

Ölfeuchtemessung zur industriellen Qualitätskontrolle

Schutz von Anlagen durch Zustandsmessung in Echtzeit

In einer Industrieanlage kann vieles misslingen – Lagerversagen, Verschleiß beweglicher mechanischer Teile, Hitzeschaden durch Reibung, Schaumbildung, Schlamm- und Sedimentbildung, metallische Korrosion und Additivverschöpfung. Jede dieser speziellen Folgen kann auf das Vorhandensein von Wasser in der Schmier- und Hydraulikflüssigkeit zurückgeführt werden. Ursachenanalyse ist für den durchgehenden Betrieb in jeder Anlage unerlässlich, aber auch vorbeugende Maßnahmen sind von entscheidender Bedeutung. Das Verständnis der Fehlerursachen und der Schritte zu deren Vermeidung steht im Mittelpunkt einer effizienten Verarbeitung.

In diesem Whitepaper werden drei Typen von Industrieschmierung behandelt, die Feuchtemessungen am häufigsten in ihre Service- und Wartungsarbeiten einbeziehen: Schmieröl, Hydraulikflüssigkeit und Ölentwässerungsprozesse und -anlagen. Deren ordnungsgemäße Verwendung kann Ausfälle und Ausfallzeiten verringern. In dem Whitepaper werden auch Herausforderungen und Risiken im Zusammenhang mit der Kontamination durch Wasser bei Schmierölanwendungen erörtert. Anschließend wird die Messung zur Ölfeuchteanalyse angesprochen, einschließlich der anwendbaren Messtechnik und Technologie.

Industrieöle

Unter den häufigsten Ölen in der Industrie ist Schmieröl das größte Segment. Seine Bedeutung ergibt sich aus seiner wesentlichen Rolle



Schmieröl spielt in kritischen Maschinen eine wichtige Rolle.

in der Maschinenfunktionalität und -zuverlässigkeit. Zu den Anwendungsgebieten, die am anfälligsten für Kontamination durch Wasser sind, gehören:

- Zellstoff- und Papierindustrie
- Einsatz auf See
- Wasserkraft-erzeugung
- Turbinenbetrieb
- Verarbeitende Industrien
- Getriebeöl

Flüssigkeitskontamination gilt als einer der Hauptgründe für den Ausfall von Hydrauliksystemen. Das heißt, es gibt hydraulische Systeme, die absichtlich Wasser als Konstruktionsflüssigkeit verwenden, und es gibt Öl in Wassersystemen für verschiedene Anwendungen. Die meisten verwenden spezifische Hydraulikflüssigkeit, die weniger anfällig für Temperatureffekte ist und Schmiereigenschaften bietet.

Getriebeöl kann je nach Getriebetyp entweder als Hydraulikflüssigkeit oder als Schmiermittel klassifiziert werden.

Kontamination durch Wasser

Feuchte ist eine bekannte Kontamination in einer Vielzahl von Anwendungen, aber Feuchte in Industrieöl kann besonders schädlich sein. Neben der Beeinträchtigung der Ölleistung vermindert Wasser Zusatzstoffe und Trockenfestigkeit und räumt so die Möglichkeit für mechanischen Verschleiß und Korrosion ein. Standardanlagenmerkmale wie Entlüfter sind so konzipiert, dass Feuchte aus dem Öl verdampft.

Wenn vorbeugende Maßnahmen fehlschlagen, kann der Wassergehalt

Was ist Ölentwässerung?

Wasser ist eine der schädlichsten Verunreinigungen bei der Verarbeitung von Schmierung. Die Ölentwässerung ist eine Möglichkeit zur Reinigung von Industrieölen und -schmiermitteln und zur Entfernung der gesamten Feuchte durch Filtration, Temperaturregelung, Luftstrippen und Vakuumverarbeitung. Das Ergebnis ist sauberes, feuchtearmes Öl, das auch frei von mitgeführter Luft ist. Bei der Auswahl eines Verfahrens sollten Sie die jeweiligen Vor- und Nachteile berücksichtigen. Filterträger sind häufig und effektiv, haben aber eine feste Kapazität und Lebensdauer, und ihr Betrieb erfordert mehr Arbeitsaufwand. Entwässerungsabsaugung ist sehr erfolgreich, kann aber kostspielig sein. Mobile Entwässerung ist kostengünstiger.



Ein Vakuumtrockner

Wie lange sollte Öl halten?

