

Ein Schmierfett für alle Lager: Wunschtraum oder Realität?

Rüdiger Krethe, OilDoc GmbH



Lizenziert für Gast am 08.11.2023 um 07:54 Uhr

Leonardo da Vinci, Alexander von Humboldt und Gottfried Wilhelm Leibnitz hatten eins gemeinsam: Sie gelten als Universalgenie und Visionäre ihrer Zeit, weil sie auf einer ganzen Reihe unterschiedlichster Wissensgebiete erfolgreich und bahnbrechend tätig waren. Einer von Leibnitz' Biografen rühmte ihn als „den intelligentesten Menschen seiner Epoche“. Einige Herrscher seiner Zeit, die im regelmäßigen Austausch mit ihm standen, mögen ihn einerseits als überaus gelehrt und inspirierend empfunden haben, andererseits als verträumt und weltfremd.

Vom Forscherdrang beseelte, visionäre Menschen gibt es auch heute, gesellschafts- und bildungsbedingt wohl eher mehr als vor 300 Jahren. Der Wissensexplosion der vergangenen Jahrhunderte und der damit verbundenen Spezialisierung Rechnung tragend, wird es in der heutigen Zeit als jedoch unmöglich angesehen, derart viele Wissensdisziplinen in ihrer Tiefe zu beherrschen.

Moderne Maschinen: Wahre Spezialisten

Die ersten Maschinen waren durch niedrige Geschwindigkeiten, moderate Beanspruchungen und großzügig (über)dimensionierte Bauteile gekennzeichnet. Dazu wurden sie überwiegend nur wenige

Rüdiger Krethe

Rüdiger Krethe ist Geschäftsführer der OilDoc GmbH, der Akademie für Weiterbildung rund um Schmierstoffanwendung, Ölanalysen und proaktive Instandhaltung. Nach seinem Studium des Maschinenbaus und der Tribotechnik war er im Produktmanagement für Industrieöle einer Mineralölgesellschaft tätig. Anschließend leitete er 15 Jahre das Diagnose-Team von OELCHECK. Seit mehr als 30 Jahren gibt Rüdiger Krethe als IHK-zertifizierter Trainer in Seminaren sein Know-how zu Tribologie, Schmierstoffen und Ölanalysen erfolgreich weiter. Außerdem ist er seit der ersten Ausgabe aktives Mitglied des Redaktionsteams der Schmierstoff+Schmierung.



Fachartikel | Ein Schmierfett für alle Lager: Wunschtraum oder Realität

Stunden am Tag genutzt. Der Wissenszuwachs durch Forschergeist und Erfahrungen aus dem maschinellen Betrieb brachten schneller laufende Maschinen hervor, die in derselben Zeitspanne ein Vielfaches ihrer „Vorfahren“ produzierten, intensiver genutzt wurden und in jüngerer Zeit auch immer stärker auf die effiziente Nutzung der Materialien getrimmt wurden. Damit gingen höhere Beanspruchungen der Komponenten, aber auch ein gestiegener Spezialisierungsgrad einher.

Schmierstoff-Anforderungen folgen dem Trend

Schmierstoffe von heute sind, den Anforderungen folgend, ebenfalls leistungsfähiger geworden. Sie werden den speziellen Anforderungen moderner Maschinen zunehmend „auf den Leib geschneidert“. Ein Blick in das Schmierstoff-Lager eines Industriebetriebes offenbart, dass zur Schmierung des kompletten Maschinen- und Anlagenparks je nach Unternehmensgröße und Mechanisierung oft mehr als 50 oder gar 100 verschiedene Schmierstoffe zum Einsatz kommen. Nicht selten sind allein 10 oder mehr verschiedene Schmierfette im Einsatz, obwohl diese überwiegend zur Schmierung von Wälzlagerungen dienen. Werden deshalb wirklich so viele verschiedene Schmierfette benötigt, wenn diese am Ende – laienhaft gesagt – „alle fest das Gleiche machen“?

