Jörg Zerrer, Anna Buling

Leichtbau möglich gemacht – unsere Oberflächenlösungen schlagen Brücken

Durch die systematische Forschungsarbeit der ELB® – Eloxalwerk Ludwigsburg – zur Schutzpanzerung von korrosionsempfindlichen Leichtmetallen ist es nun möglich, einen Komponentenselbstschutz abzubilden, der einen integrierten und erweiterten Multimaterialeinsatz ermöglicht.

Die Vielfalt der Materialien und Materialeigenschaften in moderne Hochleistungskonstruktionen zu integrieren und deren Koexistenz zu ermöglichen, stellt eine große Chance, aber auch eine große Herausforderung dar. Leichtbau ist der Schlüssel zu den wichtigsten Themen – der CO_2- Reduktion durch Gewichtsreduzierung und der Verringerung von Reibungs- und Verschleißverlusten. Das Ziel effektiver und effizienter Oberflächenmodifizierungen ist, Energie gezielt an der gewünschten Stelle nutzen, einhergehend mit geringstmöglichen Verlusten und Nebeneffekten. Mit innovativen Schnittstellen und mit Lösungen an Berührungspunkten der Marke CERANOD® wird effektivster Leichtbau ermöglicht.

Kontakt

ELB® – Eloxalwerk Ludwigsburg
Helmut Zerrer GmbH
Neckartalstraße 33
D-71642 Ludwigsburg
Tel.: +49 (0)7141 5615-0
Fax: +49 (0)7141 5615-44
info@ceranod.de
www.ceranod.de

Materialoberflächen entscheiden über den Einsatz und die dauerhafte Verwendung von Leichtbaulösungen. Ob es die besondere Magnesiumlegierung ist, das additiv gefertigte Aluminiumbauteil oder das Stahlbauteil, das mit Magnesium oder Aluminium gefügt und verbunden werden soll – immer sind die Übergänge zur nächsten Materialität entscheidend für den gelungen Einsatz. Auch Faserverbundwerkstoffe in Kontakt und Kombination mit anderen Metallen stellen wichtige Schnittstellen dar. Alle diese Übergänge und Verbindungen müssen zuverlässig und beständig sein. An diesen Stellen setzt die Philosophie von ELB® an: Durch anwendungsangepasste Oberflächenlösungen baut die ELB® – Technologie stabile Brücken!

ELB® macht Leichtbau möglich!

Um sehr unterschiedliche Materialien wie Metall-Metall-Paarungen mit großen Unterschieden in der Korrosionsneigung gemeinsam verbauen zu können, muss ein passender Korrosionsinhibitor anwesend sein. Bei der Paarung von Faserwerkstoffen mit Metallen muss einerseits eine gute Anbindung z. B. durch Kleben möglich sein, andererseits ist eine isolierende Schutzschicht erforderlich, die die Elektronenmobilität und damit die Korrosionsneigung blockiert.

Für Leichtmetalle wie Magnesium und Aluminium, die per se sehr unedel sind und eine extreme Affinität zur Bildung von Salzen oder Oxiden haben, müssen vor allem in Mischbauweisen korrosionsschützende Oberflächen den Einsatz sicherstellen. Bei grundlegender Betrachtung kann man jedoch eben diese Eigenschaften der Leichtmetalle zur Herstellung von z. B. oxidkeramischen Schutzschichten nutzen. Durch definierte Erzeugung von oxidischen Phasen lassen sich nicht nur die gewünschten korrosiven Schutzwirkungen einstellen; die sonst eher weichen Leichtmetalle können auch zusätzlich hervorragend vor Verschleiß geschützt werden. **Abbildung 1** zeigt solch eine oxidkeramische CERANOD®-Oberfläche auf einem Aluminiumsubstrat.