Es kommt darauf an. Die Antwort ist eine Funktion der Gebrauchsbedingungen und Kontamination, die es absorbiert. Dank Überwachung können Endbenutzende über die Ölzusammensetzung auf dem Laufenden bleiben.

in Öl einen Sättigungspunkt erreichen und zu Wasserabscheidung führen. Die Wasserabscheidung schafft Bedingungen, die schädliche Folgen für die Verarbeitungsanlagen haben. Es verhindert die Bildung einer gleichmäßigen Ölschicht auf Metallflächen und führt so zu einer geringeren Schmierleistung sowie stärkerem Anlagenverschleiß und -korrosion. Es zerstört polare Additive wie jene für Verschleißschutz (AW) und Hochdruck (EP).

Wasserabscheidung kann auch das Kavitationsrisiko erhöhen, das unter Vakuum- oder Saugbedingungen verursacht wird.

Die Hydrolyse wird bei Sättigung beschleunigt, was zu einer Erhöhung des Säuregehalts und wiederum zu Korrosion führt, die sowohl das Öl als auch die Anlage schädigt, die geschützt werden soll. In ähnlicher Weise führt Oxidation zu den gleichen schädlichen sauren Bedingungen.

Wasserstoffversprödung – verursacht durch lösliches und abgeschiedenes Wasser – führt zu Metallbrüchen, da Wasserstoffatome unter Kompression aus dem Wasser gelöst werden. Wasserabscheidung bildet auch einen Nährboden für Mikroben, die Schleime oder Beläge bilden, die Filter und Ventile leicht verstopfen können. Mikroorganismen, Pilze und Bakterien können ebenfalls das Korrosionsproblem verstärken, da sie zur Bildung von Schwefelsäure führen.

Andere Quellen der Kontamination durch Wasser stammen von den üblichen Verdächtigen. Druckwäsche, Dichtungsfehler, Pumpen, die Wasser leiten, und Wasserkühlung tragen alle zum Eindringen von Flüssigkeiten bei. Dies ist besonders entscheidend bei Anwendungen, bei denen die Folgen der Verunreinigung hoch sind, beispielsweise in Turbinen, Marinemotoren und Papierfabriken.

Fast jede Flüssigkeit hat die Fähigkeit, eine bestimmte Menge an gelöstem Wasser zu halten – und akzeptable Wassermengen für einen Prozess hängen von der Anwendung und dem Öltyp ab. Das Maximum, das sie halten kann, wird als Sättigungspunkt bezeichnet. Sobald die Flüssigkeit ihren Sättigungspunkt erreicht hat, trennt sich zusätzliches Wasser als abgeschiedenes Wasser. Da die meisten Öle weniger dicht sind als Wasser, setzt sich das abgeschiedene Wasser unter dem Öl ab. Der Sättigungspunkt des Öls ist eine Funktion der Zusammensetzung seiner Basis (mineralisch oder synthetisch) sowie des Typs vorhandener Zusatzstoffe, Emulgatoren und Antioxidantien. Der Sättigungspunkt ist auch abhängig vom Alter des Öls und seiner Reaktion auf Temperaturschwankungen und Veränderungen der chemischen Zusammensetzung, die durch Nebenprodukte verursacht werden.

Messung und Analyse

Zu verstehen, welche Menge an Wasser Probleme verursacht, ist der Schlüssel zu Wartung und Prävention. Ähnlich wie die relative Feuchte in der Luft können Öle mit steigender Temperatur mehr Wassermoleküle aufnehmen. Dies steht in direktem Zusammenhang mit der Energie der einzelnen Moleküle, wodurch sie sich freier und unabhängiger bewegen können. Dies kann für das Ölfeuchtemanagement besondere Herausforderungen darstellen, da die Betriebstemperaturen immer höher sind als die Ruhetemperaturen. Während des Betriebs kann die Kontamination durch Wasser ohne Trennung absorbiert werden, nur um sich zu trennen und abgeschiedenes Wasser zu bilden, wenn Maschinen anhalten und Temperaturen sinken.

Heute werden drei technische Haupteinheiten verwendet, um die Menge an gelöstem Wasser in Öl, die Teile pro Million (ppm), die Wasseraktivität und den Prozentsatz der relativen Sättigung zu quantifizieren.

