

Schlussbericht

zu dem IGF-Vorhaben

Erhöhung der Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit von keramischen Gleitlagern und Gleitringdichtungen unter Medieneinfluss mit elektrochemischen Methoden

der Forschungsstelle(n)

- 1) Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme (IKTS)
- 2) Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik (IWM)

Das IGF-Vorhaben 390 ZBG Tribokorrosion der Forschungsvereinigung DKG wurde über die



im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Dresden, 19.06.2014

Ort, Datum

Dr. habil. M. Herrmann

Name und Unterschrift des/der Projektleiter(s)
an der/den Forschungsstelle(n)

1) Zusammenfassung

Keramische Bauteile werden in Maschinen und Anlagen in erheblichem Umfang zum Verschleißschutz verwendet. Durch aggressive Medien kann es dabei aber zu chemischen oder elektrochemischen Korrosionsprozessen kommen [1-3]. Steigende Anforderungen an keramische Gleitlager und Gleitringdichtungen führen die heute eingesetzten Werkstoffe an die Grenzen ihrer Einsatzfähigkeit. Zum Erreichen höherer Standzeiten und dadurch höhere Verfügbarkeit der Anlagen geringere Wartungs- und Instandhaltungskosten ist daher das Verständnis der Ausfallursachen und eine Weiterentwicklung der eingesetzten Werkstoffe von großer Bedeutung.

Aufgrund seiner hervorragenden Gleiteigenschaften in wässrigen Medien und der hohen Korrosions- und Verschleißbeständigkeit sind Siliciumcarbidwerkstoffe (SiC) heute Standard für Gleitlager und Gleitringdichtungen [1]. In wässriger Umgebung liegen die Reibungskoeffizienten von SiC-Gleitpaarungen unter 0,1. Bei Gleitbeanspruchung von SSiC in wässriger Umgebung findet im Allgemeinen durch tribochemische Reaktionen eine Glättung der Reibfläche statt, die sich günstig auf die Reibungsverhältnisse auswirkt. Sehr hohe Gleitgeschwindigkeiten in voll entsalztem Wasser verursachen jedoch nicht nur innerhalb der Dichtfläche eine fortschreitende Zersetzung, sondern auch entlang der Mantelflächen, im umspülten Bereich der Dichtungen [3]. Das Auftreten dieser Schäden ist abhängig von der Drehzahl, dem Mediumsdruck und den Spezifikationen des Wassers.

Hinsichtlich des Mechanismus der elektrochemischen Korrosion von SiC gibt es nur wenige Arbeiten [4-5]. In den letzten Jahren gab es insbesondere im IKTS eine Reihe von grundlegenden Untersuchungen zur Elektrokorrosion von SSiC und LPSSiC Werkstoffen [6-9], die aber insbesondere nur begrenzte Aussagen zu den Korrelationen von Gefügen und Eigenschaften zulassen. In der Arbeitsgruppe des IWM gibt es hinsichtlich tribologischer Eigenschaften von SiC eine breite Wissensbasis [10]. Die Wechselwirkung von chemischer bzw. elektrochemischer Korrosion und tribologischer Belastung ist bisher nahezu nicht untersucht, bildet aber eine wichtige Basis für den zuverlässigen Betrieb von Verschleißteilen

wie Lagern und Dichtungen, die hinsichtlich der Anlagensicherheit und -verfügbarkeit als Schlüsselkomponenten zu betrachten sind. Die Kenntnis der elektrochemischen und tribochemischen Mechanismen und ihre Nutzung zur Steuerung des Einsatzverhaltens sind daher der Schlüssel zu einer Verbesserung der Einsatzsicherheit, Verfügbarkeit und Lebensdauer von Keramikkomponenten in weiten Bereichen des Maschinen- und Anlagenbaus. Eine zusätzliche Erhöhung der Leistungsfähigkeit wirkt sich außerdem unmittelbar auf die Energie- und Ressourceneffizienz von Anlagen (insbesondere Kraftwerken) aus.

