

Oberem Richard

Zusammenfassung und Ausblick

HFA-Fluide weisen eine durch den hohen Wasseranteil bedingte niedrige Viskosität und einen niedrigen Druck-Viskositäts-Koeffizienten auf. Von diesen Flüssigkeitseigenschaften ausgehend, lässt sich theoretisch und experimentell zeigen, dass bei hydrodynamisch geschmierten Lagerungen bei Belastungen wie sie in hydrostatischen Anwendungen auftreten keine Trennung der Oberflächen erfolgt und sich in der Folge eine größere tribologische Belastung ergibt. Zusätzlich kommt in hydrostatischen Komponenten ein größerer volumetrischer Verlust hinzu. Beide Effekte begrenzen den Wirkungsgrad und die Standfestigkeit von Komponenten der HFA-Hydraulik.

Obwohl die Wasserhydraulik der Ursprung der hydraulischen Entwicklung ist, haben die harten tribologischen Bedingungen in der HFA-Hydraulik eine Entwicklung der Leistungsfähigkeit der Komponenten, wie sie in der Ölhydraulik stattgefunden hat, bis heute verhindert. Die Folge ist ein geringeres Leistungsniveau in der HFA-Hydraulik als in der Ölhydraulik. Um mit HFA-Fluiden ein hydraulisches System aufbauen zu können, muss ein ungleich höherer konstruktiver Aufwand getrieben werden als in der Ölhydraulik. Verdrängereinheiten sind in der HFA-Hydraulik bei vergleichbaren oder höheren Drücken größer, schwerer und wartungsaufwendiger als in der Ölhydraulik oder sie erreichen nicht das Leistungsniveau von Verdrängereinheiten der Ölhydraulik. Anwendungen für Komponenten der HFA-Hydraulik ergeben sich vor allem in Nischenmärkten, bei denen die Schwerentflammbarkeit der HFA-Fluide eine unverzichtbare Voraussetzung für den Betrieb einer hydraulischen Anlage darstellt. Um das Schattendasein der HFA-Hydraulik zu durchbrechen, fehlen kompakte leistungsfähige Verdrängereinheiten, wie sie in der Ölhydraulik seit langem üblich sind. Das Fehlen von verstellbaren Verdrängereinheiten ist ein weiterer Grund für die langsamere Entwicklung in der HFA-Hydraulik.

Diese Arbeit ist als ein Beitrag gedacht, die Tribosysteme von Schrägscheibenmaschinen der HFA-Hydraulik grundlegend zu untersuchen, damit kompakte leistungsfähige Verdrängereinheiten für die HFA-Hydraulik für Betriebsdrücke bis 315 bar entwickelt werden können. Hierzu wurden beispielhaft zwei Schrägscheibenmaschinen, eine mit konstantem und eine mit variablem Hubvolumen, als Prototypen entwickelt, aufgebaut und erprobt.

Um die Tribosysteme der Einheiten an die tribologischen Eigenschaften der HFA-Fluide anpassen zu können, wurden sie in der Maschine und in Modellen untersucht. Die Untersuchung in Modellen ist in vielen Fällen notwendig um Wechselbeziehungen zwischen mehreren Tribosystemen zu vermeiden und um die Untersuchung auf einzelne Effekte beschränken zu können. Manche Tribosysteme können in der kompakten Einheit nicht mit der notwendigen Messtechnik versehen werden. In diesen Fällen ist der Aufbau eines Modells unumgänglich. Als Nachteil muss die Änderung des Tribokontaktes hingenommen werden. Eine weitere Motivation für eine Modelluntersuchung ist die Möglichkeit, einfachere Probenkörper einsetzen zu können.

