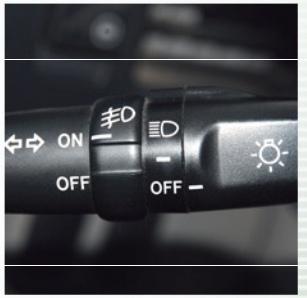
ECL
A QUAKER CHEMICAL COMPANY

Kurzanalyse für Produktentwickler



Silikonfett: Vorteile, Risiken und Ammenmärchen

Eine Fallstudie bezüglich Leistungssteigerung bei Fahrzeug-Fensterreglern

Tipps zur Schmierung von Kunststoffteilen

Kurzübersicht

Schmierstoffe steigern die Leistung und die Nutzungsdauer von Getrieben, Lagern, Schlitten und anderen Kunststoffteilen – *sofern diese Schmierstoffe speziell zur Schmierung von Kunststoffteilen formuliert sind.*

Diese Kurzanalyse gibt Ihnen Tipps, die Ihnen die Auswahl des besten Schmierstoffs für Ihr Kunststoffteil erleichtern können, und auch spezielle Hinweise zu Getrieben, Lagern, Schlitten und nicht zu schmierenden Kunststoffen sowie zur Vermeidung von Ruck-Gleit-Effekten.

Grundlagen: *Was versteht man unter Fett und wie funktioniert es?*

Öl
(bis zu 90 %)

Verdickungsmittel
(15 – 30 %)

Additive
(5 – 10 %)

Festschmierstoffe
(5-10 %)

Öle schmieren. Sie bilden einen Schutzfilm zwischen zwei Flächen, um Reibung und Verschleiß vorzubeugen.

Verdickungsmittel fixieren das Öl, ähnlich wie ein Schwamm das Wasser hält. Wenn sich verbundene Teile bewegen, wird das Verdickungsmittel geschert und setzt Öl frei, um einen Schmierstofffilm zwischen den beweglichen Teilen zu bilden. Verdickungsmittel reabsorbieren Öl, wenn die Bewegung stoppt.

Additive optimieren die ausschlag-gebenden Schmierleistungseigenschaften eines Schmierstoffs, wie zum Beispiel Tieftemperatur-Drehmoment, Korrosionsschutz und Oxidations-beständigkeit.

Festschmierstoffe wie PTFE, MoS_2 und Grafit zählen zu den tragfähigen Additiven, die (insbesondere bei der Inbetriebnahme) die Schmierkraft eines Fettes erhöhen.

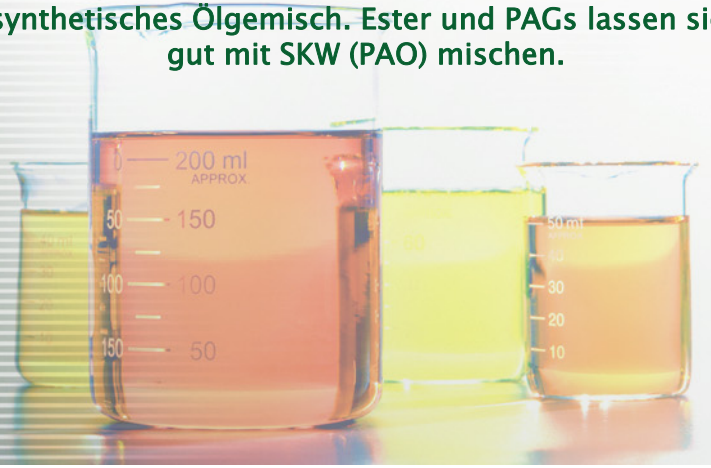
Mineralöl oder synthetisches Öl?

