

Auszug aus dem Jahresbericht 2018
 Zur aktuellen Website: www.ist.fraunhofer.de

OXIDSCHICHTEN FÜR HOHE TEMPERATUREN

In Hochtemperatur-Verbrennungsprozessen wie Gaskraft- oder Flugtriebwerken sind Metalloberflächen extremen Temperaturen ausgesetzt. Oxidschichten, die am Fraunhofer IST hergestellt und untersucht werden, können Metallwerkstoffe wirksam vor einer Zerstörung durch Heißgas-Korrosion schützen. In Verbrennungsräumen von z. B. Gasturbinen bestimmen diese maßgeblich die Lebensdauer der Bauteile. Elektrische Isolationsschichten auf Oxidbasis ermöglichen zudem auch den Einsatz von sensorischen Funktionsschichten auf Bauteilen. Gerade in Hochtemperatur-Umgebungen (>1000 °C) ist die Aufgabe von Oxidschichten besonders anspruchsvoll.

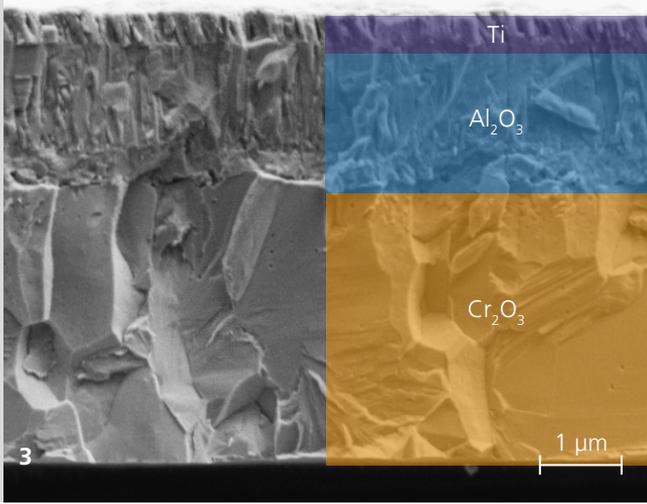
Oxidschichten für hohe und höchste Temperaturen

Metallwerkstoffe, die anwendungsbedingt sehr hohen Temperaturen ausgesetzt sind, benötigen eine schützende Deckschicht, für die zumeist Chrom oder Aluminium verwendet wird. Die bei hohen Temperaturen gebildeten Schichten aus reinem Chromoxid (Cr_2O_3) oder reinem Aluminiumoxid (Al_2O_3) müssen gut haften, dicht und rissfrei sein, ausreichend langsam wachsen und dürfen nicht nennenswert abdampfen. Bei Temperaturen über 1000 °C erfüllt praktisch nur die thermodynamisch stabile Hochtemperaturphase des Aluminiumoxids ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, Korund) diese Bedingungen.

Die stabile Phase des Aluminiumoxids lässt sich thermisch aus geeigneten Oxidbildnern wie z. B. MCrAlY herstellen. Das Wachstum von Aluminiumoxid erfolgt von außen nach innen durch Diffusion von Sauerstoffionen an die Grenzfläche zum Metall. Die Zugabe von Legierungselementen wie Yttrium zu den Oxidbildnern verbessert die Haftung und die Lebensdauer solcher Schutzschichten. Die Abbildung 1 zeigt ein thermisch gewachsenes Aluminiumoxid, das sich bei 1050 °C auf einer FeCrAl -Legierung ausgebildet hat.

