

Gruppe

VERSCHLEISSCHUTZ UND TECHNISCHE KERAMIK

Dr. Andreas Kailer | Telefon +49 761 5142-247 | andreas.kailer@iwm.fraunhofer.de

DIAMANT-SiC-KOMPOSITE QUALIFIZIERT FÜR GLEITLAGER IN SUB-SEA-ANWENDUNGEN

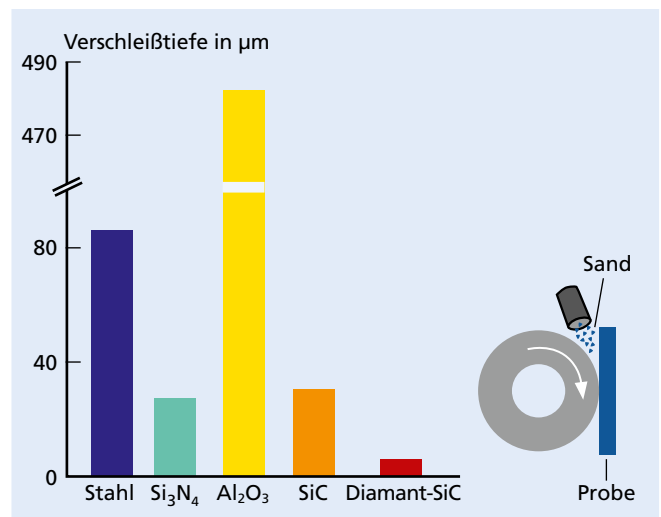
Neue Technologien, insbesondere auch die Elektromobilität, führen zu einem rasant steigenden Bedarf an Ressourcen, deren Versorgungssicherheit aus verschiedenen Gründen immer kritischer wird. Daher gewinnen Technologien an Bedeutung, mit denen Rohstoffe ökonomisch und umweltschonend aus dem Meer gefördert werden können. Eine große Herausforderung dabei ist: Die Prozesse müssen möglichst störungsfrei ablaufen. Durch Stillstand, Wartung und Reparatur der marinen Systeme würden sonst enorme Kosten verursacht. Dafür werden Werkstoffe und Komponenten benötigt, die unter extremen Bedingungen zuverlässig funktionieren und möglichst nicht gewartet werden müssen. Besonders wichtig in solchen Subsea-Systemen sind die Schlüsselkomponenten Lagerungen und dynamische Dichtungen, da diese neben den widrigen Umgebungsbedingungen zusätzlich hohen Reibungs- und Verschleißbeanspruchungen ausgesetzt sind.

Höchststabile Werkstoffe und Komponenten

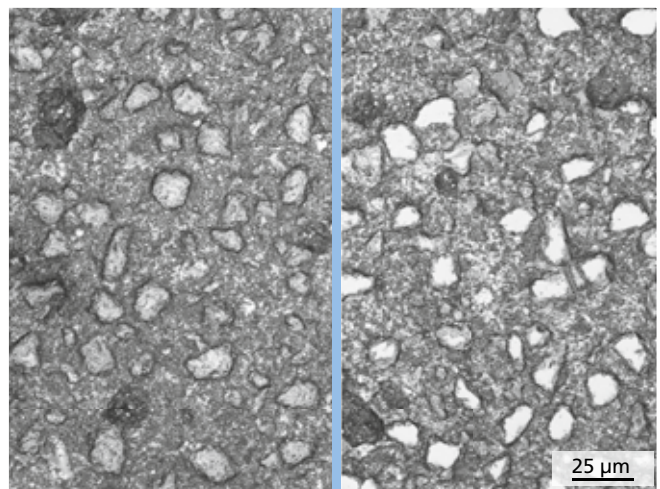
Für derartige Einsatzbedingungen wurden im Rahmen der Fraunhofer-Vorlauftforschung »Systemlösungen mit Hochleistungskeramik-Komponenten für Tiefsee-Anwendungen« mit den Fraunhofer-Instituten IKTS, IPK, ISC und IWM Werkstoffe und Komponenten mit größtmöglicher Verschleißbeständigkeit und Dauerfestigkeit entwickelt. Aufgabe des Fraunhofer IWM war dabei, die Werkstoffe und Komponenten hinsichtlich Festigkeit und Zuverlässigkeit sowie ihrer tribologischen Eigenschaften – Reibung und Verschleiß – unter Einwirkung von Salzwasser zu untersuchen und zu modellieren.

Warum Diamant-SiC-Keramiken?

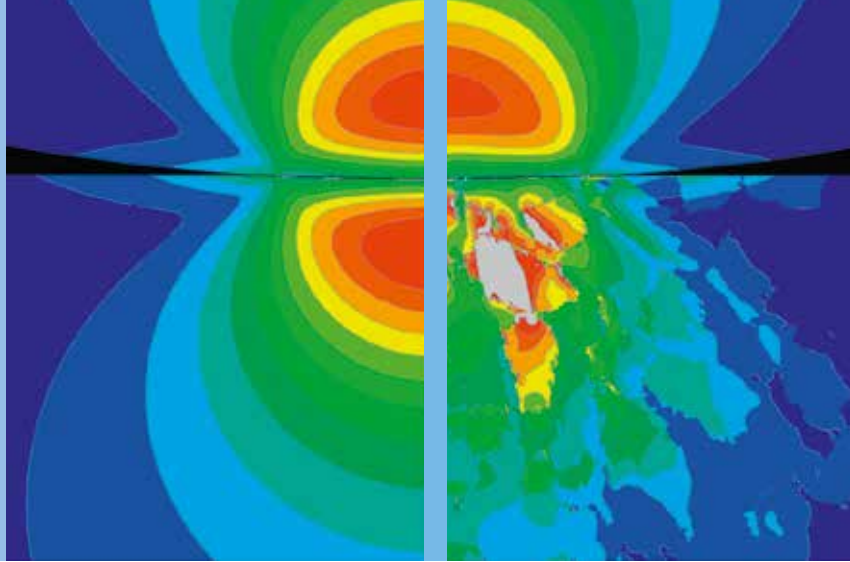
Diamant-SiC-Werkstoffe (SiC: Siliciumcarbid) sind extrem belastbar und verschleißbeständig. Sie zeigen in salzhaltigen