Entscheidungskriterien: Temperaturgrenzen und Leistung der Bauteile

Betriebstemperaturen für Öle

Mineralöl	-30 bis +100 °C
Polyalphaolefin (PAO) Synthetischer Kohlenwasserstoff (SKW)	-60 bis +150 °C
Ester	-70 bis +150 °C
Polyalkylenglykol (PAG)	-40 bis +180 °C
Silikon	-75 bis +200 °C
Perfluorpolyether (PFPE)	-90 bis +250 °C

Falls Ihre Bauteile bei Temperaturen unter -30 °C oder über +100 °C laufen müssen, benötigen Sie ein synthetisches Öl – oder ein mineralisch-synthetisches Ölgemisch. Ester und PAGs lassen sich gut mit SKW (PAO) mischen.



Fakten zu Mineralölen

- Mineralöle sind meistens die kosteneffizienteste Alternative, wenn die Betriebstemperaturspanne -30 bis +100 °C nicht überschreitet.
- Solche Öle können bei niedrigen Temperaturen ziemlich zähflüssig werden oder gefrieren, wodurch sie sich bei Inbetriebnahme schwerer scheren lassen, was wiederum nötig ist, um Öl aus dem Verdickungsmittel freizusetzen und so einen Schmierstofffilm zwischen zwei Flächen zu bilden.
- Außerdem können Mineralöle bei hohen Temperaturen sehr flüchtig werden, wodurch sich die Festigkeit des Schmierstofffilms verringert und folglich Reibung und Verschleiß zunehmen.

Fakten zu synthetischen Ölen

- Neben breiteren Temperaturspannen besitzen diese Öle höhere „Viskositätsindizes“, d. h. ihre Viskosität bleibt bei Temperaturänderungen konsistenter, wodurch wiederum eine konsistente Schmierleistung bei extremen Temperaturen gewährleistet ist.
- Der Ölfilm ist bei synthetischen Ölen in der Regel fester als bei Mineralölen, sodass damit höheren Belastungen und schnelleren Geschwindigkeiten standgehalten werden kann.

Sicherstellen, dass sich das betreffende Öl auch mit Kunststoff verträgt, da das Bauteil andernfalls brechen oder reißen und so ein vorzeitiger Ausfall verursacht werden kann

Ein Leitfaden zur Öl/Kunststoff-Verträglichkeit

Kunststoff		Mineralöl	PAO	Ester	PAG	Silikon	PFPE
Acrylnitril-Butadien-Styrol	ABS	🟡	🟡	🔴	🔴	🟢	🟢
Polyamide (Nylon)	PA	🟢	🟢	🟢	🟡	🟢	🟢
Polyamid-Imide	PAI	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
Polybutylenterephthalate (Polyester)	PBT	🟢	🟢	🟡	🟡	🟢	🟢
Polycarbonate	PC	🟡	🟡	🔴	🔴	🟢	🟢
Polyethylene	PE	🟡	🟡	🟡	🟡	🟢	🟢
Polyetheretherketon	PEEK	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
Phenol-Formaldehyd (Phenole)	PF	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
Polyimide	PI	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
Polyoxymethylene (Acetale)	POM	🟢	🟢	🟢	🟡	🟢	🟢
Polyphenylenoxide	PPO	🟢	🟢	🔴	🔴	🟢	🟢
Polyphenylensulfide	PPS	🟢	🟢	🔴	🔴	🟢	🟢
Polysulfone	PSU	🟢	🟢	🔴	🔴	🟢	🟢
Polypropylen	PP	🟡	🟡	🟡	🟢	🟢	🟢
Polytetrafluorethylen	PTFE	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢
Polyvinylchloride	PVC	🟡	🟡	🔴	🔴	🟢	🟢
Thermoplastisches Polyurethan	TPU	🟢	🟢	🟡	🟡	🟢	🟢

🟢 Dürfte gefahrlos möglich sein
🟡 Kann funktionieren, muss aber nicht
🔴 Gar nicht erst versuchen

Faustregeln zur Auswahl eines Öls, das auf Kunststoffe angewendet werden soll

- Silikon und PFPE vertragen sich in der Regel mit allen Kunststoffen.
- Synthetische Kohlenwasserstoffe und Mineralöle vertragen sich in der Regel mit den meisten Kunststoffen, obwohl Mineralöle evtl. wegen hoher oder niedriger Betriebstemperaturen nicht geeignet sind.
- Vorsicht ist bei Ester und Polyalkylenglykol geboten. Diese sind nur begrenzt mit Kunststoffen verträglich.