Einsatz von Magnesium

Der Einsatz von Magnesium kann zu einer Gewichtsreduktion von bis zu 80 % führen (siehe **Abbildung 2**), was vor allem bei bewegten Teilen zu einer enormen Einsparung von CO_2 führt. Dank extremem Korrosions- und Verschleißschutz durch die Ultraceramic® auf Magnesium bietet unsere Technologie neue Einsatzpotentiale und Konstruktionsfreiheitsgrade.

Bereits dünne plasmakeramische Schichten von 10 – 20 µm bieten hier aufgrund der feinen und kompakten Schichtstruktur einen Korrosionsschutz, der auf verschiedenen Mg-Legierungen die in der gegenwärtigen Literatur beschriebenen Werte um bis zu vier Größenordnungen übertrifft [1]. Solch eine hoch-kohä-

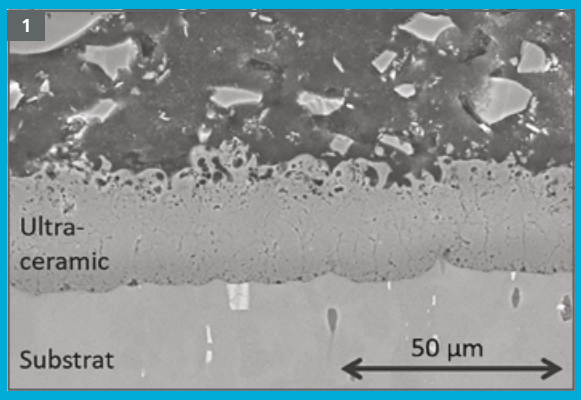

Abb. 1: REM-Aufnahme einer Ultraceramic® auf Aluminiumsubstrat im Querschliff – Korrosions- und Verschleißschutz durch hochdichte, harte und nanokristalline Oberfläche

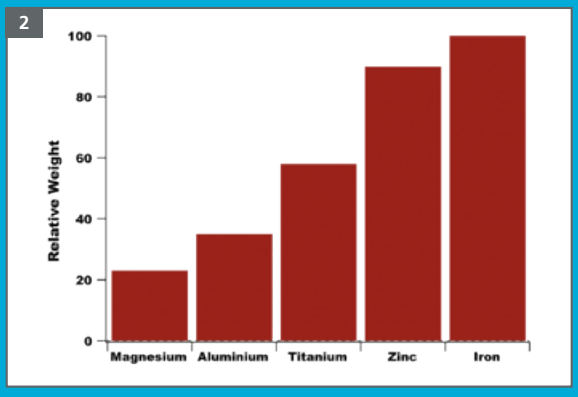

Abb. 2: Mögliche Gewichtseinsparung durch den Einsatz von Magnesium

sive, nanokeramische Oberfläche auf Magnesium bietet auch einen hohen Verschleißschutz, wie in **Abbildung 3** zu sehen: Hier erfolgte ein reziproker Kugel-Scheibe-Test einer 100Cr6-Kugel auf der zu prüfenden Oberfläche. Die nanokeramische Oberfläche zeigt keinerlei Verschleißspuren, lediglich Abrieb der Stahlkugel ist zu erkennen. Tribologisch kann somit Magnesium auf das hervorragende Niveau von Aluminiumkeramik gebracht werden. Die hier applizierte Schicht ist nur 20 µm dick, hat eine Rauigkeit von R_a=1,8 µm und zeigt durch Korrosionsprüfungen nachgewiesene hohe Impedanzwerte auf. Durch die hohe Schutzwirkung bereits solch dünner Systeme wird auch der Ressourceneffizienz Rechnung getragen.

Intelligente Mischbauweise als Ziel

Was ELB® als großem Anhänger von Leichtbau wichtig ist, ist auch der erweiterte Einsatz von Stahl. Passende Materialien gezielt an den geeigneten Stellen einzusetzen und einsetzen zu können, ist hier Motivation. Eine konstruktionsgerechte und intelligente Mischbauweise hat signifikant mehr Möglichkeiten und führt zu Synergien, wenn man das gesamte System betrachtet.

