

HAUPTSACHE, DIE CHEMIE STIMMT

MODERNE MOTOREN MIT START-STOPP-FUNKTION STELLEN HOHE ANFORDERUNGEN AN DIE GLEITLAGER: WEIL BEIM STARTEN DIE SCHÜTZENDE ÖLSCHICHT FEHLT, WERDEN DIE LAGER MIT POLYMEREN BESCHICHTET.

In Verbrennungsmotoren werden Haupt- und Pleuellager von Kurbelwellen hydrodynamisch gelagert. Hydrodynamisch bedeutet: Die Ölpumpe baut in dem kleinen, ringförmigen Spalt zwischen dem Lagerzapfen und dem Gleitlager einen tragfähigen Schmierölfilm auf. Durch die Rotation der Kurbelwelle und die geometrische Gestaltung der Gleitlager verteilt sich der Ölfilm gleichmäßig in dem Ringspalt und trägt die Kurbelwelle. Trotz

der enormen Zünddrücke und der statischen und dynamischen Kräfte, die auf die Kurbelwelle einwirken, „schwimmt“ die Kurbelwelle in den Gleitlagern, ohne sie zu berühren. Umspült von gut gefiltertem Öl, ist die Lebensdauer von Kurbelwelle und Gleitlager in diesem Betriebszustand theoretisch unbegrenzt. In der Praxis hingegen ist der schützende Schmierfilm nicht permanent verfügbar.

DER STARTVORGANG: STRESS FÜR DEN MOTOR

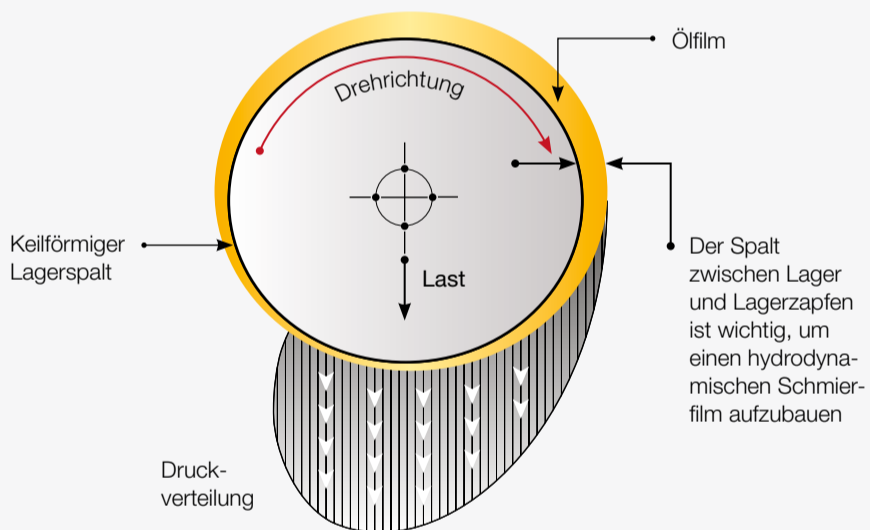
Wenn der Motor gestartet wird, entsteht ein metallischer Kontakt zwischen Hauptlagerzapfen und unterer Lagerschale, bedingt durch das statische Gewicht der Pleuelwelle und – besonders schwungradseitig – das Gewicht von Schwungrad und Kupplung beziehungsweise Wandler. Steuerseitig wird die Pleuelwelle durch die Vorspannung von Zahnriemen oder Steuerkette nach oben gegen die obere Lagerschale gezogen.

Beim Startvorgang wird die Pleuelwelle in Rotation versetzt. Die ersten Zündungen belasten Pleuel- und Hauptlager, bis die Ölpumpe in den Lagern einen ausreichenden, tragfähigen Schmierölfilm aufgebaut hat. In dieser Phase findet die sogenannte Mischreibung statt. Zwar sind in den Lagern noch Ölreste vorhanden, diese jedoch können den metallischen Kontakt nicht verhindern. Die Folge: Verschleiß. Allerdings sind die Bauteile konstruktiv und in ihrer Zusammensetzung so ausgelegt, dass sich der Verschleiß über die Motorlebensdauer im Rahmen hält.

START-STOPP-FUNKTION: KRAFTSTOFFSPAREND, ABER MATERIALZEHREND

Heute sind immer mehr Fahrzeuge mit Start-Stopp-Funktion ausgerüstet: Der Motor schaltet bei jedem Ampelstopp ab und wird beim ersten Druck aufs Gaspedal wieder gestartet. Die Effizienz dieses Systems überzeugt – denn das Abschalten des Verbrennungsmotors (und sei es nur für ein paar Sekunden) spart mehr Kraftstoff, als das erneute Starten benötigt. So kann der Kraftstoffverbrauch auf einfache Art und Weise reduziert werden.

Bei Hybridfahrzeugen schaltet die Steuerung den Verbrennungsmotor sogar während der Fahrt ab, wenn die Betriebszustände es erlauben. Dies ist immer dann der Fall, wenn die Leistung des aus Elektromotor und Akku bestehenden Elektroantriebs für den momentanen Fahrzustand ausreicht.