1 Die Abrasionsbeständigkeit von Diamant-SiC-Keramiken ist im Vergleich zu anderen Werkstoffen wesentlich höher: Prüfprinzip des Abrasionsversuchs (Reibradversuch nach ASTM G65, rechts).



2 REM-Aufnahmen der Gleitfläche der Diamant-SiC-Keramik vor dem Versuch (links) und nach dem Versuch (rechts).



3 *Finite-Elemente-Simulation der Kontaktspannungen (Kugel auf Keramikoberfläche) im Kontinuum (links) und die Mikrostruktur von Diamant-SiC (rechts).*

Medien weder korrosive Effekte noch eine zeit- oder belastungsabhängige Abnahme der Festigkeit. Wie sich die Festigkeit verschiedener Keramiken unter dem Einfluss von erwärmtem Salzwasser verändert, wurde am Fraunhofer IWM mit 4-Punkt-Biegeprüfungen und mit einer biaxialen Prüfung (»Ball-on-3-Balls« – B3B) getestet. Bei einer Variation der Belastungsrate über mehrere Größenordnungen hinweg kann aus der Veränderung der Festigkeit die Empfindlichkeit der Werkstoffe gegen Spannungsrisskorrosion ermittelt werden. Hierbei zeigte sich, dass die Festigkeit der Diamant-SiC-Keramik von der Belastungsrate unabhängig ist und somit keine Verringerung der Festigkeit über die Belastungsdauer zu erwarten ist. Für den Einsatz in Subsea-Anwendungen ist das ein großer Vorteil, da ein zuverlässiger Einsatz über lange Zeiträume hinweg ermöglicht wird.

Reibungs- und Verschleißverhalten unter Wasser-schmierung

Ein weiterer entscheidender Vorteil der diamanthaltigen Keramiken ist deren exzellentes Reibungs- und Verschleißverhalten unter Wasser- und anderer Medienschmierung. In Modellversuchen und ersten Bauteilprüfungen mit Gleitringdichtungen wurde gezeigt, dass sie um ein Vielfaches abrasionsbeständiger sind als andere Keramiken, Hartmetalle und Stahl (Abbildung 1) und dass die Gleitreibung auch unter sogenannter Mangelschmierung, also bei geringsten Mengen an flüssigen Zwischenstoffen, extrem niedrig und stabil ist. Der Vergleich der Oberflächen zeigt, dass durch die Gleitbeanspruchung in Wasser lediglich eine leichte Einglättung der nach der Endbearbeitung etwas herausragenden Diamantkörner verursacht wurde (Abbildung 2).

Simulation des Werkstoff- und Bauteilverhaltens

Im Rahmen der Fraunhofer-Eigenforschung »Systemlösungen mit Hochleistungskeramik-Komponenten für Tiefsee-Anwendungen« wurden Simulationsmethoden entwickelt, mit denen die Werkstoff- und Bauteilbeanspruchungen modelliert werden können. Einerseits können Spannungen im Werkstoffgefüge modelliert werden (Abbildung 3), andererseits kann die Simulation genutzt werden, um Bauteile optimal auszulegen und deren mechanische Stabilität und Zuverlässigkeit über eine lange Beanspruchungsdauer abzusichern. Dadurch lässt sich ein erheblicher Aufwand für die Prüfung und Qualifizierung der Komponenten und Systeme einsparen. Mit den neuen Simulationstechniken werden der Widerstand gegen Kontaktschädigung und Verschleiß simuliert, wodurch auch eine Vorhersage der Lebensdauer angestrebt wird.

Für die weitere Entwicklung und Qualifizierung von Diamant-SiC-Werkstoffen und der daraus gefertigten Bauteile in Subsea-Anwendungen gibt es noch viel Arbeit, die in weiteren geplanten Entwicklungsprojekten mit Industriebeteiligung weiterverfolgt wird. Als mögliche Anwendungen werden beispielsweise Pumpenkomponenten wie mediengeschmierte Gleitlager und Gleitringdichtungen für Pumpen betrachtet, die in Subsea-Systemen eingesetzt werden sollen. Hierzu müssen einerseits fertigungstechnische Herausforderungen angegangen werden, andererseits müssen die Leistungsfähigkeit und die Zuverlässigkeit der Materialien und Komponenten mit anwendungsnahen Prüfmethoden nachgewiesen werden, um schließlich die Anlagenbetreiber vom wirtschaftlichen und technischen Nutzen zu überzeugen.

Dr. Andreas Kailer