Testen, Testen, Testen

- Prüfen Sie die Verträglichkeit, indem Sie das Produkt unter extremen Belastungs-, Geschwindigkeits- und Temperaturbedingungen testen.

Ein Verdickungsmittel wählen, das für das jeweilige Öl sowie die jeweiligen Betriebstemperaturen und -bedingungen geeignet ist

Eigenschaften von Verdickungsmitteln unter Betriebsbedingungen

	Aluminium	Aluminium-Komplex	Amorphes Siliziumdioxid	Barium-Komplex	Bentonit	Calcium	Calcium-Komplex	Calciumsulfonat	Lithium	Lithium-Komplex	Polyharnstoff	PTFE	Natrium-Komplex
Haftmittel	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Autophoretisches Lackierverfahren	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Korrosionsschutz	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Tropfpunkt	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Passflächenkorrosion	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Reibungsreduzierung	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Salzwasser	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Wasser	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Verschleißschutz	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Stabilität (gewalkt)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

● dürfte gefahrlos möglich sein ● kann funktionieren, muss aber nicht
● gar nicht erst versuchen

Einige Öle und Verdickungsmittel sind nicht gut miteinander verträglich

- Mineral-, PAO- und Esteröle vertragen sich mit jedem Verdickungsmittel.
- Silikonöl verträgt sich nur mit Lithium, Siliziumdioxid und PTFE.
- PFPE-Öl kann nur mit PTFE verdickt werden.

Verdickungsmittel beginnen bei bestimmten Temperaturen, sich zu zersetzen

- Aluminum <80 °C.
- Barium-Komplex und Lithium <135 °C.
- Aluminum-Komplex, Calcium-Komplex, Calciumsulfonat und Lithium-Komplex <175 °C.
- Zu den Verdickungsmitteln, die für extreme Temperaturen geeignet sind, zählen Polyharnstoff (<200 °C), PTFE (<275 °C) und amorphes Siliziumdioxid (<300 °C).

Einige Verdickungsmittel sind für bestimmte Betriebsbedingungen besser geeignet

- Niedertemperaturleistung, Korrosionsschutz, Passflächenkorrosion, Reibungsreduzierung, Salzwasser und Verschleißschutz sind alles Faktoren, die es bei der Auswahl eines Verdickungsmittels zu berücksichtigen gilt *(siehe Tabelle links).*

Auswahl eines Verdickungsmittels zur Formulierung eines Fettes für Kunststoffteile

Eigenschaften von Verdickungsmitteln unter Betriebsbedingungen

	Aluminium	Aluminium-Komplex	Amorphes Siliziumdioxid	Barium-Komplex	Bentonit	Calcium	Calcium-Komplex	Calciumsulfonat	Lithium	Lithium-Komplex	Polyharnstoff	PTFE	Natrium-Komplex
Haftmittel	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Autophoretisches Lackierverfahren	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Korrosionsschutz	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Tropfpunkt	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Passflächenkorrosion	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Reibungsreduzierung	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Salzwasser	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Wasser	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Verschleißschutz	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Stabilität (gewalkt)	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

● dürfte gefahrlos möglich sein ● kann funktionieren, muss aber nicht
● gar nicht erst versuchen

Fakten zu Verdickungsmitteln

Zwar gibt es nur wenige Unverträglichkeiten zwischen Verdickungsmitteln und Kunststoffen … aber Sie sollten sicherstellen, dass sich das betreffende Verdickungsmittel tatsächlich mit dem betreffenden Öl verträgt.

- Je nach Betriebsumgebung bieten einige Verdickungsmittel spezielle Vorteile, z. B.:
  - Polyharnstoff bietet eine hervorragende Beständigkeit gegenüber Wasser und steigert die Schmierleistung bei hohen Temperaturen.
  - Calciumsulfonat erhöht den Korrosionsschutz und vermindert die Passflächenkorrosion.
  - PTFE verringert Reibung und ist chemikalienbeständig.
  - Siliziumdioxid ist wasser- und chemikalienbeständig, erbringt bei hohen Temperaturen eine ausgezeichnete Schmierleistung und ist auf exponierten Flächen, wie z. B. Schiebedachschienen, kaum sichtbar.

