

Rheometrie an Schmierstoffen

Dr. Carina Osterwinter, Dr. Fabian Schüler

Die Rheometrie ist eine hochpräzise Messmethode zur Untersuchung der viskoelastischen Eigenschaften von Flüssigkeiten und Festkörpern. Dieses moderne Verfahren ermöglicht es, die Fließeigenschaften von Materialien sehr exakt und anwendungsnah zu untersuchen. Aufgrund ihrer Vorteile kommt diese Technologie immer häufiger bei der Charakterisierung von Schmierstoffen zum Einsatz.

Auf dem Markt ist eine Vielzahl an verschiedenen Schmierstoffen verfügbar. Basierend auf ihrer chemischen Zusammensetzung unterscheiden sich diese in ihren Materialeigenschaften wie z. B. dem Stockpunkt, der Viskositätsklasse, der Temperaturstabilität oder der Alterung. Hieraus ergibt sich ihre Wirkungsweise sowie das optimale Einsatzgebiet. Eine detaillierte Kenntnis der Fließeigenschaften (rheologische Eigenschaften) eines Schmierstoffs für einen spezifischen Anwendungsfall ist sowohl für Endnutzer bei der Auswahl als auch für den Entwickler bei der Formulierung von großer Wichtigkeit.

Um die Eignung eines Schmierstoffs für eine Anwendung einschätzen zu können, gibt es eine Reihe von Parametern, die die Fließeigenschaften beschreiben, wodurch ein Vergleich verschiedener Materialien möglich wird. Jeder dieser Parameter deckt jedoch nur einen kleinen Teil der Materialeigenschaften ab und gibt kein vollständiges Bild der Fließeigenschaften im individuellen Anwendungsfall. Im Folgenden sollen die Vorteile der modernen rheologischen Messmethodik (Rheometrie) gegenüber traditionellen

Prüfverfahren anhand dreier Beispiele herausgestellt werden.

Viskositätsindex gegenüber scherratenabhängigen Viskositätsmessungen

Historisch bedingt dient der sogenannte Viskositätsindex als Kenngröße, um vorwiegend Schmieröle miteinander zu vergleichen. Der Viskositätsindex beschreibt die Temperaturabhängigkeit der kinematischen Viskosität $[\text{m}^2\text{s}^{-1}]$. Als Vergleichsgrundlage der Viskositätsindexskala dienen zwei Referenzöle, deren Viskositäten in der Norm DIN 51563 festgehalten sind. Ein Viskositätsindex von 0 (LVI = Low Viscosity Index) stellt dabei eine starke Temperaturabhängigkeit der Viskosität dar, während ein Viskositätsindex von 100 (HVI = High Viscosity Index) eine schwache Temperaturabhängigkeit der Viskosität beschreibt.

Die Viskositätsindexskala hat sich über viele Jahre hinweg etabliert und findet nach wie vor Verwen-



derung in Wirtschaft und Forschung. Sie beschreibt dabei lediglich die Temperaturabhängigkeit der Viskosität bei einer definierten Scherrate.

Die Rheometrie stellt ein sehr präzises Messverfahren dar, um neben dem temperaturabhängigen auch das komplexe scherabhängige Fließverhalten zu ermitteln. Wie in Abbildung 1 schematisch dargestellt, bietet die Aufnahme der Viskosität als Funktion der Scherrate (Fließkurve, gem. DIN 51810-1) die Möglichkeit, das scherabhängige Fließverhalten detailliert zu untersuchen.

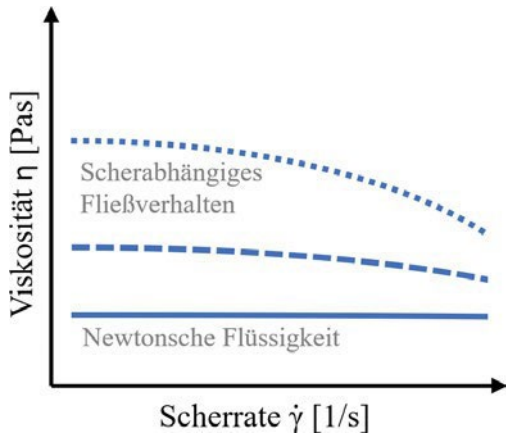


Abb. 1: Schematische Auftragung der scherratenabhängigen Viskosität von Schmierstoffen

Durch die simultane Betrachtung von sowohl Scherrate als auch Temperatur werden mithilfe der rheometrischen Messung deutlich anwendungsbezogene Messwerte ermöglicht. So können beispielsweise verschiedene Betriebsgeschwindigkeiten eines Motors abgebildet werden. Jede geschmierte Maschinenkomponente hat in Abhängigkeit der Auslegung und Anwendungsbedingungen ein eigenes Anforderungsprofil an das Fließverhalten eines geeigneten Schmiermittels, welches mit Hilfe der Rheometrie am individuellen Lastfall sehr präzise untersucht werden kann.

