

Lebensdauer von Dieselmotoren verlängern

Messung der Ölviskosität

Um die Lebensdauer ihrer Dieselmotoren zu verlängern, messen Bahnbetreiber die Ölviskosität. Als Bestandteil der Zustandsüberwachung einer Lokomotive dient es der Bestimmung der Scherbelastung und Wärmebeeinträchtigung des Öls. Spezielle Akustikwellen-Sensoren ermöglichen jetzt die Inline/Echtzeit-Überwachung der Ölviskosität einer Diesellok.

Das Öl in einer Diesellokomotive, das aus einem großen Vorratstank entnommen und mit hohen Durchflussraten durch ein Wärmetauscher- und Filtersystem gepumpt wird, ist für die Einsatzfähigkeit einer Lokomotive von entscheidender Bedeutung. Wenn es gelingt, dem Wartungspersonal online und verzögerungsfrei Informationen über die Ölviskosität zu geben, kommt dies der Laufleistung des Motors ebenso zugute wie der Leistungsfähigkeit. Sollen Aussagen über den allgemeinen Zustand des Öls einer Lokomotive eingeholt werden, muss das zuständige Personal eine Ölprobe an ein Ölanalyse-Labor einsenden. Dies ist jedoch nicht nur teuer, sondern auch zeitraubend. Ein Online-Ölüberwachungssystem dagegen stellt die Analyseresultate sofort und kontinuierlich, und nicht erst nach Tagen zur Verfügung.

Die Technologie

Die Verfügbarkeit von Echtzeitinformationen über die Ölviskosität bedeutet einen entscheidenden Vorteil für das Messen der Alterung des Öls und des Eintrags von Verunreinigungen während des Betriebes sowie für die Vermeidung mechanischer Ausfälle durch den Verlust

der Schmiereigenschaften. Man schätzt, dass vorbeugende Wartungsmaßnahmen die Lebensdauer großer Lokomotivdieselmotoren um 20 ... 25 % verbessern können. Die hauptsächlich für den Laboreinsatz konzipierten mechanischen und elektromechanischen Viskosimeter konventioneller Bauart lassen sich allerdings nur schwierig in Regelungs- und Überwachungssysteme integrieren. Akustikwellen-Sensoren bieten zahlreiche Vorteile gegenüber konventionellen mechanischen und elektromechanischen Viskosimetern, denn sie sind kompakt, besitzen keine beweglichen Teile und lassen sich vollständig in das Öl eintauchen. Sie können daher eine fortlaufende Reihe von Viskositätsdaten liefern, die vom OEM oder Endanwender stichprobenartig ausge-

wertet werden können. Die Sensoren sind unempfindlich gegen Stöße und Vibrationen und werden auch durch die Fließgeschwindigkeit nicht beeinflusst. Sie eignen sich daher für widrige Einsatzbedingungen und können Viskositäten von 0 bis 500 cP in einem Temperaturbereich von 25 bis +125 °C mit großer Genauigkeit messen. Die von den Sensoren gelieferten Messdaten werden auch durch Partikel nicht beeinflusst. Der Viskositätssensor kann die Röntgen-Fluoreszenz-Technologie (zur Messung des Anteils an Verschleißpartikeln) oder Titrimethoden (zum Messen des Säure- bzw. Basengehalts) ergänzen, um sofort und online Daten über Viskosität und Temperatur zur Verfügung zu haben. Hinzu kommt, dass ein solcher Sensor nach dem

Bild 1: Der Ölviskositätssensor Vectron ViSmart mit Schraubgehäuse.

