

SCHMIERMITTELCHARAKTERISIERUNG MIT DEM VIERKUGELAPPARAT

Der Vierkugelapparat (VKA) ist ein Tribometer, das bei der Entwicklung und Prüfung von Schmiermitteln und Additiven zum Einsatz kommt (DIN 51350). Der Schmierstoff wird mit vier Kugeln in Tetraederanordnung geprüft. Dabei rotiert eine Kugel (Laufkugel) und gleitet auf drei ihr identischen Kugeln (Standkugeln). Bei einer festen Drehzahl wird die Prüflast (Hebel) in diskreten Schritten bis zum Verschweißen der Kugeln gesteigert.

Als Prüfparameter wird die Bestimmung des Schweißpunktes in Abhängigkeit der Drehzahl und des Anpressdruckes genutzt. Als Verschleißkennwert dient die Ermittlung des Kugelkalottendurchmesser (u.a.).

VERSCHLEISS DES GESCHMIERTEN TRIBOKONTAKTES IM ZEITRAFFER

Im VKA ist durch die 3 Auflagepunkte der Laufkugel ein reproduzierbarer Tribokontakt realisiert. Durch diese Standardisierung des Prüfverfahrens hängt der Prüfverlauf im wesentlichen „nur“ von den Schmiermitteleigenschaften ab.

Im Prüfprozess wird die Dynamik eines geschmierten Tribokontaktes vom Aufbau des Schmierfilms über das Einlaufen der Festkörperkontakte bis hin zum Verschweißen infolge von Fressprozessen in Zeitraffer durchlaufen. Der Prozess bildet dabei wesentliche Merkmale der Schmierfilmdynamik im Triboprozess ab, wie sie durch die Stribekkurve beschrieben werden.

DAS TRIBOSENSORCONZEPT

Dem Konzept liegt die Frage zugrunde, inwieweit die Dynamik des Tribokontaktes und insbesondere die elastohydrodynamischen Effekte durch die Aufzeichnung der AE über einen weiten Frequenzbereich mit hoher zeitlicher Auflösung erfasst werden können.

Hierzu wurde an einer der Standkugeln ein Piezoelement fixiert, mit welchem minimale Auslenkungen der Kugel erfasst werden können. Die digitale Aufzeichnung der Signale erfolgte mit einer 16 Bit Auflösung und einer Datenrate von 25 MSa/s. Auswertung von Zeitreihen und Spektrogrammen.

SENSOR CHARAKTERISIERUNG

Das Signalübertragungsverhalten wurde durch Messung von Admittanzspektren und einer FEM-Modalanalyse untersucht. Dabei konnten die niederfrequenten Admittanzpeaks als Eigenresonanzen der Kugeln bestätigt werden. Maßgeblichen Einfluß hat der Kugeldurchmesser und die Art und Weise des Einbaus des Kugelensembles in den Käfig.

