

Wenn bewährte Methoden an Grenzen stoßen

Buntmetall-Inhibitor-Gehalt (BMI) warnt früher vor drohendem Verschleiß

Brandneu ist die Untersuchung des in Gebrauchtölen noch vorhandenen Restgehalts an Buntmetall-Inhibitoren mittels Hochdruck-Flüssigkeitschromatographie (HPLC). Die Spezialisten von Oelcheck nutzen das Verfahren bisher für die Analyse von Kühlmitteln. Neuerdings kann mit der HPLC-Methode aber auch der Abbau von Buntmetall-Inhibitoren, wie sie in Getriebeölen zur Verhinderung von Buntmetallverschleiß eingesetzt werden, frühzeitig entdeckt werden.

Am Anfang dieser neuen Untersuchungsmethode für Buntmetall-Inhibitoren (BMI-Gehalt) stand ein Fall, der den Tribologen von Oelcheck Kopfzerbrechen machte. Und zwar ging es hierbei um Öl aus dem Hauptgetriebe einer Windkraftanlage, das mit ca. 600 Litern eines synthetischen Getriebeöls befüllt war. Dieses Öl wurde über einen Zeitraum von sechs Jahren hinweg dreimal untersucht.

Die ermittelten Werte zeigten, dass kein Ölwechsel erfolgen musste, weil die Analysenwerte immer unauffällig waren. Erst durch eine genauere Betrachtung der Probe des am längsten eingesetzten Öls wurden Veränderungen deutlich, die aus dem erwarteten Rahmen fielen.

Zu den Details: Die Ölproben wurden in unregelmäßigen Abständen jeweils nach 12.600, 43.800 und 52.700 Betriebsstunden (Bh) entnommen. Dabei zeigte sich eine Veränderung der Ölfarbe, die auch im Laborbericht fotografisch dokumentiert wurde. Obwohl eine Bewertung der Ölfarbe nicht genormt ist, ermöglicht sie dem Praktiker eine erste Einschätzung einer Ölveränderung im Vergleich mit dem Frischöl oder einer vorherigen Probe.

Im geschilderten Fall war die erste Probe noch hell und klar. Danach hatte sich das Öl in der relativ kurzen Zeitspanne bis 52.700 Bh bis hin zu einem dunklen Braun verfärbt. Da die übrigen Analysenwerte, mit Ausnahme des Kupfergehalts, keine Auffälligkeiten zeigten, lieferte das dunkel gewordene Öl alleine noch keinen Hinweis für einen Ölwechsel. Dennoch waren die Spezialisten alarmiert.

Sie nahmen, unter anderem wegen des Kupfers, zunächst die optische Veränderung seit der letzten Probe genau unter die Lupe und verglichen sie mit den

Farben der vorhergehenden Proben und des Frischöls.

Allerdings wiesen weder die ermittelten Werte noch die FT-IR-Spektroskopie auf eine signifikante Ölalterung oder eine Ölvermischung hin. Die Viskosität und der Viskositätsindex waren stabil geblieben, die Neutralisationszahl kaum angestiegen, die Ölreinheit befand sich im tolerierbaren Rahmen. Auch der Phosphor- und Schwefelgehalt, der typisch für den Additivanteil ist, war in der dunklen Probe nur leicht gesunken.

Bei den Verschleißmetallen waren, mit Ausnahme von Kupfer, keine Hinweise auf einen deutlich angestiegenen Verschleiß zu erkennen. Der hohe Kupferwert deutete ganz klar auf einen korrosiven Verschleiß von kupferhaltigen Bauteilen wie z.B. Wälzlagerkäfigen hin, wobei Kupfer alleine keine Ursache für eine Ölverfärbung ist.

10.000 Bh erfolgten. Klar ist: Additive bauen sich ab oder verlieren einen Teil ihrer Wirksamkeit.



Das synthetische Getriebeöl, entnommen nach 12.600, 43.800 und 52.700 Betriebsstunden, zeigt eine deutliche Farbveränderung. Bilder: Oelcheck

Ölalterung und ihre Parameter

Für die Betrachtung von Verschleißwerten nutzt Oelcheck eine interne Datenbank, in der die für jeden Anlagentyp zulässigen Grenz- und Warmwerte auf der Basis von mehreren 100.000 analysierten Proben definiert wurden. Anhand des Limits für den Kupferwert wurde der Zustand des Getriebes als „kritisch“ beurteilt. Eine eindeutige Ursache für den ungewöhnlich angestiegenen Kupfergehalt konnte aber selbst mit den mehr als 30 analysierten Werten nicht gefunden werden.