Am besten geeignete Viskosität für das für die Kunststoffteile vorgesehene Öl auswählen

Kinematische Viskosität
(cSt. bei 25 °C)

Heiße Schokolade 20.000

Melasse 10.000

Karo®-Maissirup 5.000

Honig 2.000

Motoröl SAE 60 1.000

Motoröl SAE 30 500

Motoröl SAE 10 100

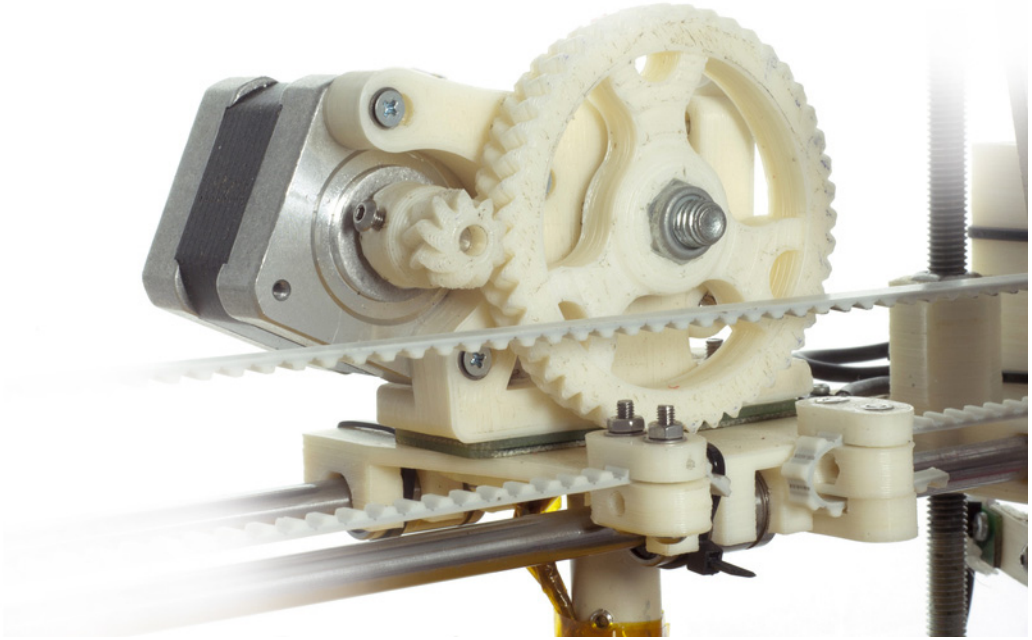
Pflanzenöl 50

Wasser 1

Bei KV handelt es sich um die Konsistenz einer Flüssigkeit bei einer Zimmer-temperatur, bei der Wasser bei 1 cSt liegen würde. Die KV-Werte sind gewöhnlich auf dem Datenblatt des Schmierstoffs zu finden.

Leicht oder schwer?

- Bei Ölen mit einer kinematischen Viskosität von 100 Centistoke bei 25 °C (was der Konsistenz des Motoröls SAE 10 entspricht) oder höher besteht eine geringere Wahrschein-
- lichkeit, dass der Kunststoff durchdrungen wird bzw. bricht oder reißt.
- Leichtere Belastungen erfordern Öle mit geringerer Viskosität, um Reibungswider-
- stand vorzubeugen. Stärkere Belastungen erfordern Öle höherer Viskosität, damit vom Start bis zum Stopp ein Schmierstofffilm gewährleistet werden kann.