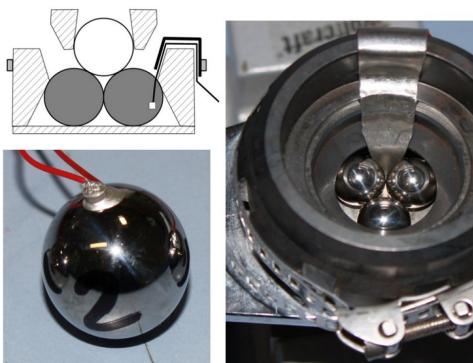
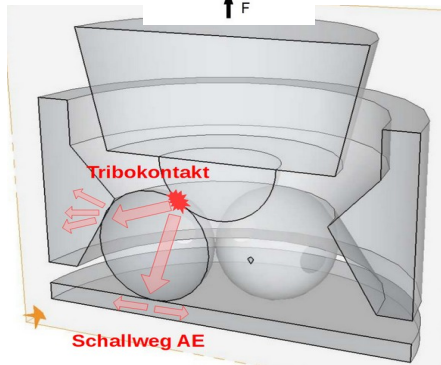
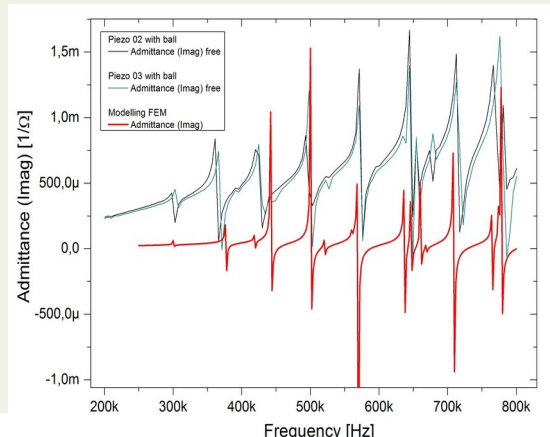
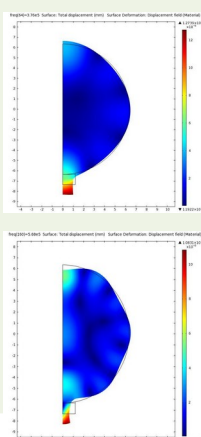
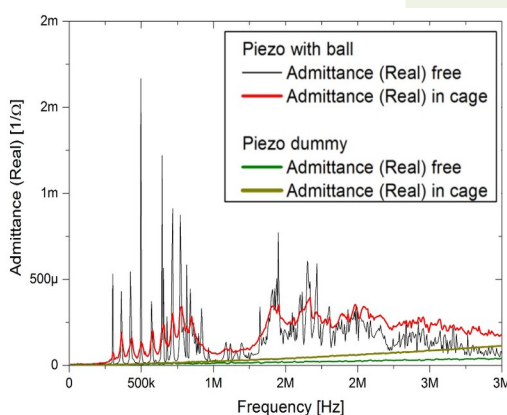


Bild. Amittanzmessungen und Modalanalyse der Kugel



DER REIBVERSCHLEISS IM ZEITRAFFER

Die Abbildung zeigt das Spektrogramm (0 – 4 MHz) und die Zeitreihe der Amplitude vom Anfahren, Einlaufen bis zum Beginn des Fressens. Je höher die Intensitäten im Spektrogramm, desto heller die Pixelpunkte. Die erhöhten AE-Amplituden beim Anfahren resultieren aus dem ungeschmierten Tribokontakt. Erst durch die Rotation der Laufkugel werden die Kontaktstellen mit Schmierstoff versorgt. Im Einlaufbereich klingen die AE ab, die Maxima der Feststoffoberfläche sind eingeebnet und der Schmierfilm hat sich aufgebaut. Bei $t = 2,71 - 2,77$ s sind die Amplituden unverändert klein, im Spektrogramm zeigen sich jedoch in horizontalen Linien die Anregung der Eigenmoden als Folge erhöhter Reibung, die als frühzeitiger Indikator für das Einsetzen des Fressvorgangs interpretiert werden können.

Im Zeitbereich 2,81s setzt ein starker Intensitätsanstieg ein der Amplituden ein. Die deutlich sichtbare Erhöhung der Amplitude im Zeitverlauf ist uschreiben. Das Spektrogramm zeigt jedoch auch für die hochfrequenten Anteile eine stark erhöhte Signalintensität, was für den Zeitbereich $t = 2,81 - 2,86$ s auf eine erhöhte Reibung und Fressen schließen lässt.

Die herausgezoomten Ausschnitte offenbaren eine hohe Auflösung des in die Dynamik des Reibgeschehens. Im Bereich des Fressbeginns zeigen sich in der höchsten Auflösung typische Signalstrukturen, die auf eine Stick-Slip Anregung der Schwingungen hindeuten könnten.

Dabei muss dem Umstand Rechnung getragen werden, daß in diesem Aufbau einer strengen Trennung von mechanischen und elektrischen Signalanteilen nicht möglich war.

FAZIT

Das hier gezeigte Tribosensorkonzept ermöglicht eine nahezu ungedämpfte Aufnahme von AE induziert im geschmierten Reibkontakt. Die übersichtliche Geometrie der tribologischen Elemente (Kugeln) ermöglicht einen hochaufgelösten Einblick in das Reibgeschehen.

Das Konzept erweist sich grundsätzlich als tragfähig für die Aufwertung von Tribometeruntersuchungen als auch Sensorlösung für Tribokontakte an Maschinenelementen (Lageringe, Zahnräder).

