ISSN: 1863-4699

Dichten → Flüssigdichtsysteme/Verguss – Probieren geht über studieren S. 10
Kleben → Mulitfunktionale Klebebänder lösen immer mehr klassische Kleblösungen ab S. 24
Polymer → Werkstoffe müssen mehr leisten können S. 34

DICHT!

www.isgatec.com

Dichten. Kleben. Polymer. verstehen

4.2020

Polymer

Die passgenaue Dichtung S. 36

(Bild: AdobeStock, Zhao jiankang)

Hydrauliksysteme effektiv abdichten

Polyurethan-Dichtungen für mobile Arbeitsmaschinen

MASCHINEN- UND ANLAGENBAU WERKSTOFFE/MISCHUNGEN – Die Dichtungsmaterialentwicklung für mobile Arbeitsmaschinen ist aufgrund der über die Jahre gestiegenen Anforderungen heute eine technologisch hochanspruchsvolle Aufgabe. Moderne TPU-Dichtungen zeigen sich den Herausforderungen gewachsen.

Ob es Hydraulikanwendungen in Baumaschinen aller Art, in Land- und Forstmaschinen, Kommunalfahrzeugen oder Hafen- und Krananlagen etc. betrifft – alle Maschinen und Anlagen werden mit steigenden Drücken betrieben und bauen zunehmend kompakter. Prinzipiell wird bei Hydrauliksystemen Energie auf die Hydraulikflüssigkeit übertragen, womit letztlich kraftvolle Linearbewegungen ermöglicht werden. Dabei sind hydraulische Antriebe im hochwertigen Anwendungssegment hinsichtlich Leistungsdichte und Flexibilität ohne Alternative [1]. Damit sich im Hydraulikzylinder Druck aufbauen sowie ein hoher Wirkungsgrad entfalten kann, müssen Zylinderraum, Kolben und Stangen sicher abgedichtet und geführt werden.

Seit Jahrzehnten nehmen Kompaktheit und somit die Leistungsdichte der eingesetzten Zylinder zu. Um Energiekosten zu senken, wiegen die verwendeten Bauteile und Komponenten allerdings immer weniger und sollen trotz hoher Drücke niedrigere Reibungsverluste aufweisen. Die Integration von Antriebs- und Arbeitsfunktionen in übergeordnete Steuerungssysteme führt ebenfalls zu stärkeren spezifischen Belastungen bei den entsprechenden Ventildichtungen. Ursache hierfür sind höhere Strömungsgeschwindigkeiten, Drücke und Temperaturen.

PUR-Dichtungen haben sich weiterentwickelt

Die Werkstoffklasse der Polyurethanelastomere hat in den letzten 60 Jahren entscheidend dazu beigetragen, die bestehenden Grenzen in der Mobilhydraulik auf das heutige hohe Niveau anzuheben. Dies wird anhand der nachfolgenden Einsatzbedingungen deutlich.

Raue Einsatzbedingungen fordern Lösungen

Neben den mechanischen und tribologischen Belastungsgrößen unterliegen mobile Arbeitsmaschinen starken Klima- und Outdoor-Einflüssen: Hitze, Kälte, Nässe, Schlamm und Staub fordern die Systeme. Feuchtigkeit oder Schmutz werden zwar mehr oder weniger zuverlässig von Abstreifelementen aus dem Hydraulikkreislauf herausgehalten – aber eben auch nicht immer.

Feuchtigkeit ist dabei ein zentrales Problem. Sie verschmutzt das Öl, trägt entscheidend zur Korrosion von Metalloberflächen bei und kann als freies Wasser bei niedrigen Temperaturen gefrieren [2]. Zudem kann sie zur Aufsäuerung des Hydraulikfluids beitragen und Dichtungen, insbesondere solche aus Polyurethanen, angreifen und hydrolytisch degradieren. Vor allem bei biologisch abbaubaren Ester-Flüssigkeiten (HEES) und nativen Ölen (HETG) entstehen – unter Einfluss von höheren Temperaturen und Feuchtigkeit – problematische Gemische aus freien Fettsäuren, Glycerin und Wasser, mit der Folge von pH-Wert Erniedrigung. Es entsteht ein saures Milieu, das insbesondere esterstämmige Polyurethane angreift, indem deren Molekülketten hydrolytisch zerstört werden, womit die hochwertigen physikalischen Eigenschaften unwiederbringlich verloren gehen. Durch die bereits angesprochenen höheren Leistungsdichten bei Hydraulikzylindern nehmen auch die Temperaturbelastungen für Dichtungen zu. Aus der für den Abbau der Polyurethane gültigen Arrhenius-Beziehung geht hervor, dass sich bei einer Temperaturerhöhung von 10 °K die Abbaugeschwindigkeit des Werkstoffes um das Zwei- bis Vierfache erhöht. Als Folge dieses Sachverhalts müssen die Dichtungspolyurethane der Zukunft deutlich höhere Hydrolysebeständigkeiten, und zwar insbesondere bei höheren Temperaturen, besitzen. Dies führte folgerichtig zur Entwicklung eines TPU-Werkstoffes wie FiPur 200.