Einsatz von Additiven in Fetten zur Schmierung von Kunststoffteilen

Häufig genutzte Fett-Additive

Oxidationshemmer

Verschleißschutz-/Scheuerschutz-Additive

Schweißschutz-/Festschmierstoff-Additive

Farbstoffe

Additive für Extremdrücke

Reibminderungszusätze

Rost- und Korrosionshemmer

Tackifier/Polymere

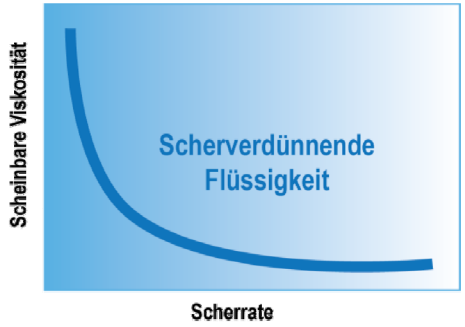
VI-Verbesserer

Fakten zu Additiven

- PTFE verträgt sich mit allen Kunststoffen. Es eignet sich besonders gut zur Reibungsreduzierung bei Inbetriebnahme.
- MoS_2 und Grafit müssen im Vorfeld getestet werden. Diese beiden Additive können evtl. den Kunststoff durchdringen und schwächen.
- Extremdruck- und Korrosionsschutz-Additive, wie sie häufig bei Metall/Metall-Anwendungen zum Einsatz kommen, werden in für Kunststoffteile vorgesehenen Fetten nicht benötigt.

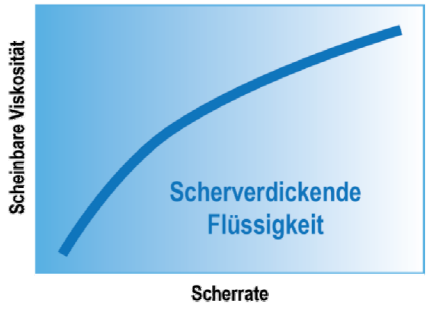
Scheinbare Viskosität des Fettes auf die Scherfähigkeit bei hohen und niedrigen Temperaturen prüfen

Thixotropes Fett: Scherverdünnung – die Viskosität nimmt durch Scherung ab.



Bei Scherung ändert sich die Viskosität eines Fettes. Die scheinbare Viskosität, in Centipoise angegeben, gibt einem Produktentwickler Aufschluss über die „Scherkräfte“ eines Fettes bei bestimmten Temperaturen (Wasser liegt bei etwa 1 cP, Holzspachtel bei etwa 1 Million cP).

Dilatantes Fett: Scherverdünnung – die Viskosität nimmt durch Scherung zu.