Daher rückt die folgende Frage folgerichtig immer wieder in den Mittelpunkt:

- › Gibt es ein Universal-Schmierfett, das gleichermaßen für möglichst viele der verschiedenen Schmierstellen der Maschine geeignet ist oder einen (genialen) „Super-Schmierstoff“, der die Anforderungen aller Schmierstellen optimal abdeckt oder gar übertrifft?

Das würde die Schmierung vereinfachen und zugleich sicherer machen:

- › Unkomplizierte Lagerhaltung
- › Keine Verwechslungsgefahr einzelner Spezialfette
- › Weniger Werkzeuge und Hilfsmittel zur Schmierung
- › Versorgung über zentral gesteuerte Schmier-systeme
- › Höhere Einkaufsmengen und größere Gebinde

Demgegenüber steht die Frage, ob der Einsatz spezieller, auf die Anforderungen einzelner Lager abgestimmter Schmierfette notwendig ist, um sehr verschiedene Schmieranforderungen zu bedienen, oder deutlich höhere finanzielle Vorteile bietet als die zuvor genannten Einspareffekte:

- › Längere Lagerstandzeiten
- › Optimale Nachschmierfristen
- › Ein minimiertes Reibungsniveau

- › Höhere Zuverlässigkeit und Maschinenverfügbarkeit

Schmierfette für Wälzlager

Zur Auswahl des optimal geeigneten Schmierfetts für ein Wälzlager muss eine ganze Reihe von Einflussfaktoren berücksichtigt werden. Die wichtigsten sind in der Tabelle 1 zusammengefasst.

Die in Tabelle 1 aufgeführten Kriterien erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Sie sollen einen Überblick geben und die Komplexität der Schmierfettauswahl aufzeigen. Nachstehend kurze Erläuterungen und Grundregeln zu einzelnen der angeführten Kriterien.

Lager mit Linienkontakt (Rollen-, Tonnen- oder Nadellager) beanspruchen eine größere Fettmenge im Schmierkontakt und stellen generell höhere Anforderungen an die Schmierfähigkeit als Kugellager. Insbesondere in bordgeführten Lagern treten erhöhte Gleitanteile auf, die die Anforderungen weiter ansteigen lassen.

Aus der Geschwindigkeit, charakterisiert durch die Drehzahl und dem mittleren Lagerdurchmesser, werden die grundlegenden Anforderungen an die für die (elasto-)hydrodynamische Schmierfähigkeit verantwortliche Grundölviskosität ermittelt. Prinzipiell gilt:

- › Je höher die Geschwindigkeit, um so niedriger die Viskosität
- › Je niedriger die Geschwindigkeit, um so höher die Viskosität

Die Viskosität des Grundöles ändert sich mit der Temperatur. Deshalb ist die ermittelte Viskosität anhand der Betriebstemperaturen im Lager und dem Viskositäts-Temperatur-Verhalten des Grundöls auf die zur Ölauswahl übliche „Norm-Viskosität“ (Industrieschmieröle: 40 °C = ISO VG) umzurechnen. Hier gilt:

- › Je höher die Betriebstemperatur im Lager, um so höher die ISO VG des Grundöles

Eine hohe mechanische Beanspruchung des Lagers, auch durch Stöße, führt ebenso zu höheren Viskositäten und dem verstärkten Einsatz von Verschleißschutz-Additiven.

Hohe Temperaturen führen zur beschleunigten Oxidation und damit verkürzten Fettlebensdauer. Die meisten Verdicker erweichen bei erhöhten Temperaturen, die Ölabgabe steigt, bis hin zur Auflösung des Verdickers selbst. Daher ist der Temperatureinsatzbereich eines Schmierfettes nicht nur für die Sicherstellung der Schmierung wichtig, sondern auch von hoher Bedeutung für die Auswahl von Verdicker- und Grundöltyp.