Solche Lösungen und Einsatz von Leichtmetallen wie Magnesium/Aluminium/Titan mit deren hervorragenden Eigenschaften sind mit den funktionalen Schnittstellen an der jeweiligen Metalloberfläche möglich. So kann das Problem der Kontaktkorrosion auch für große Potentialunterschiede der Substratmaterialien behoben werden.

Gezielte Bereitstellung von aktiven bindungsfähigen chemischen Gruppen bis zu hochohmigen isolierenden Schichtabschlüssen sind mit der CERANOD®-Technologie realisiert. So sind für die Mischbauweise optimale Voraussetzungen geschaffen: Kleben, aber auch Nieten als Fügetechnik sind möglich. Der Schutz der veredelten Komponente wie auch die Kompatibilität mit anderen Bauteilen aus gleichen oder völlig anderen Materialien ist gewährleistet.

Passende Bindung zur Lackierung

Neben lösemittelbasierenden Lacken können vor allem auch rein wasserbasierte Lacke mit der CERANOD®-Oberfläche verbunden werden. Längere Kontaktzeiten bei der Verarbeitung von z. B. wässrigen Lacken sind mit den hervorragenden Schutzschichten völlig unkritisch. Das Leichtmetallsubstrat ist geschützt, bis die Lackierung abgeschlossen ist, da keine Degradation durch Wasser stattfindet. Dies schützt die Umwelt, da auf Lösemittel verzichtet werden kann.

Innovative Lösungen zur Steigerung der Effizienz

Hybride Verbundschichten, also die Kombination von Ultraceramic® und

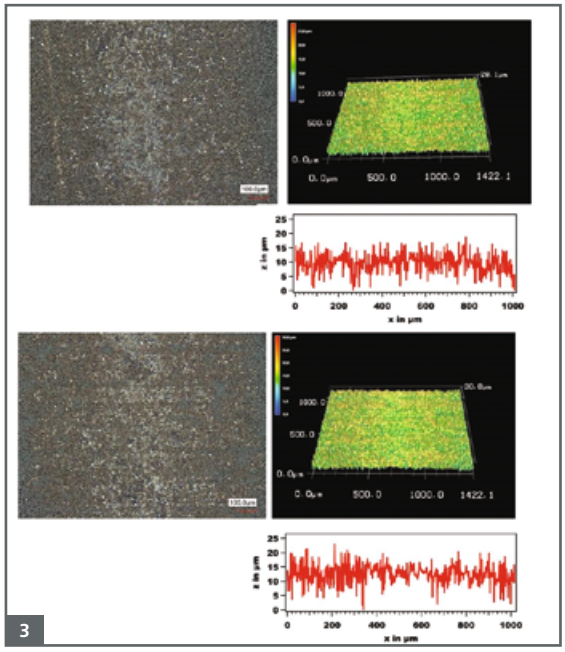

Abb. 3: Lichtmikroskopische Aufnahme und 3D-Topographie einer nanokeramischen Oberfläche auf Magnesium: Die Verschleißspur nach einem Kugel-Scheibe-Test zeigt nahezu keine Einflüsse der tribologischen Belastung.

Polymeren, eröffnen ein neues und faszinierendes Individualisierungsniveau. Durch das Verbinden der Eigenschaften der Schutzpanzerung durch Ultraceramic® und den niedrigen Reibwerten eines polymeren Top-Coats kann der Effizienz von Komponentensystemen noch mehr Rechnung getragen werden. Dabei können die Hybrid-Oberflächen mittels Laserstrahlung appliziert werden, was nicht nur zur enormen Energieeinsparung innerhalb des Prozesses führt, sondern auch zur sehr schonenden Behandlung des Substrats.