Die Tribologen berieten mit der Laborleitung über Methoden, mit denen eine Klärung möglich wäre. Auffällig war, dass der hohe Kupferanstieg und die dunkle Verfärbung des Öls über eine relativ kurze Zeitspanne von weniger als

Auch synthetische Grundöle verschlechtern sich. Oft gelangen auch Verunreinigungen oder Schmierfett ins Öl. Die meisten Prozesse stehen miteinander in Wechselwirkung.

Zusätzlich können zum Beispiel die unterschiedlichen Grundöle oder Additive einzelner Produktionschargen, andere Betriebs-temperaturen oder -bedingungen, veränderte Laufzeiten oder Stop-and-Go-Betrieb die Ölalterung

ganz individuell beeinflussen. Diese Veränderungen werden im Laborbericht unter der Überschrift „Ölalterung“ erfasst.

So vielfältig wie diese Faktoren sind auch die klassischen Parameter der Schmierstoffanalyse, die meist mit genormten Methoden Werte ermitteln.

Mit deren Hilfe wird der Zustand oder die Alterung eines Öls beurteilt.

Weiter auf Seite 20

ULTRAPROBE 3000

DIE LÖSUNG FÜR ENERGIEEINSPARUNG



LECKSUCHE: bei Druckluft und Gasen

Digitales Messgerät speichert die Dezibelwerte der Leckagen

Erstellen Sie Leckageberichte: inklusive der Leckrate und der eingesparten Kosten

Ultraschall-Technologie zeigt schnell und einfach Druckluft- und Gaslecks



VERWENDEN SIE DIE LEAKSURVEY APP (IOS UND ANDROID), UM BERICHTE VON EINEM MOBILEN GERÄT AUS ZU ERSTELLEN



ue
SYSTEMS INC
The ultrasound approach

E: frankr@uesystems.com | W: www.uesystems.de | T: +49 (0)171 868 1255

	Frischöl	Probe A	Probe B	Probe C
Datum	11.12.2017	29.08.2013	02.05.2017	06.04.2018
Betriebsstunden	0h	12.600h	43.800h	52.700h
PQ-Index	<25	<25	<25	<25
Eisen (Fe)	mg/kg	0	10	21
Chrom (Cr)	mg/kg	0	0	0
Aluminium (Al)	mg/kg	0	0	0
Kupfer (Cu)	mg/kg	0	3	8
Mangan (Mn)	mg/kg	0	0	0
Blei (Pb)	mg/kg	0	0	0
Wasser	mg/kg	91	110	72
Kin. Viskosität 40°C	mm ² /s	328,66	323,18	322,63
Kin. Viskosität 100°C	mm ² /s	36,24	37,82	36,41
Viskositäts-Index		158	167	160
Reinheitsklasse	ISO 4406		16/14/11	16/14/10
Neutralisationszahl	mgKOH/g	1,02	0,98	1,05
Kalzium (Ca)	mg/kg	0	0	0
Magnesium (Mg)	mg/kg	0	0	0
Bor (B)	mg/kg	0	0	0
Zink (Zn)	mg/kg	0	10	22
Phosphor (P)	mg/kg	431	372	376
Barium (Ba)	mg/kg	0	0	0
Molybdän (Mo)	mg/kg	0	0	0
Schwefel (S)	mg/kg	3841	3290	3472

Das Problem: Weder die ermittelten Werte noch die FT-IR-Spektroskopie wiesen auf eine signifikante Ölalterung oder eine Ölvermischung hin.

sps

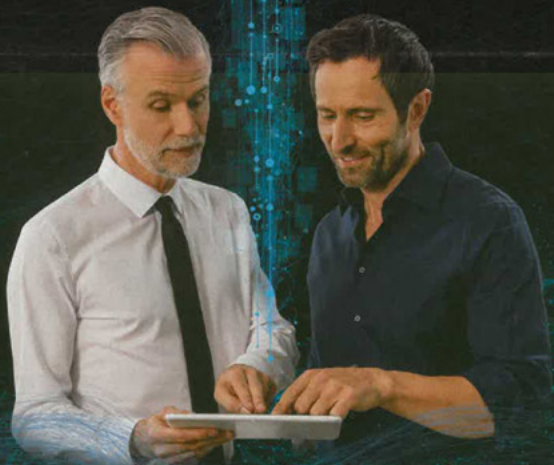
smart production solutions

30. Internationale Fachmesse
der industriellen Automation

Nürnberg, 26. – 28.11.2019
sps-messe.de



Bringing Automation to Life



Praxisnah. Zukunftsweisend. Persönlich.