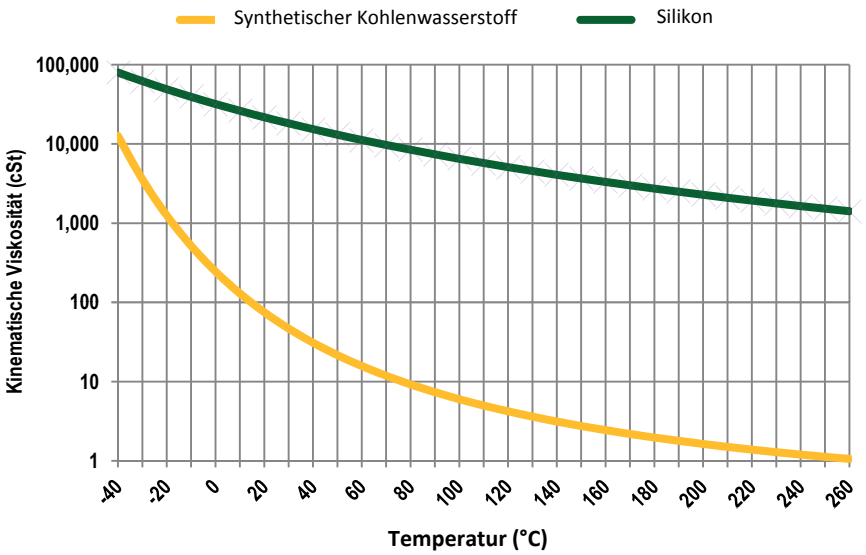


Scheinbare vs. kinematische Viskosität

- **Kinematische Viskosität** ist eine Eigenschaft des Grundöls. Die Viskosität des Öls kann sich in Abhängigkeit von Temperatur oder Kompression ändern, wird in der Regel jedoch ***nicht*** durch Scherung beeinflusst.
- **Scheinbare Viskosität** ist eine Eigenschaft des Fettes. Die Viskosität des Fettes wird durch Scherung ***beeinflusst***. Das Fett wird dünn- oder dickflüssiger.
- **Thixotrope Fette** werden bei Scherung weniger viskos, ähnlich wie Butter, die bei Zimmertemperatur gerührt wird.
- **Dilatante Fette** werden durch Scherung stärker viskos, ähnlich wie Wasser und Mehl, die bei Zimmertemperatur verrührt werden.

Scheinbare Viskosität als Hilfsmittel bei der Produktentwicklung

Viskosität vs. Temperatur



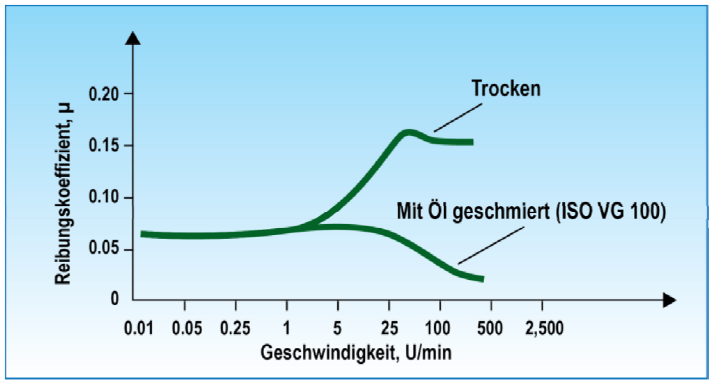
Ein Hinweis zum Viskositätsindex (VI)
Ein hoher VI bedeutet eine geringe Viskositätsänderung parallel zur Temperatur (wie in der Silikon-Grafik oben gezeigt). Ein niedriger VI bedeutet eine starke Viskositätsänderung (wie in der SKW-Grafik oben gezeigt).

Prüfen Sie den Viskositätsindex.

- Die Viskosität eines Öls verstärkt sich bei niedrigen Temperaturen und verringert sich bei höheren Temperaturen.
- Beim Viskositätsindex (VI) handelt es sich um eine dimensionslose Zahl, die angibt, wie stark sich die Viskosität eines Öls parallel zur Temperatur von –40 bis +100 °C ändert.
- Je höher der VI, desto geringer die Veränderung parallel zur Temperatur und desto konsistenter die Leistung des betreffenden Bauteils über eine breite Temperaturspanne hinweg. Den VI finden Sie meistens auf den Datenblättern.
- Kenntnis der Geschwindigkeit, Belastung und Betriebstemperaturspanne des Bauteils sowie des Viskositätsprofils des Fettes vereinfacht die Ermittlung des Viskositätsindex, der für zuverlässige Funktion eines mechanischen Systems benötigt wird.
- Kenntnis der Viskosität eines Fettes erleichtert außerdem die Bestimmung von dessen Pumpbarkeit, Ausgießbarkeit, Handhabung und Eignung für Tauch- oder Beschichtungsprozesse – wichtige Überlegungen im Vorfeld von Produktion und Montage.

Durch Schmierung von Kunststoffzahnrädern und -lagern, selbst wenn diese nicht zu schmierende Kunststoffe enthalten, werden Leistung und Nutzungsdauer gesteigert

Schmierung intern geschmierter Kunststoffe



Schmierung reduziert die Reibung zwischen PTFE-Gleitlager und Stahlwelle.

Selbst leicht belastete Komponenten mit geringer Geschwindigkeit und nicht zu schmierenden Kunststoffteilen (d. h. Kunststoffteilen, die intern mit einem Öl oder Festschmierstoff geschmiert sind) halten mit einem „externen" Schmierstoff länger und laufen ruhiger als ohne (wie in obiger Grafik zu sehen ist). Berücksichtigen Sie die Anforderungen hinsichtlich Nutzungsdauer und Leistung.