Hydraulikflüssigkeiten: Die Vielfalt macht es nicht einfacher

Bei der Auswahl des optimalen Dichtungswerkstoffes sind auch die Druckübertragungsmedien für Hydraulikzylinder zu berücksichtigen. Auch dieser Bereich hat sich die letzten Jahre dynamisch entwickelt. Heute verwendete Öle lassen sich in folgende Klassen unterteilen:

- Mineralölbasierende nach DIN 51524/ISO 6743/4
- schwer entflammbare Flüssigkeiten nach DIN EN ISO 6743 – dabei wird unterschieden in HFA, HFB, HFC und HFD, wobei die ersten drei letztlich Wasser/Öl-Gemische sind und es sich bei HFD-Flüssigkeiten um wasserfreie Flüssigkeiten handelt.
- Biologisch schnell abbaubare Hydraulikflüssigkeiten gemäß VDMA-Richtlinie 24568 – die Sorten höchster Priorität wären hier HETG (Triglyzeride, native Öle) und insbesondere HEES (synthetische Ester). HEPG (Polyalkylenglykole) und HEPR (synthetische Kohlenwasserstoffe) spielen eine nur untergeordnete Rolle.
- Lebensmittelverträgliche Hydrauliköle können unterschiedliche Zugehörigkeiten wie z.B. zu Silikon- oder Weißöl besitzen.

Die überwiegende Mehrheit von Hydraulikzylindern wird nach wie vor mit mineralölbasierenden Medien betrieben. Im deutschen Markt werden allerdings inzwischen ca. 14% der Hydraulikanwendungen mit steigender Tendenz auf Basis von biologisch abbaubaren (HEES, HETG) oder schwer entflammbaren Medien (HFA und HFC) betrieben [3].

Nachhaltigkeit hat verschiedene Facetten

Die Forderung nach nachhaltigen Lösungskonzepten für Hydraulikzylinder dominiert gegenwärtig die Realität der Entwickler und Konstrukteure in der Fluidbranche. Deren Kunden erwarten niedrige Leckagen und hohe Verschleiß- und Extrusions-Festigkeiten an den verbauten Dichtsystemen. Diese sollen dazu beitragen, die Wartungszyklen zu verlängern und gleichzeitig mit Bio-Medien sowie mit Mineralölen zuverlässig einsetzbar sein.

Ein moderner Dichtungswerkstoff

Der Aufbau bei FiPur 200 wurde primärchemisch mit neuartigen Rohstoffen maßgeschneidert, womit der polare Angriff bei den

DICHT!digital: Direkt über https://dichtdigital.isgatec.com

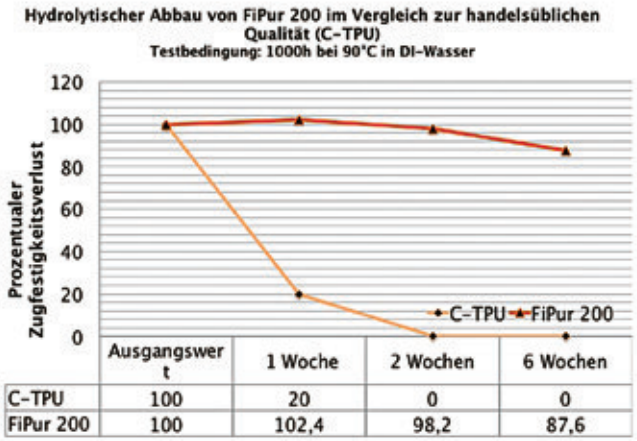

Bild1: FiPur 200 im sechswöchigen Abbautest im Vergleich zur handelsüblichen TPU-Qualität (C-TPU). Das Maß an Zugfestigkeitsverlust korreliert mit dem Molerkulargewichtsabbau am Polyurethan-Werkstoff (Bild Fietz GmbH)

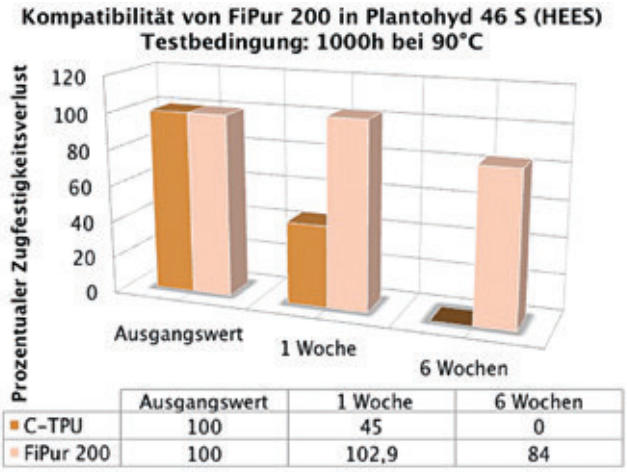

Bild 2: Nach sechswöchiger Einlagerung ergab sich für FiPur 200 ein geringer Zugfestigkeitsverlust von -16%. Das handelsübliche Pendant gleicher Shore-Härte war nach wenigen Wochen komplett versprödet und dichtungsuntauglich (Bild Fietz GmbH)

blockcopolymeren TPU-Ketten deutlich erschwert werden konnte und woraus ein hochwertiges physikalisches Eigenschaftsprofil resultiert. Die wichtigsten physikalischen Eigenschaften von FiPur 200 sind:

- Härte (Shore A): 94
- Zugfestigkeit (MPa): 44,7
- Abrieb nach DIN/ISO 4649 in mm³: 20
- Weiterreißfestigkeit (N/mm): 120
- DVR (%) 70h/70 °C: 21,8
- DVR (%) 70h/100 °C: 33

Zur Bewertung der Hydrolysebeständigkeit wurde bei Fietz eigens ein Qualifizierungsverfahren entwickelt, bei dem Normprüfstäbe in heißem Wasser für die Dauer von sechs Wochen eingelagert und Woche für Woche auf Zugfestigkeiten vermessen werden. Mithilfe dieser für Polyurethan extremen Tortur werden grundsätzliche Erkenntnisse zum Kettenabbau bei den getesteten Werkstoffen gewonnen (Bild 1). Nach der sechswöchigen Prüfung wurden für FiPur 200 -12,5% an Zugfestigkeit ermittelt. Das handelsübliche TPU war dagegen nach einer Woche praktisch abgebaut.

In gleicher Weise führte man Versuche mit verschiedenen am Markt etablierten Bio-Medien durch, die entscheidende Argumente zur Applikation von FiPur 200 im Anwendungsfeld der Hydraulik lieferten (Bild 2). Im Medien-Screening konnte der Werkstoff überzeugen. Keines der getesteten Bio-Medien vermochte das neu entwickelte Material entscheidend zu quellen oder anzugreifen.

Fazit

Moderne Dichtungswerkstoffe für Hydraulikanwendungen, wie FiPur 200, müssen heute viele Eigenschaften mitbringen. Dazu zählt eine hervorragende Beständigkeit gegen biologisch abbaubare und wasserbasierende Hydraulikmedien. Gleiches gilt für Fluide auf Mineralölbasis. Die maximalen Quellwerte für IRM 903 liegen bei FiPur 200 bei ca. 8% (entspricht dem Testöl mit der höchsten Quellaktivität). Sie müssen für Drücke bis zu 400 bar und für einen breiten Temperaturbereich (FiPur 200: -30 °C bis 110 °C) geeignet sein. Ebenso wichtig sind hohe Abriebbeständigkeit und niedrige Verschleißwerte. Ein weiteres Kriterium ist eine geringe bleibende Verformung. Diese konnte bei FiPur 200 an spritzgegossenen O-Ringen direkt gemessen und bestätigt werden. Gute dynamische Eigenschaften bieten zudem höhere Sicherheit gegen Leckagen. Darüber hinaus werden nachhaltige Lösungen erwartet, die Wartungskosten reduzieren, zu verbessertem Umweltschutz und günstigerer Anlagenverfügbarkeit beitragen. FiPur 200 ist ebenfalls auf optimale Montagebedingungen maßgeschneidert: Im Bereich von O-Ringen und dynamischen Dichtungen sind die besten Voraussetzungen zum problemlosen Einschnappen in die entsprechenden Einbauräume gegeben. Der neu entwickelte Dichtungswerkstoff eignet sich für Zylinderanwendungen als Stangendichtungs-, Kolbendichtungs- und Abstreifer-Werkstoff. Ebenso lassen sich damit sehr vorteilhaft O-Ring-Applikationen bestreiten. Nach ausführlichen Tests laufen gegenwärtig Serien für den Bereich der Ventiltechnik bei einem namhaften Hydraulikkomponenten-Hersteller an.

Literatur

[1] Schmücker, Hendrik, Stauff: Fluid 02/20- Trends bei Baumaschinen und Nutzfahrzeugen, Verlag Moderne Industrie GmbH, Landsberg

[2] Lauther, Felix: Fluid 02/20- Trends bei Baumaschinen und Nutzfahrzeugen, Verlag Moderne Industrie GmbH, Landsberg

[3] Bock, Wolfgang: Hydraulik-Fluide als Konstruktionselement, Vereinigte Fachverlage GmbH, Mainz

Fakten für die Konstruktion

- Mit modernen TPU-Dichtungen lassen sich Hydraulikzylinder und Ventilblöcke sicherer und damit nachhaltiger abdichten als mit Standardlösungen

Fakten für den Einkauf

- Hochleistungsmaterialien führen zwar zu einem höheren Dichtungsstückpreis, der sich allerdings in der Gesamtkostenbetrachtung schnell amortisiert und das Risiko einer geringeren Maschinenverfügbarkeit und von eventuellen Verstößen gegen die Umweltgesetzgebung minimiert

Fakten für das Qualitätsmanagement

- Der neue Werkstoff hat nach vielen Einzeltests und Kundenprojekten die Serienreife erlangt

Weitere Informationen
Fietz GmbH
www.fipur.com
www.fietz.com

Von Joachim Möschel,
Leitung Polyurethanentwicklung

DICHT!digital: Werkstoff-Spezifikation für FiPur 200