Die Einheit ppm ist ein absoluter Feuchteparameter, der das Volumen- oder Massenverhältnis von Wasser zu Öl beschreibt. Dabei gilt:

Nach Volumen: 1 ppm Wasser = 1 Gallone (3,78 l) Wasser/1 000 000 Gallonen (3 785 412 l) Öl oder

Nach Masse: 1 ppm (Masse) Wasser = 1 lb. (0,45 kg) Wasser/1 000 000 lb. (453 592 kg) Öl

Durch Messung des ppm-Gehalts von Wasser in Öl kann die absolute Wassermenge bestimmt werden. Die Messung in ppm weist jedoch eine wesentliche Einschränkung auf. Schwankungen des Ölsättigungspunkts werden nicht berücksichtigt. In einem

dynamischen Ölsystem mit einem schwankenden Sättigungspunkt würde eine ppm-Messung keinen Hinweis darauf geben, wie nahe der Sättigungspunkt des Öls am Erreichen liegt. Dies wird noch kritischer, wenn sich der Wassergehalt diesem Punkt nähert, wodurch die Gefahr der Wasserabscheidung entsteht.

Wasseraktivität repräsentiert die Wassermenge in einer Substanz relativ zur Gesamtmenge an Wasser, die es halten kann. Vergleichbar mit relativer Feuchte, wo die Luft nur so viel Feuchte halten kann, bevor sie Nebel oder Regen bildet.

Durch die Messung der Wasseraktivität in Öl kann man das Risiko der Wasserabscheidung abschätzen und damit Verschleiß und Korrosion deutlich verringern. Mit einer relativen Skala von 0, d. h. kein Wasser vorhanden, bis 1, die angibt, dass das Öl mit Wasser gesättigt ist, liefert die Messung der Wasseraktivität einen zuverlässigen Hinweis darauf, wie nahe der Sättigungspunkt liegt.

Die Messung der Wasseraktivität ist auch unabhängig vom Öltyp. Die Messung bleibt proportional zum Sättigungsgrad des Wassers in jedem einzelnen Öl, und der Messwert zeigt immer die wahre Situation in diesem Moment an.

In Bezug auf den Prozentsatz der relativen Sättigungseinheit wird dieser Wert aus den gleichen Informationen wie die Wasseraktivität abgeleitet, wenn auch als Prozentsatz von null bis 100 % ausgedrückt. In seiner Einfachheit ist der Wert auf einen Blick verständlich, und Trends lassen sich leicht nachverfolgen.

Wasseraktivitätsmessungen können online durchgeführt werden. Außerdem liefert die Online-Messung Daten in Echtzeit, die sofortige Korrekturmaßnahmen ermöglichen.



Montagetipps: Sensoren sollten an einer Stelle montiert werden, die eine repräsentative Probe des gesamten Ölsystems darstellt. Beispielsweise eine Hochdruckspeiseleitung oder Rücklaufleitung zum Sammelbehälter. Der Sensor kann nur das ablesen, womit er in Kontakt ist, also vermeiden Sie Stellen, die nicht so viel Durchfluss aufweisen, wie den Boden eines Sammelbehälters oder am Ende eines Abflussrohrs. Während das gelöste Wasser in Öl schließlich ausgleicht, wird die Exposition gegenüber fließendem Öl die besten Reaktionszeiten ergeben.

Technologiewechsel

Das traditionelle und aktuelle Verfahren der Ölüberwachung wird durch Probenahme und Laboranalyse durchgeführt. Kein anderes Verfahren bietet einen umfassenderen Satz von Tests zur Bestimmung der Gesamtqualität und der chemischen Ölzusammensetzung. Die Analyse wird am häufigsten mittels Karl-Fischer-Titrationen durchgeführt, bei denen

Was ist Hydrolyse?

Hydrolyse ist eine chemische Reaktion, bei der Wassermoleküle chemische Bindungen in Verbindungen abbauen, wie Basisöle, die in der industriellen Schmierung eingesetzt werden.

Reagenzchemikalien zugesetzt werden, um farbmétrische Reaktionen zu erzeugen. Dies kann mit kleinen Mengen und für eine große Anzahl von verschiedenen Chemikalien in der Probe erfolgen. Es gibt Einschränkungen und Herausforderungen, die mit diesem Verfahren verbunden sind, insbesondere wenn es um die Messung des Wassergehalts geht. Das Erfassen und Analysieren von Proben kann ein langwieriger Prozess sein, und Verfahren zur Erfassung können Proben potenziell der Atmosphäre oder anderen Kontaminationsquellen aussetzen. Darüber hinaus wird der Wassergehalt nur in Form von ppm insgesamt ausgedrückt. Dies berücksichtigt nicht die Form des Wassers, die Temperatur oder den Sättigungspunkt des Öls, was keine Echtzeitsteuerung des Prozesses zulässt. Dadurch ist es schwierig, einige der wasserbedingten Ausfälle vorherzusagen.