Finden Sie praxisnahe Lösungen für Ihren spezifischen Arbeitsbereich sowie Lösungsansätze für die Herausforderungen von morgen.

Registrieren Sie sich jetzt!

Ihr 30 % Rabattcode: SPS19BESV11

sps-messe.de/eintrittskarten

mesago

Messe Frankfurt Group

Fortsetzung von Seite 19

Erst eine Verknüpfung der unterschiedlichen Informationen ermöglicht eine treffsichere Diagnose. Im Zusammenhang mit der Ölalterung von Getriebeölen werden zusätzlich zu der subjektiven Beurteilung von Aussehen und Farbe auch die Veränderung von Viskosität und Viskositätsindex, der Säuregehalt und die noch vorhandenen Additive mit den Werten des Frischöls verglichen.

Dabei zeigt sich die Oxidation auch in einem Spektrum, das mit der FT-IR-Spektroskopie (Fourier-Transform-Infrarot-Spektroskopie) aufgenommen wird. Das FT-IR-Spektrum einer Gebrauchtlölprobe liefert – meist allerdings nur im Vergleich mit dem Spektrum eines entsprechenden Frisch- oder Referenzöl-Spektrums – Informationen über Ölveränderungen oder Vermischungen. Mittels Sauerstoffbindungen, die sich in einer Probe ändern, kann auf die Öloxidation geschlossen werden. Dieses genormte Verfahren hat sich für klassische Mineralöle etabliert.

Doch bei synthetischen Ölen, deren Grundöle auf PAO (Poly-Alpha-Olefin) oder PAO mit Ester-Basis aufgebaut sind, oder deren Additive solche synthetischen Komponenten enthalten, lässt sich die Oxidation mit der FT-IR-Spektroskopie nicht mehr eindeutig quantifizieren. Mit dem Spektrenvergleich lässt sich die Ölalterung nur erkennen, wenn die im Schmierstoff vorhandenen Moleküle das Infrarotlicht bei bestimmten Wellenlängen unterschiedlich absorbieren. Die Oxidation eines Gebrauchtlöls wird normgerecht am Differenzspektrum aus Gebrauchtl- und Frischöl bei einer Wellenzahl von 1.710 cm^{-1} ermittelt und als Zahlenwert in A/cm (Absorption pro cm Ölschichtstärke) ausgegeben.

Bei einem Schmierstoff mit einem mineralölbasierten Grundöl weist ein relativ kleiner „Peak“, der im Gebrauchtlölspektrum kontinuierlich ansteigt, auf eine zunehmende Öloxidation hin. Die auf der Basis von Sauerstoffkonzentrationen arbeitende FT-IR-Spektroskopie liefert jedoch keine deutliche Information, wenn Öle oder Additive esterhaltige Komponenten enthalten.

Die esterhaltigen Komponenten überdecken nämlich einen Oxidationspeak im FT-IR-Spektrum, da sich in einem esterhaltigen Öl ein übergroßer Peak im Wellenzahlbereich um 1.740 cm^{-1} ausbildet. Daher zeigt sich bereits im Infrarotspektrum von synthetischen Frischölen meist ein übergroßer „Peak“ im Wellenzahlbereich um 1.740 cm^{-1} .

Werden nun die Spektren von Frisch- und Gebrauchtlöl miteinander verglichen, ist eine durch eine etwaige Öloxidation verursachte „Peakveränderung“ nicht mehr eindeutig zu erkennen. Eine Aussage zur Oxidation vermittelt Informationen zum allgemeinen Alterungszustand des Schmierstoffs. Aber im beschriebenen Fall des synthetischen Getriebeöls war eine sichere Diagnose schwierig.

Häufig zeigen Syntheseöle über einen Zeitraum von mehreren 1.000 Bh auffällige Veränderungen in Form von zunehmendem Verschleiß oder einer Ölalterung. Doch unerwartet schnell nehmen einige Verschleißwerte, vor allem für Buntmetalle wie Kupfer und Zink, ohne Vorwarnung stark zu.