Wasser kann in Form von Kondensat als auch durch Spitzwasser oder durch Leckagen in das Schmierfett gelangen. Ein erhöhter Wasseranteil kann nicht nur zu Korrosion oder vorzeitiger Wälzlagerer-



NEU:
 Spezial-
 Mehrzweckfett
UNIL ZELOS TOP 2000
 auf Basis eines
 Calciumverdickers mit
 außergewöhnlichem
 Belastungsverhalten

MEHR ERFAHREN:



Wir versorgen Sie mit den passenden **Schmierfetten** für Ihren **sicheren Betrieb** inklusive **Gerätschaften**. Tribologische Kompetenz, technische Beratung und Vertrieb – alles aus einer Hand.

Wir sind Ihr kompetenter Partner für Schmierstoffe & Serviceleistungen. Sprechen Sie uns an. Wir beraten Sie gerne!

FRIEDRICH SCHARR KG • 0711 - 78 68-592 • schmierstoffe@scharr.de • www.scharr.de



Lizenziert für Gast am 08.11.2023 um 07:54 Uhr

Anzeige

müdung führen. Einige Verdickersysteme weisen eine hohe Wasserbeständigkeit auf, andere reagieren ausgesprochen empfindlich darauf. Esterbasierte Grundöle unterliegen der Gefahr der Hydrolyse.

Aggressive Medien, Säuren oder Basen erhöhen nicht nur die Korrosionsgefahr. Sie können die Verdickerstruktur und auch das Grundöl nachhaltig schädigen.

Faktor	Bedeutung
Lagertyp	Schmierung: Kontaktgeometrie (z. B. Punkt, Linie), Gleitanteile, Bordreibung
Geschwindigkeit ($n \cdot d_M$)	EHD-Schmierfilmbildung (Grundölviskosität), mechanische Fett-Stabilität
Temperatur	Betriebsviskosität des Grundöles (Schmierung) Startviskosität, oxidative und thermische Beständigkeit
Belastung (auch Stoßhaftigkeit, Schwingungen)	Schmierung: Grundölviskosität, Verschleißschutz-Additive, Schmierfettstabilität (Ölabgabeverhalten)
Umgebungs-/Medieneinflüsse	Wasser/Medien: Korrosionsschutz, chemische und physikalische Fett-Beständigkeit
Einbaulage, Besonderheiten	Waagrecht/senkrecht: Konsistenz, Innen-/Außenring drehend: Ölabgabeverhalten
Umweltschutz, Hygiene, Gesundheit, Religion	„Bio“: Eco-Label Lebensmittelkontakt/Pharma: NSF-Zulassung, kosher, halal
Wartungsanforderungen	Nachschmierfrist, Lebensdauerschmierung: Oxidationsstabilität, Fett-Stabilität, Konsistenz
Schmierung	Design interne Fettversorgung, Extern: Schmierstoffgeber, Schmiersysteme Förderbarkeit, Ausblutverhalten

Tabelle 1: Wichtige Auswahlkriterien für ein Wälzlager-Schmierfett

Spezialist oder Universalgenie

Je allgemeiner das Anforderungsprofil verschiedener Wälzlagerungen hinsichtlich des einzusetzenden Schmierfetts ist, um so eher kann die Verwendung eines „höherwertiges Schmierfetts“ bzw. eines „Universalgenies“ zu einer signifikanten Sortenreduktion führen.

Die Vielzahl der bei der Schmierfettauswahl zu berücksichtigenden Faktoren und damit die mögliche Verschiedenartigkeit wurde in der Tabelle 1 aufgezeigt. Das macht deutlich, dass die Anforderungen an einzelne Fettschmierstellen nicht in jedem Fall diese „Ähnlichkeit“ aufweisen und nicht immer pauschal als „niedrig“ oder „hoch“ bezeichnet werden können. Je spezieller die Anforderungen sind, um so mehr sind die Schmieranforderungen einzelner Wälzlagerungen „anders“, was die Sortenvereinfachung erschwert oder wirtschaftlich wenig sinnvoll werden lässt, da die Spezialfette den einzelnen Lagern auf den Laib geschneidert sind und eine wesentlich höhere Leistungsfähigkeit aufweisen.