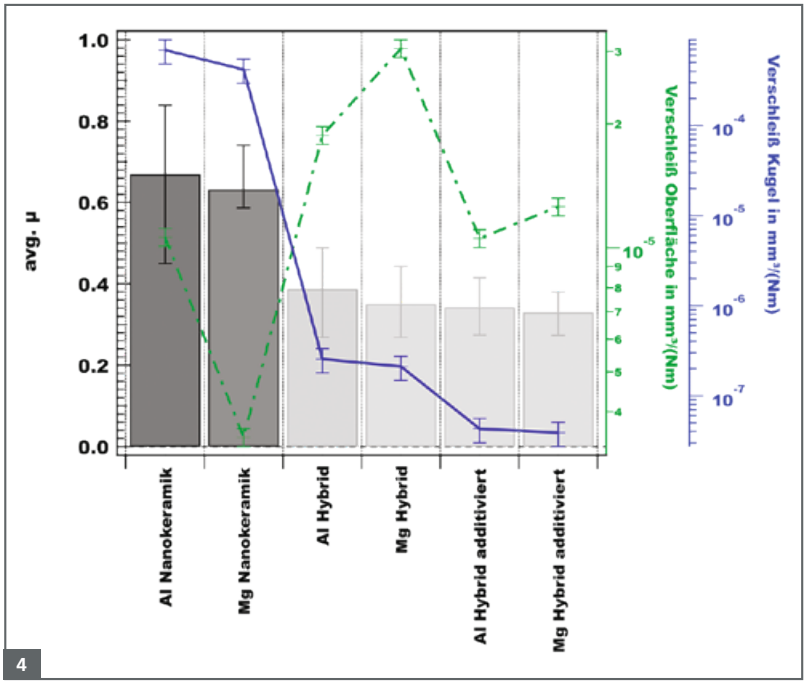

Abb. 4: Kumulierte Ergebnisse von ungeschmierten Kugel-Scheibe-Tests unterschiedlicher Schichtsysteme: Der Einsatz von hybriden Systemen führt zu einem niedrigen Reibungskoeffizienten und einer extremen Reduzierung des Verschleißes.

Während der Reibungskoeffizient µ in einem tribologischen System mit der Ultraceramic® aufgrund der hohen Härtewerte der Schicht (bis zu 2000 HV) recht hoch liegt und zum abrasiven Verschleiß auf der Seite des Gegenpartners führt, kann durch den Einsatz der hybriden Systeme der Reibungskoeffizient wie auch der Verschleiß des Gegenpartners deutlich reduziert werden. **Abbildung 4** zeigt die Ergebnisse von ungeschmiert durchgeführten Kugel-Scheibe-Tests der Schichten auf Aluminium und Magnesium. Durch die Additivierung mittels passender Partikel wird der Kugelverschleiß auch über lange Zeit auf ein Minimum reduziert, begleitet durch ein niedriges µ und geringen Verschleiß auch auf der Schichtseite. Ein quasi-stationärer Reibungszustand über die gesamte Lebensdauer hinweg entsteht über das Einglätten der Schicht.

Lösungen dieser Art vor allem auf Magnesium machen dieses sonst weiche Leichtmetall in selbst harschen tribologischen Beanspruchungen einsetzbar und lassen ganz neue Ideen und Möglichkeiten zu.

Und was ist Ihre Leichtbau-Idee?

Das Herz von ELB® schlägt für Leichtbau. Somit ist die Firma immer bereit, mit Kunden, Partnern und Forschungseinrichtungen neue individuelle Lösungen zu finden, um den Einsatzbereich von Leichtmetallen zu vergrößern. Wo immer Leichtmetalle einer tribologisch-korrosiven Umgebung ausgesetzt sind oder mit anderen Materialien gefügt werden sollen, sind Oberflächenlösungen gefragt. Haben Sie eine bislang unmöglich erscheinende Idee zum Einsatz von Leichtmetallen? Dieser Herausforderung stellt sich ELB® gern und greift dabei zurück auf vollautomatisierte, umweltschonende Prozesse, die zu stets reproduzierbaren Ergebnissen führen.

References

[1] A. Buling, J. Zerrer, Increasing the application fields of magnesium by ultraceramic®: Corrosion and wear protection by plasma electrolytical oxidation (PEO) of Mg alloys, Surface and Coatings Technology 369 (2019) 142–155. https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2019.04.025