Konsistenzklassen von Schmierfetten gegenüber komplexem Fließverhalten

Schmierfette lassen sich nach DIN 51818 (Skala des National Lubricating Grease Institute NLGI) in neun verschiedene Konsistenzklassen einteilen. Die Klassen beschreiben die Festigkeit eines Materials, wobei die Konsistenzklasse 000 ein sehr weiches, und die Konsistenzklasse 6 ein sehr festes Fett beschreibt. Bei dem zugrundeliegenden Prüfverfahren wird die Eindringtiefe eines Kegels in das Schmiermittel gemessen.

Die NLGI-Klasse ist nach wie vor ein häufig genutztes Kriterium für die Fettauswahl, sie ist allerdings sehr limitiert in ihrer Aussagekraft. Es ist daher nicht ungewöhnlich, dass sich Fette derselben Konsistenzklasse in ihren physikalischen Eigen-

CJC® ÖLPFLEGE IM NEBENSTROM

100% nachwachsenden Zellulose

- >> FEIN- UND TIEFENFILTRATION
+ lange Kontaktzeit von Filtermaterial und Öl
+ extrem hohe Schmutz- und Wasseraufnahme
- >> EFFIZIENTE ÖLPFLEGE
+ keine chemische oder energetische Belastung
+ verbesserte Langzeitwirkung der Additive
- >> 100 % ZELULOSE
+ CO₂- und O₂-Bilanz verbessern
+ einfache Entsorgung ohne zusätzliche Belastung für die Umwelt

CJC® ALL-IN-ONE-SYSTEM OPTIMALER KOMPONENTENSCHUTZ

- >> PARTIKEL
+ Reinheitsklassen bis ISO 12 (ISO 4406) sichern
- >> FREIES UND GELÖSTES WASSER
+ Wassergehalt < 100 ppm verbessern
- >> VARNISH UND ÖLABBAU
+ MPC-Wert < 5 erzielen
- >> SÄUREN
+ absorbieren/neutralisieren und vorbeugen

CJC® CPS CYBER-PHYSICAL SYSTEM

Druck
Öltemperatur
Optional weitere Sensoren

- >> AUTOMATISCHES MONITORING
+ Reduzierung von administrativem Aufwand
+ Sicherung höchster Ölrainheiten
- >> PREDICTIVE MAINTENANCE
+ Indikator für Anomalien
+ Vermeidung ungeplanter Stillstände
- >> AUTARK & INDIVIDUELL MODIFIZIERBAR
+ kundenspezifische Sensoren
+ schnell und einfach nachrüstbar

www.cjc.de

Anzeige

schaften und in ihrem Fließverhalten stark unterscheiden. Letzteres ist jedoch für das Verhalten in einer Anwendung sehr entscheidend.

Die Fließgrenze definiert den Belastungszustand, ab dem ein Fett zu fließen beginnt. Gemäß DIN 51810-2 wird die Fließgrenze anhand einer oszillatorischen rheologischen Messung ermittelt und ist in Abbildung 2 schematisch als Schnittpunkt des Speichermoduls G' und des Verlustmoduls G'' gekennzeichnet.