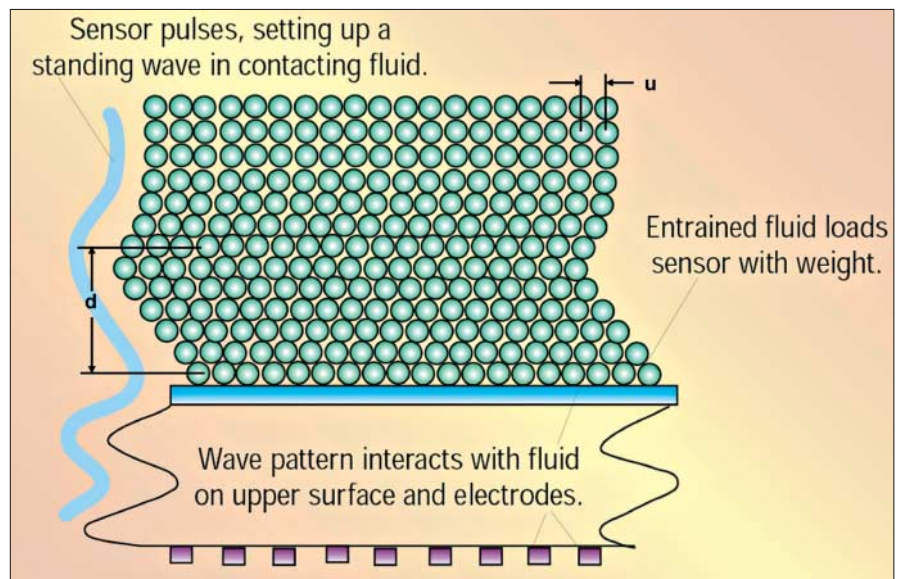


Bild 2: In dieser Querschnittsdarstellung des Sensors sind an der Unterseite die Wandler und an der Oberseite die (als goldene Kügelchen symbolisierten) Flüssigkeitsmoleküle erkennbar.

AUTOR



Kerem Durdag ist Director of Business Development, Sensors & Advanced Packaging bei der Vectron in Hudson/NH, USA

Plug-and-Play-Prinzip in Steuerungs-Plattformen integriert werden kann. Eine Gegenüberstellung der vom Sensor erfassten Daten mit den entsprechenden Materialprüfungs-Daten lässt sich als feste Funktion in einem kompakten Handgerät integrieren. Hierzu wird der Sensor zuvor an Hand kommerziell spezifizierter Öle kalibriert. Zurzeit wird der Viskositätssensor bereits in kommerziellen Applikationen unter rigorosen Einsatzbedingungen verwendet, in denen er echte Rentabilitätsverbesserungen erbringen konnte. Mittlerweile erfolgt die Erprobung für mobile und stationäre Anlagen, in denen die Ölzustandsüberwachung von vorrangiger Bedeutung ist.

Bild 1 zeigt den für die Inline/Echtzeit-Überwachung konzipierten Viskositätssensor, der sich durch sein Schraubgehäuse für den direkten Einbau in Lokomotivdieselmotoren eignet. Der Sensor besitzt – sieht man von der im atomaren Bereich erfolgenden Vibration der Oberfläche ab – keine beweglichen Teile, und angesichts der hohen Vibrationsfrequenz von einigen Millionen Schwingungen pro Sekunde ist er unabhängig vom Fließzustand der Flüssigkeit sowie von Vibrationseffekten der Umgebung. Die Verwendung hochtemperaturfester Elektronik verleiht dem Sensor außerdem einen großen Temperaturbereich.

Das Besondere dieses Akustiksensors ist sein spezielles Messprinzip. Während eine Gruppe mechanischer Messvorrichtungen die kinematische Viskosität bestimmt und die andere Gruppe die innere (Reibungs-) Viskosität misst, liefern Akustikwellensensoren eine Aussage über die akustische Impedanz $(\omega\rho\eta)^{1/2}$, wobei ω die Kreisfrequenz $2\pi\cdot f$ ist, während ρ die Dichte und η die dynamische Viskosität angibt. Zur Viskositätsmessung wird der aus einem Quarzkristall bestehende Resonator mit der betreffenden Flüssigkeit in Kontakt gebracht. Der Akustikwellen-Resonator lässt eine stehende Welle senkrecht zu seiner Oberfläche entstehen, wobei das Wellenmuster mit den (gegenüber der Flüssigkeit hermetisch abgedichteten) Elektroden an der unteren Fläche und der Flüssigkeit an der oberen Fläche in Wechselwirkung tritt. Dabei entscheidet die Viskosität der Flüssigkeit über die Dicke der