Quelle: Machine Design

Öl oder Fett?

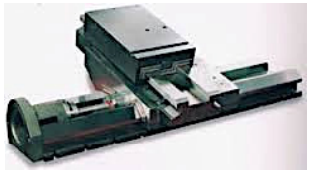
- Leichte Öle sind die Norm, insbesondere in kleinen Kunststoff-Zahnradgetrieben und -Lagern mit niedrigem Drehmoment und geringem Antrieb. Öl erfordert eine sorgfältige Abdichtung und Verträglichkeit zwischen Öl und Abdichtmaterial. Undichtigkeiten stellen ein anhaltendes Problem dar.
- Heutzutage ersetzen weiche, thixotrope, sogar gießbare Fette die Öle in Kunststoff-Zahnradgetrieben und -Lagern mit niedrigem Drehmoment. Diese Fette fließen während des Betriebs wie Öl und dringen anschließend in Verzahnungseingriffe oder Lagerbuchsen ein, wo sie ihre ursprüngliche Gel-ähnliche Konsistenz wiedererlangen und gleichzeitig als Dichtungsmittel fungieren.
- Durch Zugabe von Klebrigmachern wird das Haftvermögen des Fettes am Kunststoff gesteigert, ohne den Fluss zu beeinträchtigen.
- Achtung: Es gibt keine Garantie, dass sich ein für native Kunststoffe vorgesehenes Fett auch mit Regenerat-Kunststoffen verträgt. Mit hoher Wahrscheinlichkeit ist dies nicht der Fall.

Nicht zu schmierende und glasfaserverstärkte Kunststoffe

- Geben Sie kein PTFE zum Fett hinzu, wenn der Kunststoff mit PTFE angereichert ist. In Kombination wird dadurch nämlich die Reibung verstärkt.
- Wählen Sie für glasfaserverstärktes Nylon ein Öl mit höherer Viskosität, um sicherzustellen, dass der Schmierstofffilm nicht beeinträchtigt wird, wenn durch Verschleiß abrasive Glasfasern freigelegt werden.

Kunststoffschlitten? Auf Ruck-Gleit-Effekt achten

Beim Ruck-Gleit-Effekt handelt es sich um eine spontane ruckartige Bewegung, die auftreten kann, wenn zwei Objekte übereinander gleiten. Dieser Effekt verstärkt nicht nur den Verschleiß, sondern ist häufig auch geräuschvoll, was wiederum die wahrgenommene Qualität des Bauteils beeinträchtigt.



Regelanmerkung
Schmierstoffe funktionieren nicht sehr gut, wenn sie zwischen zwei extra glatten, polierten Flächen aufgetragen werden.

Alltägliche Beispiele für den Ruck-Gleit-Effekt, von denen Sie wahrscheinlich schon einmal gehört haben:

- ruckartige Bewegung der Scheibenwischer
- lockere Antriebsriemen
- Geräusch wie von Streichinstrumenten oder einer „Glasharfe“

Teile, die häufig vom Ruck-Gleit-Effekt betroffen sind:

- Präzisionsbewegungs- oder andere Komponenten, bei denen ein Teil reibungs- und geräuschlos auf einer Führungsbahn gleiten muss
- Komponenten, bei denen die statische Reibung (Ruck-Phase) über die kinetische Reibung (Gleit-Phase) hinausgeht

Ruck-Gleit-Lösungen

- Erhöhung der Viskosität des Grundöls kann hier von Nutzen sein.
- Öl-Additive können die Schmierleistung des Öls verstärken.
- Festschmierstoffe können dazu beitragen, den Aufbau einer vorübergehenden statischen Reibung sowie den dadurch verursachten beschleunigten Verschleiß und Lärm zu vermindern.

A QUAKER CHEMICAL COMPANY

Kontakt zu ECL aufnehmen

ECL-Schmierstoff-Seminare

Technische Schmierstoffübersicht

ECL-Website

An Kollegen weiterleiten