

On the Air Release in Hydraulic Reservoirs

Über das Luftlösevermögen von Hydrauliktanks

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

vorgelegt von

Marco Longhitano

Berichter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Hubertus Murrenhoff
Univ.-Prof. Marek Behr, Ph. D.

Tag der mündlichen Prüfung: 05.07.2019

Abstract

In the last decades, in response to the growing concerns over the environmental impacts of fluid power systems and their costs, manufacturers have been forced to develop more energy-efficient hydraulic components and decrease the used fluid volume by reducing the reservoir size. Additionally, new system hybrid architectures are entering the mobile machinery landscape, increasing the number of hydraulic components to fit in. This leads to an increase of the installation space demand, which is often compensated by downsizing the tank. In contrast to this tendency, the hydraulic reservoir performs the function of releasing the accumulated entrained air to the surroundings. An underestimated tank size leads to a reduced air release capability, increasing the amount of free air drawn into the hydraulic system. This may cause problems, such as component damage, fluid degradation, noise production and poor system efficiency.

The following work is a comprehensive study of the air release phenomenon in hydraulic reservoirs from the experimental and simulative point of views. To begin with, the air bubble behaviour in hydraulic fluids was measured in terms of bubble drag and coalescence. Using these results, a simulation code was implemented to predict the air release efficiency in tank geometries. Alongside this implementation, the air release in a test reservoir was measured. Finally, the code was validated with the in-house experimental results, exhibiting a good agreement.

Thinking in terms of a tank as a lost design space can be very misleading. The main idea behind this dissertation is to treat reservoirs as a relevant component for the hydraulic system. The benefits of using cutting edge simulation and experimental tools to optimise the tank design are shown. They help save installation space and increase the system's efficiency through an air free hydraulic fluid.

Zusammenfassung

Aufgrund wachsender Sorgen unsere Umwelt zu schützen und immer steigenden Rohstoffpreisen werden Hersteller fluidtechnischer Systeme gezwungen effizientere und umweltfreundliche Systeme zu entwickeln. Hierzu wird die Größe des hydraulischen Ölbehälters in Frage gestellt. Ein kleinerer Tank ist nicht nur günstiger, sondern auch umweltfreundlicher, da weniger Öl in dem Kreislauf vorhanden ist. Leider steht eine Verkleinerung des Tanks im Widerspruch zu seiner tatsächlichen Funktion, die angesammelte mitgeführte Luft an die Umgebung abzuschneiden. Ein zu kleiner Tank führt zu einer verringerten Entlüftungsfähigkeit, wodurch die Menge an freier Luft in dem hydraulischen Kreislauf erhöht wird. Dies kann zu Problemen, wie Beschädigungen der Komponenten, Verschlechterung der Flüssigkeit, Geräuschentwicklung und schlechte Systemeffizienz führen.

Im Rahmen dieser Arbeit wird das Phänomen der Luftabscheidung in hydraulischen Behältern aus experimenteller und simulativer Sicht untersucht. Zunächst wird das Luftblasenverhalten in Hydraulikflüssigkeiten im Hinblick auf Blasenwiderstand und Koaleszenz gemessen. Mit diesen Ergebnissen wird ein Simulationsprogramm implementiert, um die Effizienz der Luftabscheidung in Tankgeometrien vorherzusagen. Neben dieser Implementierung wurde die Luftabscheidung in einem Testbehälter gemessen. Schließlich wird das neue Modell mit experimentellen Ergebnissen validiert und zeigt eine gute Übereinstimmung.

Die Hauptidee dieser Dissertation ist es, den hydraulischen Tank als einen wesentlichen Bestandteil des Hydrauliksystems zu behandeln. Die Vorteile der Verwendung modernster Simulationen und experimenteller Werkzeuge zur Optimierung des Tankdesigns werden gezeigt. Sie helfen dabei, Bauraum zu sparen und die Effizienz des Systems durch eine luftfreie Hydraulikflüssigkeit zu erhöhen.