Flüssigkeitsschicht, die hydrodynamisch mit der Oberfläche des Sensors gekoppelt ist. Die Sensoroberfläche befindet sich in einer gleichförmigen Bewegung mit der Frequenz $2\pi\cdot f$ und der Amplitude U . Die Frequenz ist von der Konstruktion vorgegeben, während die Amplitude von der Stärke des an den Sensor gelegten elektrischen Signals bestimmt wird. Die Tiefe d , mit der die Scherwelle in die Flüssigkeit eindringt, hängt von der Frequenz sowie von der Viskosität und Dichte der Flüssigkeit ab: $d=(2\eta/\omega\rho)^{1/2}$ (**Bild 2**).

Die akustische Viskosität wird daran gemessen, wieviel Leistung der Quarzresonator an die Flüssigkeit abgibt. Die gemessene Größe (akustische Viskosität) ist das Produkt aus Dichte und dynamischer Viskosität und hat die Einheit $\text{g}/\text{cm}^3\cdot\text{cP}$.

Kundenseitige Tests und Daten

Von kommerziellen Kunden wurden umfangreiche Tests durchgeführt, um Aussagen über die Leistungsfähigkeit des ohne bewegliche Teile auskommenden Viskosimeters einzuholen. So erprobte ein Kunde aus der Getriebeindustrie eine Reihe von Ölen mit einem weiten Spektrum von Viskositäten und Schmiereigenschaften, darunter auch das synthetische Getriebeöl Mobil SHC XMP 320. Die Viskositätswerte der Öle wurden mit Hilfe ASTM-zertifizierter Rheometer (American Society for Testing Materials) bei einer Scherrate von 512/s sowie mit dem Viskosimeter ohne bewegliche Teile über einen Temperaturbereich von 20 bis 100 °C erfasst. Auf der Basis dieser Daten werden Funktionen generiert, mit denen sich die Viskositäten für die dazwischen liegenden Temperaturen interpolieren lassen.

Mit den kundenseitigen Tests werden zwei Ziele verfolgt. Erstens sollen die Leistungsfähigkeit des Sensors und seine Fähigkeit beurteilt werden, die temperaturbedingte Änderung der Viskosität zu erfassen. Zweitens soll verifiziert werden, ob der Sensor mit Hilfe einer Korrelationsfunktion die gleichen Daten liefern kann wie ein Laborinstrument.

Der von Vectron angebotene scherarmer Viskositätssensor ohne bewegliche Teile misst die akustische Viskosität (AV), die das Produkt aus dynamischer Viskosität ►

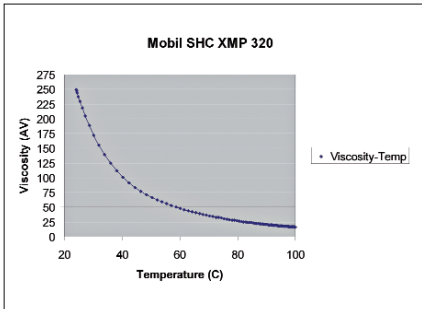


Bild 3: Viskositäts-Temperatur-Kurve des Öls Mobil SHC XMP 320.

und Massendichte ist. Gebräuchlicher ist in der Industrie die dynamische oder kinematische Viskosität, sodass es den Kunden darum geht, eine Korrelation zwischen akustischer und dynamischer Viskosität herzustellen. **Bild 3** zeigt die Änderung der Viskosität als Funktion der Temperatur für das Öl des Typs Mobil SHC XMP 320. Wie man sieht, kann der Sensor die temperaturbedingte Änderung der Viskosität verfolgen. Dieses Performance-Merkmal zeigt somit klar, dass Viskosimeter ohne bewegliche Teile in den vorgesehenen Umgebungen einsetzbar sind und für die Industrie ein wichtiges Hilfsmittel sind in ihrem Bemühen, die Voraussetzungen für eine Online-Ölzustands-Überwachung und damit für eine Entscheidungsfindung in Echtzeit zu schaffen.