Um unterschiedliche Materialien auf ihre Eignung für die Verwendung in HFA-Fluiden zu untersuchen, ist die Herstellung zahlreicher Proben aus unterschiedlichen, teilweise schlecht bearbeitbaren Werkstoffen notwendig. Die Untersuchungen zur Feststellung geeigneter Materialpaarungen wurden daher an einem Modell durchgeführt. Getestet wurden konventionelle metallische Paarungen, Kunststoffe, dünne Beschichtungen wie PVD-Beschichtungen, ein Teilchenverbundwerkstoff und Keramiken. Ausgehend von einer metallischen Materialpaarung als Referenz, konnten zahlreiche Werkstoffkombinationen als ungeeignet ausgeschlossen werden und einige wenige Paarungen als besser geeignet eingestuft werden. Zwei dieser Paarungen wurden in den Schrägscheibenmaschinen, erfolgreich erprobt.

Die Tribosysteme des Triebwerks einer Schrägscheibeneinheit wurden in zwei Modellen und an der Einheit untersucht. Der Kontakt Gleitschuh / Schrägscheibe wurde in Modellen untersucht, mit deren Hilfe der Zusammenhang zwischen der konstruktiven Gestaltung und den Verlusten am Gleitschuh gezeigt werden konnte. Die Spalthöhe unter dem Gleitschuh konnte indirekt bestimmt werden. Der Einfluss der Oberflächengüte der Gleitfläche des Gleitschuhs und der Einfluss des Schrägscheibenwinkels auf die Spalthöhe wurden untersucht. Auch die Abhängigkeit von Druck und Drehzahl auf die Spalt Höhe konnte festgestellt werden.

Der Kontakt Kolben / Zylinder wurde ebenfalls im Modell untersucht. Der Einfluss von Druck und Drehzahl sowie der konstruktiven Gestaltung auf die Reibkräfte wurden festgestellt. Am an der Einheit untersuchten Kontakt Steuerspiegel / Kolbentrommel wurde der Einfluss des Drucks auf den Kontakt aufgezeigt. Die Untersuchungen zeigen, dass die Tribosysteme des Triebwerks trotz hydrostatischer Lagerungen bei Verwendung einer HFA- Flüssigkeit im Gebiet der Mischreibung betrieben werden.

Bei der Entwicklung der Schrägscheibeneinheiten stellte sich die Lagerung der Maschinenwelle als zentrales Problem der Aufgabe heraus. Die Maschinenwelle kann über Wälzlager, hydrostatische und hydrodynamische Gleitlager im Gehäuse gelagert werden. Da mit Wälzlagern in einer HFA- Flüssigkeit keine akzeptable Standzeit erreicht werden kann, und mit hydrostatischen Gleitlagern ein schlechter volumetrischer Wirkungsgrad verbunden ist, wurden hydrodynamische Gleitlager zur Lagerung der Maschinenwelle gewählt. Um mit hydrodynamischen Gleitlagern einen akzeptablen hydraulisch-mechanischen Wirkungsgrad und um eine akzeptable Standzeit realisieren zu können, ist die Auswahl einer geeigneten Materialpaarung für die Wellenlagerung besonders wichtig.

Die Bedeutung der Materialpaarung für die Wellenlagerung unterstreicht die Notwendigkeit von Materialversuchen. Über die Materialversuche konnte für die Wellenlagerung eine geeignete Materialpaarung Keramik gegen nitrierten Nitrierstahl gefunden werden. Die Dauerfestigkeit der Werkstoffe konnte im Modellversuch und am Beispiel der Konstruktion der Konstanteinheit für Betriebsdrücke bis 250 bar gezeigt werden. Bei 300 bar kam es im Dauerversuch dennoch zu einem Versagen der Lagerung. Dieses Versagen kann als konstruktive Aufgabe verstanden werden. Eine schwimmende Lagerung, die ein Einstellen der Lagerbuchsen zur Welle erlaubt oder eine logarithmische Gestaltung der Oberflächen der Lagerbuchsen und der Lagerstellen der Welle, wie sie bei Wälzlagern seit längerem üblich ist, erscheinen als geeignete

Maßnahmen, das Lagerungskonzept zu verbessern. Mit einem derartig weiterentwickelten Lagerungskonzept erscheint die Entwicklung einer Schrägscheibeneinheit mit akzeptablem Wirkungsgrad und mit akzeptabler Standzeit für die HFA-Hydraulik bei hohen Drücken denkbar.