Im Rahmen von Voruntersuchungen an den Fraunhofer Instituten IKTS und IWM wurden Hinweise gefunden, dass die Korrosionserscheinungen in Kraftwerksdichtungen elektrochemisch bedingt sind und dass unter bestimmten elektrochemischen Bedingungen das Reibungs-, Verschleiß- und Korrosionsverhalten unter Mangelschmierung erheblich verbessert werden kann. Es wurden daher die Wechselwirkungen der elektrochemischen Korrosion und der tribologischen Belastung untersucht.

Es wurden im Rahmen des Projektes Korrelationen zwischen Werkstoffgefügen und elektrochemischem Angriff für SiSiC- und SiC-Werkstoffe aufgeklärt. Ein wesentlicher Parameter, der die Korrosionsstabilität kontrolliert ist die Leitfähigkeit der Werkstoffe. Erstmals wurden Korrosionsraten einzelner Si- und SiC-Körner im Gefüge gemessen. Es konnte gezeigt werden, dass die lokalen Korrosionsraten sehr wesentlich von den die Körner umgebenden Korngrenzen bestimmt werden und in geringem Maße von der kristallographischen Orientierung und vom SiC-Polytyp. Freies Si in SiSiC-Werkstoffen passiviert unter elektrochemischen Bedingungen schneller als das SiC, sodass die SiC-Körner im Gefüge stärker angegriffen werden als das umliegende Si. Das unterscheidet die elektrochemische Korrosion von den chemischen Prozessen ohne elektrochemische Komponente. Unterschiede in der lokalen Leitfähigkeit in den SiC-Körnern im untersuchten SiSiC-Werkstoff führen auch zu extrem unterschiedlichen elektrochemischen Reaktionsgeschwindigkeiten dieser Bereiche. Untersuchung zu den möglichen Spannungsquellen und ihren Effekten auf die Korrosionsstabilität zeigten, dass die SiC-Ringe durch die umgebenden Metallgehäuse kathodisch

geschützt sind. Es wurden an SiC Oberflächen Strömungspotentiale gemessen und mit den Gefügeparametern korreliert.

Es konnte an Model-Reibversuchen (Stift-Scheibe-Geometrie) und an einem Demonstratorversuch für Gleitringdichtungen (Ring-Scheibe-Geometrie) gezeigt werden, dass Reibung und Verschleiß, bei elektrisch leitfähigen SiC-Materialien in Elektrolyten, durch das Anlegen externer elektrochemischer Potentiale erheblich gesenkt werden kann. Dabei ist die Beeinflussbarkeit abhängig von den tribologischen Parametern (Beanspruchungskollektiv), sowie der Leitfähigkeit der Keramik und der Elektrolytkonzentration. Bei leitfähigen Gleitringen kann der Reibwert durch ein elektrochemisches Potential geschaltet werden und um bis zu - 35% und + 45% verändert werden. Auch bei mit Diamant beschichteten Ringen konnte das tribologische Verhalten stark beeinflusst werden.

Beide Faktoren, die Steuerbarkeit des Einsatzverhaltens und die Erhöhung der Leistungsfähigkeit wirken sich dabei positiv auf die Energie- und Ressourceneffizienz aus.

2) Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse

AP1: Definition des Anforderungsprofils (IKTS; IWM)

Informationen zu relevanten Einsatzbedingungen wurden von Burgmann und Kaco gegeben. Üblicherweise liegen die Einsatzbedingungen bei 2 bis 3 bar Mediumsdruck und bis 10 m/s Gleitgeschwindigkeit. Problematisch sind vor allem reines Wasser und elektrisch nicht leitende Medien (Burgmann). Produkte von Kaco werden bei Gleitgeschwindigkeiten bis 1 m/s und Temperaturen um 90 °C eingesetzt. Das Fördermedium ist sehr häufig ein Gemisch aus Glykol und Wasser. Wichtig sind bei diesen Anwendungen Reibungs- und Geräuschreduzierung wobei die Gleitpaarung selbst zu Geräuschentwicklung neigt.

AP2/AP8: „Werkstoffherstellung /-modifizierung für das Screening“ (IKTS)

Eine detaillierte Abstimmung der Werkstoffmatrix erfolgte im Rahmen der Sitzung des projektbegleitenden Ausschusses Anfang 2012. In dieser Sitzung wurde von den