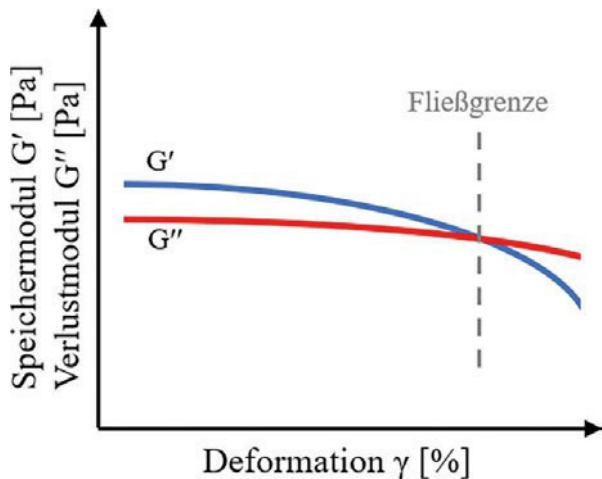


Abb. 2: Schematische Darstellung eines Amplitudentests an Schmierfetten zur Ermittlung der Fließgrenze

Die neue Schmierpunkt-Überwachung von LUBE

EINE SORGE WENIGER

Mit dem neuen Sensor-System „End Point Monitor“ (EPM) macht LUBE Ihre Maschine jetzt noch zuverlässiger: EPM kontrolliert die Schmiermittelversorgung der beweglichen Teile genau dort, wo es drauf ankommt - direkt an den Schmierstellen.

Tritt ein Problem auf, informiert Sie das System in Echtzeit und Sie können reagieren, bevor teurer Schaden entsteht!



Mehr Informationen unter www.lube-europe.com



Anzeige

Neben der Möglichkeit, Schmierfette anhand einer materialspezifischen Kenngröße wie der Fließgrenze direkt miteinander zu vergleichen, liefert die Rheometrie weitere wichtige Informationen über das komplexe viskose Verhalten von Schmierfetten. So ist die scherabhängige Viskosität einerseits ein Indikator für die zu erwartende Reibleistung. Sie spielt aber auch für die Pumpbarkeit der Fette in Applikationssystemen, welche die Fette aus einem Reservoir an die zu schmierende Stelle fördern, eine wichtige Rolle. Zuletzt haben die Anwendungstemperaturen einen immensen Einfluss auf die beschriebenen Verhaltensweisen, welche in der Rheometrie sehr einfach abgebildet werden können, wohingegen die NLGI-Klasse einen bei 25 °C ermittelten Wert darstellt.

Rheometrie in der Formulierungsentwicklung

Schmierstoffe sind im Allgemeinen komplexe Formulierungen aus Basisölen, Andickern und funktionellen Additiven. Dazu gehören unter anderem Korrosionsschutz- und Antioxidationsadditive, sowie rheologisch aktive Zusätze wie Viskositätsmodifikatoren. Der Einfluss dieser Zusätze auf die chemisch-physikalischen Eigenschaften der Formulierung liegt neben der zugegebenen Menge vor allem in der Interaktion zwischen den Bestandteilen begründet. Die Rheometrie ist aufgrund ihrer Einfachheit und Schnelligkeit ein schlagkräftiges Werkzeug im Rahmen der anspruchsvollen Aufgabe der Formulierungsentwicklung.

Im Rahmen eines „Design of Experiment“-Ansatzes lassen sich effektive Pläne entwickeln, um in Messreihen vergleichende Tests mit verschiede-

nen Komponenten durchzuführen oder die Einflüsse der Formulierungsanteile systematisch zu variieren und zu optimieren. Begleitet durch die rheometrische Messtechnik werden hierdurch in kurzer Zeit aussagekräftige Ergebnisse erzielt. Sind Materialauswahl und Formulierungsentwicklung erfolgt, kann ein Prototyp mithilfe der vielfältigen Untersuchungsmethoden umfassender untersucht werden. Ein weiterer Vorteil moderner Rheometer ist die optionale Umrüstung auf tribologische Messverfahren, wodurch auch in einem frühen Stadium der Entwicklung bereits anwendungsnahe Erkenntnisse gesammelt werden können.

Zusammenfassung

Die Rheometrie ist eine moderne und leistungsstarke Methode zur Qualifizierung von Schmierstoffen. Einfache und komplexe Fließverhaltensweisen können präzise, schnell und nah am individuellen Anwendungsfall ermittelt werden. Die Materiales GmbH besitzt langjährige Erfahrung im Feld der rheometrischen Prüftechnik, und bietet Beratung sowie Messdienstleistungen zu den vorgestellten und vielen weiteren rheologischen Messmethoden. Kontaktieren Sie uns gerne bei Fragen oder Interesse an unserer Dienstleistung. www.materiales.de »»



Eingangsabbildung ©stock.adobe.com/HappyAprilBoy