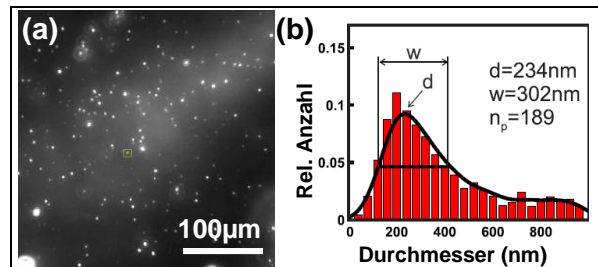


Abb. 2: (a) Aufnahme von Partikeln mittels sog. Dunkel-feldmikroskopie und (b) Größenverteilung von Verschleißpartikeln in Öl (© IEEE)

Nutzen und Anwendungen

Die neue Methode wird in der Entwicklung neuer Werkstoffe für z. B. Gelenksprothesen, Motor- und Getriebekomponenten oder hoch beanspruchten Komponenten angewendet, wodurch eine bessere Funktionalität und erhöhter Lebensdauer erreicht werden kann.

In Industrieanlagen soll die entwickelte Methode zur Zustandsüberwachung industrieller Prozesse eingesetzt werden. Drohende Systemschäden werden dadurch frühzeitig erkennbar und können somit durch geeignete Maßnahmen verhindert werden.

Publikationen und Patente

Langmuir, 30, 9607 (2014), *Appl. Phys. Lett.*, 108, 094101 (2016), *IEEE Sens. J.*, 16, 1182 (2016), AT515416B1

Kontakt und Informationen

K2-Zentrum XTribology

AC2T research GmbH

Viktor-Kaplan-Straße 2/C

T +43 2622 81600

E office@ac2t.at, www.ac2t.at

Projektkoordination

Dr. Thomas WOPELKA

Projektpartner

Organisation	Land
Technische Universität Wien, Institut für Sensor- und Aktuator-systeme	Österreich

Weitere Informationen zu COMET – Competence Centers for Excellent Technologies: www.ffg.at/comet

Diese Success Story wurde von der Konsortialführung/der Zentrumsleitung zur Verfügung gestellt und zur Veröffentlichung auf der FFG-Website freigegeben. Für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität der Inhalte übernimmt die FFG keine Haftung.