

Kurzfassung

Wellendichtungen sollen das Austreten von Öl und das Eindringen von Schmutzpartikeln an Wellenausgängen verhindern. In anspruchsvollen Fällen werden Dichtungen aus Polytetrafluorethylen eingesetzt, da diese eine gute thermische und chemische Beständigkeit haben. Die Dichtfunktion muss in allen Betriebspunkten und auch im Stillstand der Maschine gewährleistet sein. Dabei sollen die Reibungsverluste, der Verschleiß sowie die reibungsinduzierte Temperaturentwicklung so gering wie möglich sein.

Zur Auslegung einer aktiven oder adaptiven Dichtung wird ein numerisch effizientes und multiphysikalisches Simulationsmodell des Dichtsystems entwickelt. Dies basiert auf der von Hrennikoff entwickelten Gitterrostmethode und verwendet ein rheologisches Materialmodell. Weitergehend ist es thermo-mechanisch gekoppelt und berücksichtigt Verschleiß.

Mit diesem wird zunächst ein Mechanismus zur Erwärmung der Dichtung und somit zur aktiven Beeinflussung der Materialeigenschaften untersucht. Die multiphysikalischen Simulationen zeigen, dass die Heizleistung für eine optimale Energieeinsparung stark drehzahlabhängig ist. Als weitere aktive/adaptive Methode wird die Verwendung von Drähten aus Formgedächtnislegierungen näher betrachtet. Mit dieser kann die Radialkraft der Dichtung erhöht beziehungsweise verringert werden. Der Formgedächtniseffekt wird durch eine Temperaturerhöhung bei etwa 80 °C aktiviert. Dies erlaubt die Verwendung dieser Methode für adaptive Dichtungen, bei der die Temperaturänderung von der Umgebung hervorgerufen wird oder über die Erwärmung des Formgedächtnisdrahtes mit einem elektrischen Strom als aktive Dichtung. Mit beiden Methoden lassen sich bei gleicher statischer Dichttheit die Reibungsverluste, der Verschleiß und die Temperaturerhöhung im Dichtkontakt verringern.

Abstract

Shaft seals shall prevent the leakage of oil and the intrusion of dirt particles at rotating shafts. In demanding cases, seals made of polytetrafluoroethylene are used, due to its high thermal and chemical resistance. The sealing function must be ensured under all operating conditions, including standstill. The frictional losses, wear and friction-induced temperature development should be as low as possible.

Here, in order to design an active or adaptive seal, a numerically efficient and multiphysical simulation model of the sealing system is developed. The simulation model is based on the Hrennikoff framework method and a rheologic material model. It is thermomechanically coupled and respects wear.

First, a mechanism for heating the seal and thus actively influencing the material properties is investigated. The multiphysical simulations show that the heating power for optimum energy savings is highly dependent on shaft speed. As a second active/adaptive method, the use of wires made of shape-memory alloys is investigated for their ability to change the radial force of the seal. The shape-memory effect is activated by a temperature increase at about 80 °C. This allows the use of this method for adaptive seals, where the temperature change is caused by the environment or by heating the shape-memory wire with an electric current as an active seal. With both methods frictional losses, frictional-induced heating, and wear can all be reduced while retaining the same static tightness.