

KERAMISCHE SCHICHTHEIZELEMENTE - THERMISCH GESPRITZT

DIE AUFGABE

Die Verfahren des thermischen Spritzens, allen voran das Atmosphärische Plasmaspritzen (APS) und das Hochgeschwindigkeitsflammspritzen (HVOF), haben sich als vielseitige Beschichtungstechnologien in der Industrie etabliert. Neben Einzelschichtlösungen wie z. B. Keramik-, Metall- oder Hartmetallschichten bieten Mehrschichtsysteme ein besonders hohes Potenzial für neue Anwendungen.

Durch die Kombination von elektrisch leitfähigen und isolierenden Schichten können angepasste Schichtheizelemente nahezu jeder beliebigen Geometrie direkt auf ein zu beheizendes Bauteil aufgebracht werden. Vorteilhaft sind dabei neben der sehr geringen Bauhöhe auch die Möglichkeit großflächige Bauelemente zu beheizen und der unmittelbare Kontakt zum Substrat, der die Wärme mit geringsten Übergangsverlusten in das Bauteil leitet.

Um Wärme aus elektrischer Energie zu erzeugen, werden leitfähige Schichten mit einem definierten und temperaturstabilen Widerstand angestrebt. Die Umsetzung mit metallischen Werkstoffen scheiterte in der Vergangenheit an der Beständigkeit der Schichten gegenüber thermischen und / oder oxidativen Belastungen und der dadurch bedingten geringen Lebensdauer.

Ein vollkeramisches Schichtheizelement wurde im Rahmen eines von der DKG / AiF geförderten Forschungsvorhabens in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS entwickelt.

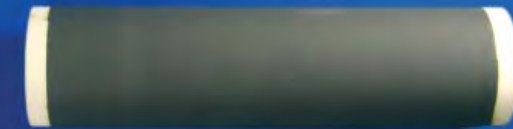
UNSERE LÖSUNG

Für elektrisch isolierende Schichten werden nach dem aktuellen Stand der Technik keramische Werkstoffe aus Aluminiumoxid (Al_2O_3) verwendet. Mit konventionellen APS- und HVOF-Verfahren können isolierende Schichten aus Spinell (MgAl_2O_4) ohne die bekannten Nachteile von thermisch gespritzten Al_2O_3 -Schichten, wie z. B. Phasenumwandlungen im Spritzprozess und Abnahme der Isolationswirkung bei hohen Luftfeuchtigkeiten, hergestellt werden.

Elektrisch leitfähige, keramische Schichten sind eine bisher kaum genutzte Alternative. In Abhängigkeit von der Einsatztemperatur können dabei unterschiedliche Werkstoffe zum Einsatz kommen. Eine bedeutende Rolle spielt dabei der Werkstoff Titandioxid (TiO_2). Unter reduzierenden Bedingungen, wie sie beim thermischen Spritzen oft vorliegen, entsteht ein elektrisch leitfähiges, unterstöchiometrisches Titansuboxid (TiO_x). Durch Zusatz von Cr_2O_3 kann die Temperaturstabilität erhöht werden. Weitere Werkstoffe sind für einen Einsatz bei noch höheren Temperaturen geeignet.

Im Rahmen des Projektes wurden sowohl isolierende, als auch leitfähige, keramische Schichten hinsichtlich ihrer Mikrostruktur, Phasenzusammensetzung und elektrischen Eigenschaften untersucht. Im Ergebnis konnten optimale Schichtverbunde für verschiedene Arbeitstemperaturen ausgewählt werden.





3



4

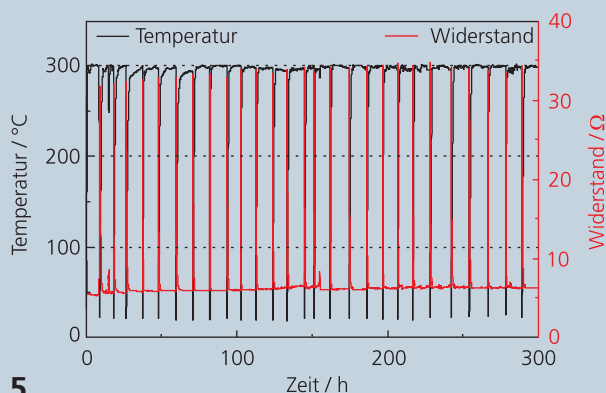
ERGEBNISSE

Isolationsschichten aus Spinell erzielen unter dem Einfluss einer hohen Luftfeuchtigkeit (>70 % RH) die besten Isolationswerte. Zudem ist die Durchschlagfestigkeit im Vergleich zu den Al_2O_3 -Schichten höher und es kommt zu keinen Phasenumwandlungen beim Spritzprozess.

Aus den Vorteilen einer frei wählbaren Kombination von Isolationsschicht, Heizleiter und Deckschicht, ergeben sich eine Vielzahl von Anwendungsmöglichkeiten zum Temperieren und Heizen von Bauteilen. Als Demonstrator wurde eine beheizbare Walze bei 300 °C über 300 h erfolgreich geprüft (Abb. 3 u. 4). In Langzeituntersuchungen wurde anhand von Thermozyklisierungen die Stabilität der Schichtheizelemente für unterschiedliche Temperaturbereiche nachgewiesen (Abb. 5). Das bisher entwickelte Schichtheizelement wird durch eine Auswahl an geeigneten Deckschichten ergänzt. Damit ist es möglich, anwendungsgerechte Lösungen anzubieten.

- 1 *Spritzanlage am Fraunhofer IWS*
- 2 *Schichtaufbau einer thermisch gespritzten Heizleiterstruktur aus keramischen Werkstoffen*
- 3 *Walze mit flächiger Heizleiterschicht*
- 4 *Thermografieaufnahme einer direkt beheizten Walze bei 300 °C*

Thermozyklisierung zum Nachweis der Temperaturstabilität von $\text{TiO}_2 / \text{Cr}_2\text{O}_3$ anhand einer direkt beheizten Walze bei 300 °C für 300 h



5

KONTAKT

Dr. Lutz-Michael Berger

Telefon: +49 351 83391-3330

lutz-michael.berger@iws.fraunhofer.de

