

Alexander Michael Maier
Dr. med. dent.

Vergleichende Untersuchung zum Zwei-Medien-Verschleiß von Metallegierungen und Verblendkeramiken

Geboren am 24. November 1976 in Karlsruhe
Staatsexamen am 30. November 2005 an der Universität Heidelberg

Promotionsfach: Mund-Zahn-Kieferheilkunde
Doktorvater: Prof. Dr. rer. nat. H. Gilde

Untersucht werden sollte das Abrasionsverhalten unterschiedlicher Materialien in einem Zwei-Medien-Abrasionssimulationsaufbau. Zum Vergleich standen zwei niedrigschmelzende Verblendkeramiken (HeraCeramSun[®], Ducera Gold[®]), eine höher schmelzende Verblendkeramik (Omega 900[®]), eine klassisch hochschmelzende Verblendkeramik (HeraCeram[®]), zwei Edelmetall- (MainbondSun[®], HeranormSun[®]) und eine Kobalt-Chrom-Legierung (Heranium EH[®]). Für jede Legierung wurde jeweils eine Prüfkörperserie im Gußzustand (G) und eine Prüfkörperserie nach stattgefundenem Keramikbrand (KB) untersucht.

Die Prüfkörper wurden im Zwei-Achsen-Kausimulator einem Dauerverschleißtest unterzogen. Um sicherzustellen, dass lediglich eine Zwei-Medien-Abrasion stattfand, wurden die Prüfkörper während der gesamten Versuchsdauer mit entmineralisiertem Wasser gespült. Als Antagonisten fanden industriell gefertigte Kugeln aus Al₂O₃-Keramik mit einem Durchmesser von 4,8 mm Einsatz.

Ausgeführt wurden 100.000 Abrasionszyklen mit einer Wegstrecke von 2 mm unter einer dynamischen Auflast von 50 N. In jedem Zyklus wurde der Antagonist mit einer Geschwindigkeit von 0,8 mms⁻¹ auf die Prüfkörperoberfläche aufgesetzt, am Ende der Exkursion vollständig von der Prüfkörperoberfläche abgehoben und an den Anfang der Exkursionsbahn zurückbewegt. In Abständen von 20.000 Zyklen erfolgten Abformungen der Proben mit Polyethergummi und die Anfertigung von Repliken aus Superhartgips. Die Erfassung des Volumenverlustes und der Abrasionstiefe erfolgte durch Laserprofilometrie der Repliken nach etablierter Methode (Gschoßmann 2002). Zur Auswertung der Meßprofile wurde ein Oberflächenanalyseprogrammpaket herangezogen. Die statistische Analyse der Messwerte erfolgte nach Prüfung der Homogenität der Varianzen mit dem Levene-Test gruppenweise mit dem Duncan-Test als Post-Hoc-Test. Zur qualitativen Beurteilung wurden zusätzlich rasterelektronenmikroskopische Bilder angefertigt und ausgewertet.

Nach 20.000 Zyklen abradieren die Prüfkörper der Metallgruppe signifikant weniger als die Prüfkörper der Keramikgruppe. Lediglich der Unterschied zur niedrigschmelzenden Keramik HeraCeramSun[®] war nicht signifikant. Zwischen den einzelnen Keramiken waren Differenzen erkennbar, jedoch nicht signifikant. Die Metallegierungen wiesen im Vergleich zu den Keramiken einen geringeren Volumenverlust auf. Die Streuung der Mittelwerte erwies sich als ebenfalls gering.

Nach 100.000 Zyklen zeigten die Oberflächen der Keramiken eine größere Abrasion als die der Metallgruppe. Dieser Unterschied war jedoch nur zwischen den Metallen MainbondSun[®] (G), HeranormSun[®] (G), Heranium EH[®] (G), MainbondSun[®] (KB), HeranormSun[®] (KB), Heranium EH[®] (KB) und den Keramiken Omega 900[®] sowie Ducera Gold[®] signifikant. Auch

zu Versuchsende war das Streuungsmaß bei diesen Keramiken größer als bei den anderen beiden Keramiken. Die Differenzen zwischen den Prüfkörpern der Keramikgruppe waren größer als zwischen den metallischen Prüfkörpern. Die Metalle zeigten sich in Bezug auf die Zwei-Medien-Abrasion als sehr homogene Gruppe mit nur geringen Abrasionswerten. Die Keramiken HeraCeram[®] und HeraCeramSun[®] abradieren zwar geringgradig mehr als die Metalle, jedoch war dieser Unterschied nicht signifikant.

Die Betrachtung der Metalloberflächen im REM-Bild zeigte, dass der Rand der Abrasionsmulde wallartig aufgeworfen war und am Exkursionsende ausgeprägter als zu Beginn der Exkursionsspur. Eine solche Aufwerfung konnte bei den Probenoberflächen der keramischen Prüfkörper nicht beobachtet werden..

Die Mittelwerte der Abrasionsvolumina nahmen bei allen Prüfkörperserien über die Versuchsdauer bis zu Versuchsende kontinuierlich zu. Das Diagramm in Abbildung 5-2 bestätigt mit der geringen Geradensteigung die geringe Zunahme der Volumenverluste der Prüfkörper der Metallgruppe, während die Kurven der keramischen Prüfkörperserien sichtlich stärker abflachten. Ebenso zeigte sich, dass die Relation zwischen den Keramiken und den Metallen zu allen Meßzeitpunkten erhalten blieb. Für die gewählte Versuchsdauer von 100.000 Zyklen konnte ein annähernd linearer Zusammenhang zwischen Zyklenzahl und Abrasionsvolumen festgestellt werden.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass aus den vorliegenden Ergebnissen bei der Zwei-Medien-Abrasion kein Zusammenhang zwischen der Sintertemperatur von Verblendkeramiken und ihrer Verschleiß- bzw. Abrasionsfestigkeit abgeleitet werden kann. Die Keramiken abradieren tendenziell in stärkerem Ausmaß als die Metalle. Bei den Metallen zeigen weder die Härte der Legierung noch der Keramikbrand einen Einfluß auf das Abrasionsmaß. Sie absorbieren die kinetische Energie des Antagonisten durch eine Kombination als elastischer und plastischer Verformung.

Obwohl sich der Verschleißmodus von Keramik von dem Verschleißmodus von Metall unterscheidet, kann ein höherer Antagonistenverschleiß durch Keramik in der Zwei-Medien-Abrasion nicht durch eine höhere Verschleißfestigkeit der Keramik im Vergleich zu Metall erklärt werden.