Häufig tritt dabei eine dunkle Verfärbung des Öls auf. Diese Farbveränderung allein ist aber noch kein Hinweis auf eine kritische Veränderung des Öls. Erst wenn das dunkel gewordene Öl unerwartet hohe Werte für Kupfer und Zink aufweist, ist dies ein Alarmsignal.

Die klassische Ölanalyse liefert also wertvolle Hinweise auf Veränderungen im Schmierstoff und deren Auswirkungen. Der Instandhalter erhält rechtzeitig Informationen über eine Viskositätsveränderung, steigenden Wassergehalt, Säuren im Öl oder Verunreinigungen.

Die Fragestellung, warum das dunkel gewordene Öl in dem genannten Beispiel einen so hohen Kupfergehalt zeigte, ließ sich mit den Untersuchungen eines klassischen Oelcheck-Analysensets aber nicht beantworten.

Die Tribologen mussten einen neuen Ansatz entwickeln. Für die Untersuchung des Getriebeöls setzten sie erstmals die Hochleistungs-Flüssigkeitschromatographie (HPLC) ein. Mit dem HPLC-Gerät wird normalerweise geprüft, ob die im Kühlmittel erwartete Menge an Inhibitoren noch vorhanden ist.

Ein dem Kühlmittel zugesetzter Inhibitor verlangsamt beziehungsweise hemmt chemische oder physikalische Entwicklungen. Als Inhibitoren werden Azole wie Tolytriazole und/oder Benzotriazole verwendet.

Sie schützen Bauteile mit buntmetallhaltigen Oberflächen vor korrosiven Angriffen. Buntmetall-Inhibitoren werden auch in Schmierstoffen zum Schutz von Oberflächen verwendet.

Mit zunehmender Einsatzzeit können sich diese Additive jedoch abbauen und an Wirksamkeit verlieren. Wenn es nun gelingt, den Abbau dieser schützenden Wirkstoffe frühzeitig und treffsicher zu erkennen, kann ein drohender korrosiver Angriff auf die geschmierten Elemente früher erkannt und dokumentiert werden. Buntmetall-Inhibitoren lassen sich aber mit einer Elementanalyse, der FT-IR-Spektroskopie oder anderen genormten Verfahren nicht ermitteln.

Doch mit der Hochleistungs-Flüssigkeitschromatographie verfügt Oelcheck über das geeignete Laborgerät, wie sich auch in der Praxis zeigen sollte. Die beiden bei 43.800 und 52.700 Bh entnommenen Proben des synthetischen Getriebeöls und eine Frischölprobe wurden nämlich mittels HPLC untersucht. Die Ergebnisse bestätigten die Vermutung: Das HPLC-Diagramm des Frischöls zeigt dessen hohen Gehalt an Tolytriazol. Im Diagramm der Probe nach 43.800 Bh ist schon sein starker Rückgang zu erkennen.

Nach 52.700 Bh tendiert der Gehalt des Buntmetall-Inhibitors gegen null. Der Verschleiß hat also bereits eingesetzt. Mit einer Information über den starken Abfall des Buntmetall-Inhibitors bei 43.800 Bh wäre es, zum Beispiel durch einen Ölwechsel, möglich gewesen, den zunehmenden Kupferverschleiß rechtzeitig zu stoppen.

Beispiele in der Datenbank von Oelcheck, in der über drei Millionen Datensätze gespeichert sind, zeigen, dass der Anstieg von Buntmetallen sogar noch deutlich stärker ausfallen kann. Bei Vergleichsproben stiegen Werte von Kupfer und Zink innerhalb von weniger als 2.000 Bh auf Konzentrationen von weit über 100 mg/kg an , ohne dass eine Ursache dafür gefunden werden konnte. Mit dem HPLC-Verfahren steht Oelcheck nun aber eine Methode zur Verfügung, mit der Buntmetallverschleiß früher ermittelt werden kann.

Entsprechend gewarnt, können Schäden und kostenintensive Reparaturen häufig vermieden werden. Allerdings ist das Verfahren relativ aufwendig, weil das Gerät nach jeder analysierten Probe wieder neu mit dem zu untersuchenden Öl kalibriert werden muss. Oelcheck empfiehlt das neue Verfahren zur Untersuchung von Getriebeölen, um die Betriebssicherheit zu erhöhen und besonders dann, wenn ein erhöhter Buntmetallanteil (Kupfer, Blei, Zinn) nachgewiesen wird.

Jessika Wolmeringer,
Technische Redakteurin
www.oelcheck.de