Alternativ hilft die Online-Messung von Wasseraktivität dabei, eine durchgehend zuverlässige Leistung der Anlagen sicherzustellen. Dieses Verfahren verringert nicht nur das Risiko von durch Menschen verursachten Fehlern, sondern

führt auch zu Kosteneinsparungen bei Labors, Anlagen und Chemikalien. In der neuesten Inline-Messtechnik für Wasseraktivität kommt ein kapazitiver Sensor zum Einsatz, der nach einem Absorptionsprinzip funktioniert.

Zu den geeigneten Anwendungen für diese Inline-Technologie gehören große Öl- oder Hydrauliksysteme wie Papiermaschinenschmierung, Turbinen und Ölrückgewinnungsanlagen. Messgeräte können an Steuerungssysteme angeschlossen werden, um Alarme zu erzeugen und gefährdete Anlagen abzuschalten.

Die neueste Technologie verwendet ein hygroskopisches Polymermaterial, das zwischen zwei Elektroden geschichtet und auf einem Glassubstrat aufgebaut ist. Die Wassermoleküle durchlaufen eine poröse obere Elektrode und interagieren mit dem Polymer. Diese Wassermoleküle verändern dann die Kapazität des Polymers, die durch die beiden Elektroden gemessen wird. Die Wasseraufnahme ist proportional zur Wasseraktivität des Öls, da die Moleküle vom Polymer absorbieren und desorbieren, um ein Gleichgewicht

zu erreichen. Die obere Elektrode ist nur für Wassermoleküle durchlässig, was zu einer ausgezeichneten chemischen Beständigkeit und der Fähigkeit führt, in verschiedensten Flüssigkeiten eingesetzt zu werden.

Schlussfolgerung

Ein umfangreiches Schmier- und Flüssigkeitsmanagementprogramm umfasst Kontaminationskontrolle, Überwachung, Analyse und Wartung. Präzise Messung und Steuerung beginnt mit Qualitätssensoren, die genau und verlässlich sind, und endet mit Effizienz, die sich direkt auf das Endergebnis auswirkt. Die Einführung einer aktiven und genauen Überwachung kann dabei helfen, Eindringquellen zu identifizieren und gleichzeitig den Aufwand eines Analyseprogramms zu verringern. Eine vorausschauende Wartung kann dann erhebliche Kosteneinsparungen erzielen, indem die Lebensdauer von Anlagen verlängert und unerwartete Ausfallzeiten minimiert werden.

Über Vaisala

Vaisala begann vor mehr als 80 Jahren mit der Entwicklung der Radiosonde zur Überwachung des Wetters. Um die Herausforderung meteorologischer Beobachtungen zu unterstützen, entwickelte Vaisala den ersten kapazitiven Dünnschicht-Polymer-Sensor für die Feuchtemessung. Unsere HUMICAP-Feuchtesensoren werden von bedeutenden Institutionen weltweit und darüber hinaus genutzt – die NASA hat sie für die Rover Curiosity und Perseverance zum Einsatz auf dem Mars ausgewählt. Diese Technologie ist zum Industriestandard geworden und hat es Vaisala ermöglicht, eine Vielzahl von industriellen Anwendungen zu bedienen. Die Sensoren werden in verschiedenen Hydraulik-, Schmier- und Energieindustrien eingesetzt. Vaisala entwickelt weiterhin marktführende Technologien zur Erkennung von Feuchte und Gas, einschließlich Biogas und verdampften Wasserstoffperoxid, um Industrien für einen sicheren und zuverlässigen Betrieb zu unterstützen.

Weitere Informationen zum Thema Feuchte in Industrieöl finden Sie in unserem englischsprachigen On-Demand-Webinar „Ölfeuchtemessung zur industriellen Qualitätskontrolle“.

VAISALA

www.vaisala.com

Kontaktieren Sie uns unter
www.vaisala.com/contactus



Scannen Sie den Code, um weitere Informationen zu erhalten.

Ref. B212201DE-A ©Vaisala 2020

Das vorliegende Material ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte hierfür liegen bei Vaisala und ihren jeweiligen Partnern. Alle Rechte vorbehalten. Alle Logos und/oder Produktnamen sind Markenzeichen von Vaisala oder ihrer jeweiligen Partner. Die Reproduktion, Übertragung, Weitergabe oder Speicherung von Informationen aus dieser Broschüre in jeglicher Form ist ohne schriftliche Zustimmung von Vaisala nicht gestattet. Alle Spezifikationen, einschließlich der technischen Daten, können ohne vorherige Ankündigung geändert werden.