Am Beispiel einzelner fettgeschmierter Wälzlager einer Windkraftanlage soll nachfolgend aufgezeigt werden, wie speziell die Schmieranforderungen in der Realität tatsächlich sein können.

Rotorlager

Herzstück einer teilintegrierten Rotorlagerung einer Windkraftanlage ist oft ein Pendelrollenlager. Der Lagerdurchmesser erreicht in modernen Großanlagen durchaus 4 Meter, in sehr großen Anlagen bis zu 7 Meter [1]. Die Drehzahl liegt je nach Wind zwischen ca. 1 min^{-1} im Trudel-Betrieb und etwa $20\text{--}25 \text{ min}^{-1}$. Rotornabe und Rotorblätter bringen es leicht auf ein

Gewicht von 70 Tonnen und mehr. Die Lagerbeanspruchung ist – typisch Wind – sehr dynamisch. Die Umgebungstemperaturen schwanken jahreszeitlich bedingt deutlich. Schmierfette für Rotorlager enthalten meist synthetische, teilweise auch mineralölbasierte Grundöle, deren Viskosität typisch bei ca. $400 \text{ mm}^2/\text{s}$ bei 40°C liegt, in Einzelfällen auch darunter. Die EP-legierten Schmierfette werden in der Regel mit Lithium- oder Lithiumkomplex-Seifen eingedickt. Die hohe Grundölviskosität ist den niedrigen Drehzahlen und der hohen Beanspruchung geschuldet.

Blatt- und Azimutlager

Die Blattlager stehen den Rotorlagern in ihrer Größe kaum etwas nach. Ein Rotorblatt bringt es je nach Größe auf ca. 20 Tonnen und mehr, die Blattlänge beträgt ca. 50–75 Meter. Der auch „Pitchantrieb“ genannte Mechanismus dient dazu, die Rotorblätter mehr oder weniger in den Wind zu stellen. Daher stehen die Lager größtenteils still, sind dabei erheblichen Schwingungen ausgesetzt und führen je nach Bedarf die notwendigen Stellbewegungen aus. Oft kommen zweireihige Kugel- oder Rollenlager zum Einsatz. Die Lager sind mit einer Innenverzahnung versehen, in die ein Antrieb eingreift, vergleichbar mit dem Schwenkantrieb eines Baggers. Im Gegensatz zu Rotorlagern kann nicht von einem rotierenden Lager gesprochen werden. Deshalb sind die Schmieranforderungen auch sehr speziell. Zur Bildung eines hydrodynamischen Schmierfilms kommt es praktisch nicht. Der Haupt-Schädigungsmechanismus ist die Bildung von Stillstands-Riffeln („False Brinelling“), was durch geeignete Festschmierstoff-Additive bekämpft wird. Daher ist die Grundölviskosität der eingesetzten Schmierfette eher sehr niedrig, um das



Rotorblattlager einer Windenergieanlage ohne montierte Rotorblätter (Quelle: Wikipedia – Paul Anderson / Hub secured to Turbine Tower No 11)

Produkt	NLGI-Klasse	Verdicker-Typ	Grundöl-Typ	GVis@40 [mm ² /s]	Rotor	Blatt	Azim.	Gen.
Rotorlagerfett 1	2	Mix	Mineral	400	X			
Rotorlagerfett 2	1-2	LiX	PAO	460	X			
Blattlagerfett 1	2	Li	PAO	50		X		
Generatorfett 1	2	LiX	PAO	100				X
Generatorfett 2	2	Urea	Min/Ester	150				X
Universalfett 1	1-2	LiX	PAO	460	X	X	X	X
Universalfett 2	2	LiX	PAO	120	X	X	X	X

Tabelle 2: Typische Schmierfette in Windturbinen

Nachfließen des Öls (und der Additive) in die Lastzone bei den Mikrobewegungen bestmöglich zu unterstützen.

