

Technische Universität Ilmenau

Galvanische Komposite aus Kupfer und MAX-Phasen für neuartige Kontaktmaterialien

Ein geeignetes Material für Hochleistungskontaktschichten sollte einen geringen Kontaktwiderstand, eine hohe Härte und eine gute Beständigkeit gegen Abbrand aufweisen. Vor diesem Hintergrund sind galvanisch abgeschiedene Kupfer-MAX-Kompositenschichten aussichtsreiche Kandidaten für neuartige Kontaktmaterialien.

In elektrischen Schaltkontakten ist ein Umschalten von Gleichspannungen mit bis zu 1.500 V erforderlich. Neben den Werkstoffanforderungen nimmt zugleich der Kostendruck durch steigende Edelmetallpreise zu, da derzeit vorrangig Silberlegierungen (zum Beispiel Ag-SnO₂) als Kontaktmaterialien für Hochleistungsanwendungen zum Einsatz kommen. Neben dem Silberpreis sind die sintermetallurgischen Herstellungskosten und die schlechte elektrische Leitfähigkeit des Metalloxids die Hauptargumente für Materialneuentwicklungen.

Bei MAX-Phasen handelt es sich um ternäre Carbid- oder Nitridverbindungen mit der Zusammensetzung M_{n+1}AX_n. Dabei ist M ein Übergangsmetall der Gruppe 3 bis 6, A ein Hauptgruppenelement der Gruppe 13 bis 16 und X Kohlenstoff oder Stickstoff. Die große Härte bei gleichzeitig guter elektrischer Leitfähigkeit der MAX-Phasen (HV=2-8 GPa und $\sigma_{ei}=0,5-7 \times 10^6$ (Ωm)⁻¹) ergibt sich durch eine nano-laminare Schichtstruktur [1, 2].

Durch elektrochemische Dispersionsabscheidung der MAX-Partikel in eine Kupfermatrix kann die hohe elektrische Leitfähigkeit des Kupfers mit den guten Verschleißseigenschaften der MAX-Phasen kombiniert werden.

Die elektrochemische Co-Abscheidung ist ein relativ einfaches Verfahren, um Partikel in ein Matrixmaterial einzubringen. Es konnten bereits erfolgreich Kupfer-MAX-Kompositenschichten aus sauren Kupfersulfat-Elektrolyten hergestellt werden^[3]. Wichtige Einflussfaktoren auf den Partikeleinbau und die Schichtentstehung sind Partikelart, Partikelkonzentration, verwendete Stromdichte sowie die Hydrodynamik im Bad.

Für einen optimalen Einbau der Partikel in die Kupfermatrix ist es von besonderem Interesse, das Korrosionsverhalten der MAX-Phasen-Partikel im galvanischen Bad besser zu verstehen. Aufgrund des metallischen Charakters der MAX-Phasen können diese im Elektrolyten korrodieren und ihre chemische Zusammensetzung ändern. Denkbar wäre die Bildung passivierender Schichten oder eine aktive Auflösung der MAX-Phase. Solche Reaktionen würden den Herstellungsprozess negativ beeinflussen und zu Eigenschaftsänderungen der abgeschiedenen Schicht führen.

In einer Masterarbeit konnte anhand von elektrochemischen Untersuchungen (Polarisationskurven) sowie Immersionstests in Schwefelsäure, saurem Kupfersulfat-Elektrolyt und Natriumhydroxid-Lösung der beiden MAX-Partikelarten MAX 312 (Hauptphase: Ti₃SiC₂) und MAX 211 (Hauptphase: Ti₂AlC) gezeigt werden, dass die MAX-312-Partikel eine bessere chemische Stabilität in sauren Bädern zeigen. Allerdings sind beide Partikelarten in alkalischen Lösungen am stabilsten. Außerdem wurde eine verstärkte Auflösung der A-Elemente mit einer erhöhten Auflösungsgeschwindigkeit zu Beginn der Immersion

Zur Person

Anna Endrikat (M. Sc.) studierte Werkstoffwissenschaft an der Technischen Universität Ilmenau. In ihrer Masterarbeit befasste sie sich mit dem Korrosionsverhalten von MAX-Phasen-Partikeln hinsichtlich der Badstabilität während der elektrochemischen Kompositabscheidung. Seit November 2016 promoviert sie am Fachgebiet Elektrochemie und Galvanotechnik der TU Ilmenau im Rahmen eines BMBF-geförderten Kooperationsprojekts „Neue galvanotechnische Beschichtungsprozesse aus ionischen Flüssigkeiten (GALACTIF)“ zum Thema „Elektrochemische Abscheidung von Niob und Nioblegierungen aus ionischen Flüssigkeiten“.

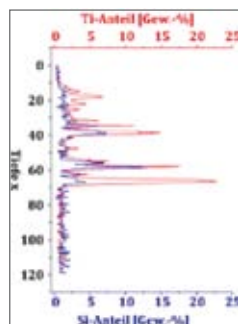
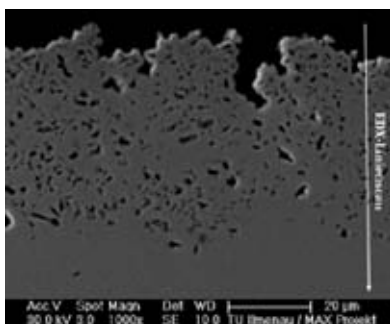


festgestellt. Die Korrosionsstromdichten im Alkalischen liegen im Bereich einiger $\mu\text{A}/\text{cm}^2$, wohingegen sie im Sauren um ein bis zwei Größenordnungen höher sind. In zukünftigen Arbeiten sollen daher auch alkalische Kupferbäder für die Dispersionsabscheidung mit MAX-Partikeln untersucht werden. ■

Kontakt:

Prof. Andreas Bund
Tel.: +49 (0)3677/69-3107
andreas.bund@tu-ilmenau.de
www.tu-ilmenau.de/wt-ecg

Anna Endrikat
Tel.: +49 (0)3677/69-4949
anna.endrikat@tu-ilmenau.de



Kupfer-MAX-Kompositenschicht bei 6 A/dm² mit 10 g/l Ti₃SiC₂ Partikeln mittels RDE bei 600 rpm abgeschieden; REM-Querschnitt (l.); dazugehöriger EDX-Linienscan (r.)

- [1] M.W. Barsoum: The M(n+1)AX(n) phases: A new class of solids; Thermodynamically stable nanolaminates, Prog. Solid State Chem. 28 (2000) 201–281.
- [2] Z.M. Sun: Progress in research and development on MAX phases: a family of layered ternary compounds, Int. Mater. Rev. 56 (2011) 143–166. doi: 10.1179/1743280410Y.0000000001.
- [3] R. Grieseler, M.K. Camargo, M. Hopfeld, U. Schmidt, A. Bund, P. Schaaf: Copper-MAX-phase composite coatings obtained by electro-co-deposition: A promising material for electrical contacts, Surf. Coatings Technol. 321 (2017) 219–228.