Darstellung der Belastungen in hydrodynamischer Lagerung.

Auch im Schubtrieb, wenn die Bewegungsenergie als elektrischer Strom in die Akkus gespeichert wird, arbeitet der Verbrennungsmotor nicht. Durch diese Arbeitsteilung und die damit verbundene häufige Abschaltung des Verbrennungsmotors sind Kraftstoff-Einsparpotenziale von etwa 20–25 % realisierbar – mit entsprechend deutlicher Reduzierung des CO₂-Ausstoßes.

Der positive Effekt der Abschaltung des Verbrennungsmotors stellt jedoch die Motorkomponenten, insbesondere die Gleitlager, vor ein Problem. Durch das deutlich häufigere Starten kommen normale Mehrstofflager an die Grenzen ihrer Belastbarkeit. Bei abgeschaltetem Motor steht schließlich auch die mechanisch angetriebene Ölpumpe, der Öldruck fällt ab und die Pleuelzapfen berühren die Gleitlager. Ein metallischer Kontakt, der beim erneuten Start zu erhöhtem Verschleiß der Lager führt.

Theoretisch könnte eine elektrische Ölpumpe, wie sie bei Stationärmotoren zum Einsatz kommt, unterstützen, indem sie vor der ersten Bewegung der Pleuelwelle einen ausreichenden Öldruck aufbaut. Da eine solche Ölpumpe jedoch bislang weder im Pkw- noch im Nfz-Bereich in Serie verbaut wird, hat MAHLE einen neuen Ansatz verfolgt, um dieses Problem zu lösen – und „selbstschmierende“ Gleitlager entwickelt.

DIE MAHLE LÖSUNG: GLEITLAGER MIT NEUARTIGER POLYMERBESCHICHTUNG

Die innovative Polymerbeschichtung wird auf normale Aluminium-Zweistofflager oder Bronze-Gleitlager in mehreren mikrodünnen Schichten aufgetragen – und ist am Ende nur einige Tausendstel Millimeter stark. Das Besondere daran: In der Polymermatrix sind Festschmierstoffe und Aluminiumflocken eingebettet. Durch diese spezielle chemische Verbindung werden hervorragende tribologische Eigenschaften erreicht. Für diese Beschichtungstechnologie stellt die Mischreibung beim Startvorgang kein Problem mehr dar – da es nicht zu einem metallischen Kontakt zur Pleuelwelle kommt.

ALUMINIUMFLOCKEN ZUR WÄRMELEITUNG, FESTSCHMIERSTOFFE ZUR REIBUNGSREDUKTION

Die in der Beschichtung enthaltenen Aluminiumflocken sind gute Wärmeleiter und verhindern eine thermische Überlastung der Lager – und die eingebetteten Festschmierstoffe sorgen in den kritischen Schmierzuständen während der Startvorgänge für eine deutliche Reibungsreduzierung und Erhöhung der mechanischen Festigkeit. Darüber hinaus ist die Beschichtung extrem resistent gegen chemische Belastungen. So wird eine verbesserte Verschleiß- und Dauerfestigkeit im Vergleich zu bisher eingesetzten bleihaltigen Produkten erreicht.

POLYMERBESCHICHTUNGEN: ZUKUNFTSSICHER DURCH HOHE BELASTBARKEIT

Die neuen polymerbeschichteten Lager können sowohl unmittelbar in bestehenden Motoren zum Einsatz kommen als auch den mit künftigen Technologietrends im Nutzfahrzeugmotor – wie beispielsweise Start-Stopp – verbundenen Mehrbelastungen standhalten.



Verschiedene Gleitlager mit Polymerbeschichtung.

Das Potenzial der neuen Polymerbeschichtungen ist jedoch noch nicht ausgereizt: Dank der hervorragenden tribologischen Charaktere können jetzt auch neu entwickelte Motoröle mit geringerer Viskosität zum Einsatz kommen – ein weiterer wichtiger Beitrag zur Reduzierung der Reibverlustleistung und damit zur weiteren Minimierung von Kraftstoffverbräuchen und Emissionswerten.

Auch bietet die im Vergleich zu herkömmlichen Dreistofflagern deutlich höhere Belastbarkeit die Option, die neue Polymerbeschichtung alternativ zur hochfesten Sputterbeschichtung einzusetzen. Hier führt MAHLE derzeit praxisnahe Versuche durch.

POLYMERBESCHICHTETE GLEITLAGER VON MAHLE – JETZT AB WERK IN DER ERSTAUSRÜSTUNG

MAHLE liefert die neuen polymerbeschichteten Gleitlager seit Anfang 2013 in die Serie – aktuell an namhafte deutsche, französische und amerikanische Motorenhersteller. Das Interesse weiterer internationaler Hersteller an dieser Innovation ist groß, diverse Entwicklungsprojekte stehen kurz vor dem Abschluss.