Die Lagerung der Gondel (Azimut-Lager) führt die Gondel bei sich ändernder Windrichtung nach und ist ähnlich dynamischen Beanspruchungen ausgesetzt wie die Blattlager. Angesichts des Gesamtgewichts einer Gondel (Nascelle) von mehr als 100 Tonnen, einer Länge von ca. 20 Metern und einer Breite von 6 Metern muss die Lagerung jedoch deutlich massiver ausgeführt werden. Zum Einsatz kommen in kleineren Anlagen ein- oder zweireihige Vierpunktlager mit Innen- oder Außenverzahnung, in Großanlagen eher dreireihige Rollenlager.

Generatorlager

Die Generatorlager einer Windturbine mit Hauptgetriebe ist in seinen Dimensionen deutlich bescheidener (mittlerer Lagerdurchmesser ca. 200–400 mm). Zum Einsatz kommen oft Zylinderrollenlager, ggf. kombiniert mit Kugellagern. Die Drehzahl liegt je nach Wind und Generatortyp bei etwa 1000 min⁻¹. Die Lagertemperaturen sind angesichts der Drehzahl und der Anordnung im Inneren der Gondel deutlich höher als bei den anderen Lagerungen. Zum Einsatz kommen oft Lithiumkomplex-verseifte Schmierfette mit mineralischen oder synthetischen Grundölen einer Viskosität von ca. 100 mm²/s bei 40 °C. Wie beim Rotorlager handelt es sich um tatsächlich rotierendes Lager, welches jedoch deutlich schneller läuft.

Tabelle 2 fasst die wichtigsten Kennwerte der typischerweise eingesetzten Schmierfette zusammen.

Interessant ist, dass seit langem Universalfette verfügbar sind, die in allen Lagern einsetzbar sind und auch die entsprechenden OEM-Freigaben haben. Eine breite Marktakzeptanz haben diese Fette jedoch bisher

nicht gefunden. Schwachstelle sind möglicherweise die sehr spezifischen Anforderungen der Blattlager, die sich nur schwer mit den anderen Anforderungen in Einklang bringen lassen. Oder – spezielle Blattlagerfette zeigen in der Praxis die bessere Performance.

Fazit

Die zunehmende Sortenvielfalt gerade im Bereich der fettgeschmierten Komponenten stellt das Wartungspersonal vor Herausforderungen. Der Aufwand für die Lagerhaltung, die Schmiergeräte und Hilfsmittel steigt mit der Sortenvielfalt signifikant an. Dazu können Verwechslungen kostenintensive Schäden nach sich ziehen, deren Wahrscheinlichkeit bei einer reduzierten Sortenanzahl und einem professionellen Schmierungsmanagement deutlich sinkt. Demgegenüber steht die zunehmende Spezialisierung und Leistungssteigerung im Maschinenbau, die zu spezifischen Lagerungen und gestiegenen Schmieranforderungen führt. Bei der Sortenvereinfachung ist deshalb besondere Vorsicht geboten. Gut geschultes Personal /2/ kann diese Herausforderung mit professioneller Unterstützung trotzdem zuverlässig meistern.

Literaturangaben

- /1/ Rothe Erde GmbH: Windkraftanlagen: Unsere Schlüsselkomponenten. Quelle: <https://www.thyssenkrupp.com/de/stories/nachhaltigkeit-und-klimaschutz/die-big-3-fuer-die-windkraft>, Zugriff am 17.04.2023
- /2/ OilDoc GmbH, Skript zum Seminar „Schmierfette und Schmierfettüberwachung“, OilDoc GmbH, 2022, www.oildoc.de X

Eingangsabbildung: © adobedesigner – stock.adobe.com