

Wassereinzug über ölhydraulische Stangendichtsysteme

Water Entrainment via Oil-Hydraulic Rod Sealing Systems

Von der Fakultät für Maschinenwesen der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der Ingenieurwissenschaften genehmigte Dissertation

vorgelegt von

Tobias Mielke

Berichter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Katharina Schmitz
Univ.-Prof. Dr.-Ing. André Bardow

Tag der mündlichen Prüfung: 13.12.2019

Diese Dissertation ist auf den Internetseiten der Universitätsbibliothek online verfügbar.

Zusammenfassung

Hydraulische Systeme sind in vielen Bereichen des Maschinenbaus unverzichtbar und sorgen dort für die notwendige Bereitstellung von Kräften und Momenten. Gleichzeitig sind hydraulische Systeme einem Trend zur Kostenreduktion und Effizienzsteigerungen unterworfen, wodurch unter anderem die Tanks der Systeme verkleinert werden bzw. teilweise komplett entfallen. Dadurch kann sich das im Umlauf befindliche Druckmedium nur unzureichend beruhigen und Fremdstoffe, wie Partikel oder Fremdflüssigkeiten, nicht oder nur unvollständig abgeschieden werden. Der Eintrag dieser Fremdstoffe muss daher im Voraus wirksam verhindert werden, um eine ausreichende Lebensdauer der Systeme garantieren zu können.

Ein Beispiel für den Eintrag solcher Fremdstoffe ist der Einzug von Wasser, welches über die dynamische Dichtstelle zwischen dem Dichtkörper und der Kolbenstange eines hydraulischen Zylinders eindringen kann. Hierbei kann zwischen dem Eintrag von freiem Wasser und dem Eintrag von im Schmierfilm gelöstem Wasser unterschieden werden.

Im ersten Teil dieser Arbeit werden die Mechanismen des Eintrags von gelöstem Wasser über Stangendichtsysteme systematisch erforscht. Ausgehend von den zugrundeliegenden Modellen des Dichtmechanismus wird der Einzug von im Schmierfilm gelöstem Wasser modelliert. Basis dafür ist die Kenntnis des Wasserlösevermögens der verwendeten Druckfluide sowie die Stoffdaten der Fluide in Abhängigkeit des gelösten Wasseranteils. Des Weiteren werden die Absorptionsmechanismen von Wasser in den Schmierfilm untersucht und der Sättigungsprozess modelliert, parametrisiert und mittels experimenteller Versuche validiert.

Im zweiten Teil wird der Einzug von freiem Wasser untersucht. Basierend auf dem Dichtmechanismus wird der Einzug modelliert. Mittels eines Prüfstands wird das Modell validiert und es werden gängige Dichtsysteme systematisch für verschiedene Betriebspunkte vermessen. Anschließend erfolgt die Erforschung des Einflusses von Abstreifern auf den Wassereinzug.

Die gewonnenen Ergebnisse werden abschließend auf den Anwendungsfall eines Minibaggers übertragen, wodurch die Abschätzung der eingezogenen Wassermenge möglich ist.

Abstract

Hydraulic systems are indispensable in many areas of mechanical engineering, where those systems provide the necessary forces and moments. At the same time, hydraulic systems are subject to a trend towards cost reduction and increased efficiency, which means, among other things, that the tanks of the systems are reduced in size or in some cases completely omitted. As a result, the pressure medium in the circuit cannot rest sufficiently and foreign matter, such as particles or foreign liquids, cannot be separated or can only be separated incompletely. The entry of these foreign substances must therefore be effectively prevented in advance in order to guarantee a sufficient service life of the systems.

An example of the introduction of such foreign substances is the entrainment of water, which can enter via the dynamic sealing area between the sealing body and the piston rod of a hydraulic cylinder. A distinction can be made between the entry of free water and the entry of water dissolved in the lubricating layer.

In the first part of this work, the mechanisms of the entry of dissolved water via rod sealing systems are systematically investigated. Based on the underlying models of the sealing mechanism, the entrainment of water dissolved in the lubricating film is modelled. The basis for the model is the knowledge of the water dissolving capacity of the pressure fluids as well as the properties of the fluids as a function of the dissolved water content. Furthermore, the absorption mechanisms of water into the lubricating film are investigated and the saturation process is modelled, parameterised and validated by experimental tests.

In the second part the entrainment of free water is investigated. Based on the sealing mechanism, the entrainment is modelled. The model is validated by means of a test bench and common sealing systems are systematically measured for different operating points. Subsequently, the influence of wipers on the water entrainment is investigated.

The results obtained are then transferred to the application case of a mini-excavator, which makes it possible to estimate the amount of water entrained.