Zum Aufstellen der Korrelationsfunktion eignet sich eine einfache Methodik, deren Resultat nachfolgend gezeigt wird. Wie aus **Bild 4** hervorgeht, lässt sich am R_Q-Wert des Öls eine Genauigkeit von 99% oder besser ablesen. Wichtig ist zudem der Hinweis darauf, dass Korrelations-

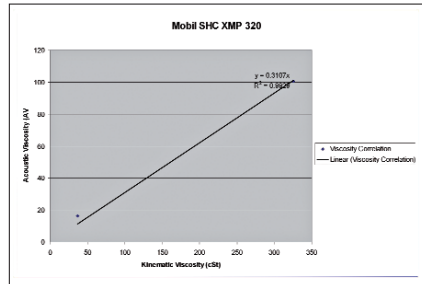


Bild 4: Korrelation der vom Sensor gelieferten Daten mit Labordaten für die Ölsorte Mobil SHC XMP 320.

funktionen nicht unbedingt aufgestellt werden müssen, wenn in einem Anwendungsfall eine bestimmte relative Verschiebung von einem bekannten Basiswert hingenommen werden kann, solange es lediglich um die Ölzustandsüberwachung geht.

Ein weiterer Kunde, der weltweit in der Automobil- und Lkw-Industrie präsent ist, wählte den ViSmart Viskositätssensor für die fortlaufende Überwachung des Ölzustands als Funktion der Verdünnung mit Kraftstoff. Die Verfügbarkeit aktueller, präziser und verlässlicher Viskositätsdaten sollte die Voraussetzungen für eine Absicherung und Verlängerung der Gewährleistungszeit bieten.

Zu diesem Zweck wurde ein Langzeittest auf einem Motorenprüfstand durchgeführt, wobei man die Eigenschaften kommerzieller Ölsorten mit einem als Referenz dienenden Viskositätsverhalten verglich. Bei laufendem Betrieb wurde das Öl durch bestimmte prozentuale Anteile Kraftstoff verdünnt, woraufhin die Ölviskosität erneut als Funktion der Temperatur

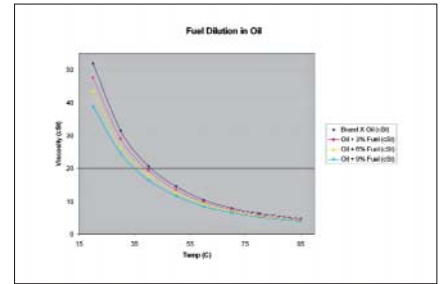


Bild 5: Viskositätsänderung als Funktion der Kraftstoffverdünnung über den Temperaturbereich.

gemessen wurde. **Bild 5** zeigt die Viskositätsdifferenz als Funktion des prozentualen Kraftstoffanteils über den gesamten Temperaturbereich. Mit diesem Prüfstandstest wurde das Ziel des Kunden erreicht, dem Endanwender eine Reihe von Entscheidungen zu ermöglichen, um die ununterbrochene Funktionsfähigkeit der Anlage zu gewährleisten.

Der kommerziell angebotene Viskositätssensor ist direkt für den Praxiseinsatz geeignet oder lässt sich unmittelbar in die jeweiligen Anlagen einbauen. Da der robuste, vibrations- und stoßfeste Sensor keine Kalibrierung erfordert, verursacht er nur extrem niedrige Wartungskosten, wenn er einmal in seine Einsatzumgebung eingebaut ist, auch wenn diese durch widrige Umgebungsbedingungen geprägt ist. (jj)

▶ infoDIRECT 504e1107
www.elektronik-industrie.de
 ▶ Link zu Vectron
 ▶ Link zu Eurocomp