Gesputterte Aluminiumoxid-Schichten

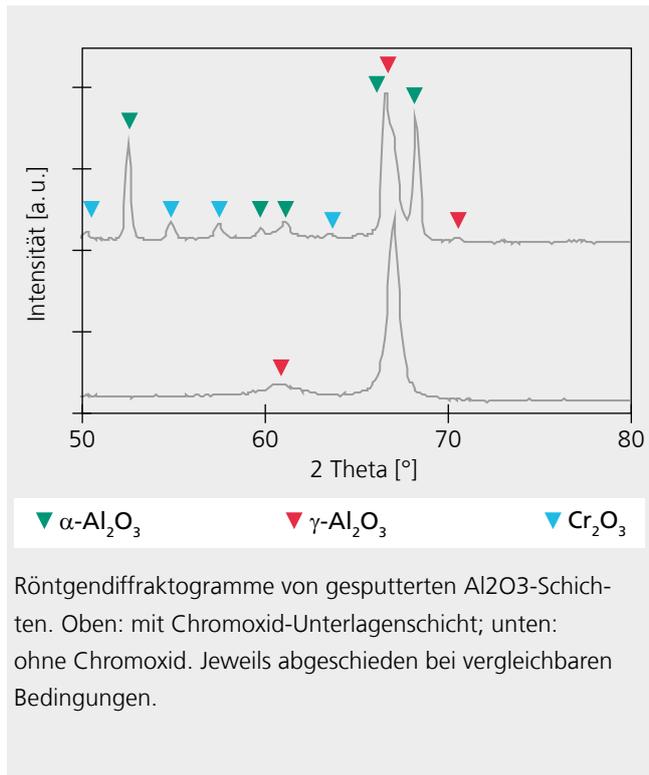
Gut haftende Schutzschichten aus reinem Aluminiumoxid können auch mit Dünnschichtverfahren, z. B. mittels reaktivem Gasfluss-Sputtern auf geheizten metallischen Bauteilen aufgebracht werden (vgl. Abbildungen 2 und 3). Entscheidend ist dabei, dass möglichst schon vor dem ersten Einsatz bei hohen Temperaturen die α -Phase in der Schicht vorliegt. Ein Aufheizen der Niedertemperaturphase ($\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$) über die Schwelle von 1000 °C würde durch die Phasenumwandlung zu einer starken Volumenänderung und damit zum Versagen des Schichtverbunds führen. Außerdem können Poren in der Schicht entstehen, die die Anwendung beeinträchtigen. Versuche am Fraunhofer IST haben gezeigt, dass mittels Ionenunterstützung oder geeigneten Unterlagenschichten die Bildung der α -Phase bereits bei Abscheidetemperaturen von ca. 830 °C gefördert wird. Die Abbildung 3 zeigt anhand Röntgen-Diffraktogrammen reaktiv gesputterter Aluminiumoxidschichten, dass eine Chrom-Unterlagenschicht die Entstehung der rhomboedrischen Korundphase begünstigt.



- 1 Bruchkante einer thermisch gewachsenen Aluminiumoxidschicht auf einer Hochtemperatur-Legierung.
- 2 Gesputterte Aluminiumoxidschicht direkt auf einer Hochtemperaturlegierung. Zusätzlich wurde eine Titan-Elektrode aufgebracht (ganz oben).
- 3 Gesputterte Aluminiumoxidschicht auf einer Chromoxid-Unterlagenschicht. Auch hier mit Titan-Elektrode ganz oben.

Ausblick: Oxidschichten für Hochtemperatur-Sensorik

Rissfreie und dichte Barrierschichten aus Aluminiumoxid sind auch zur Integration elektrischer Zusatzfunktionen auf Bauteilen in einer Hochtemperatur-Umgebung eine wichtige Komponente. Sensorik, Aktorik und elektrische Informationsübertragung werden erst durch hochwertige, temperatur- und zyklischerbeständige Isolationsschichten möglich. Gute Isolationseigenschaften werden bei Schichtdicken von mehreren Mikrometern erreicht. Mittels konventionellem Magnetronspultern lassen sich gute und haftere Schichten auftragen. Ein Nachteil sind jedoch die verhältnismäßig niedrigen Depositionsraten und eine aufwändige Prozessregelung. Hier bietet das reaktive Gasflusssputtern die Möglichkeit, hohe Raten bei einer einfachen Prozessführung zu erreichen. Parallel zur Entwicklung der Isolationsschichten werden am Fraunhofer IST auch Hochtemperatur-Sensorschichten, z. B. für die Dehnungsmessung, untersucht.



KONTAKT

Dr. Kai Ortner
 Telefon +49 531 2155-637
 kai.ortner@ist.fraunhofer.de