

KURZBERICHT

Entwicklung von korrosionsschützenden, verschleißbeständigen und REACH-konformen Refraktärmetall-Magnesium-Nitridschichten zum Schutz von Stahlbauteilen (RefMagS)

Im Projekt RefMagS wurden Refraktärmetall-Magnesium-Nitrid-Schichten (RM-Mg-N-Schichten) zum kombinierten Korrosions- und Verschleißschutz von nicht oder niedriglegierten Stahlbauteilen entwickelt. Anwendungsbereiche sind z.B. dort angesiedelt, wo auch Hartchrom eingesetzt wird, wie z.B. bei Kolbenstangen, Motorventilschäften, Wälzlagern, Extruderschnecken, Fadenführungen (Textil) etc.

Es wurden dabei in der ersten Phase des Projekts mittels kombinatorischer Materialsynthese unter Einsatz aller 9 Refraktärmetalle (RM) insgesamt 540 verschiedenen Schichtsysteme erzeugt und charakterisiert. Als Substratmaterial kam primär polierter und sandgestrahlter Schnellarbeitsstahl (HSS), aber auch Glas zum Einsatz. Das mechanische Verhalten wurde in dieser ersten Projektphase primär mittels instrumentierter Eindringprüfung bestimmt. Die korrosionsschützenden Eigenschaften der RM-Mg-N-Schichten auf HSS wurden im neutralen Salzsprühtest (NSS) ermittelt. Außerdem wurde auch das freie Korrosionspotential (OCP) der Schichten in 0,8 molarer Kochsalzlösung auf Glas erfasst. Ergänzend wurden aber auch Farbmessungen durchgeführt um auch Einsatzmöglichkeiten der Schichten auf dem dekorativen Sektor auszuloten. Im letzteren Bereich zeigten insbesondere die RM-Mg-N-Schichten auf Basis der Refraktärmetalle der IV. Nebengruppe (Ti, Zr, Hf) interessante Farben.

Am Ende des ersten Projektabschnitts wurden aufgrund der erarbeiteten Ergebnisse die Systeme ZrMgN und NbMgN für nähere Untersuchungen in Phase 2 des Projektes ausgewählt.

Unter Einsatz einer speziellen Rotationsvorrichtung wurden in Phase 2 homogene ZrMgN- und NbMgN-Schichten bei verschiedenen Stickstoffflüssen von getrennten RM- und Mg-Targets abgeschieden und untersucht. Die Charakterisierung der Schichten wurde dabei insbesondere um die Untersuchung tribologischer Eigenschaften erweitert. Es zeigte sich, dass die untersuchten RM-Mg-N-Schichten trotz hoher Härtewerte relativ hohe Verschleißwerte aufwiesen. Das System ZrMgN erwies sich insgesamt mit einem breiten Prozessfenster von 20-30 at-% Mg, innerhalb dessen sowohl Härtewerte über 2000 HV als auch eine sehr gute korrosionsschützende Wirkung im NSS nachgewiesen werden konnte, als besonders vielversprechend und wurde somit in Phase 3 des Projekts übernommen.

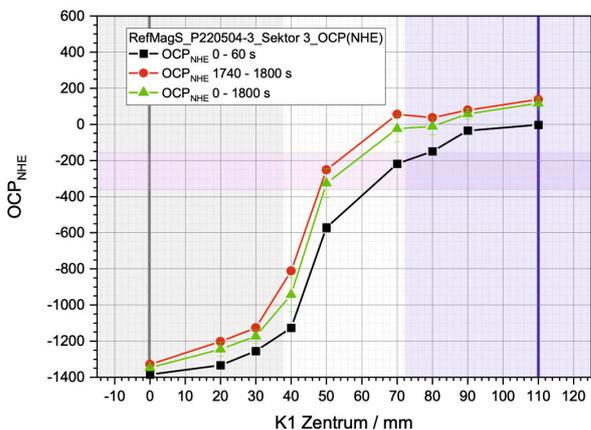
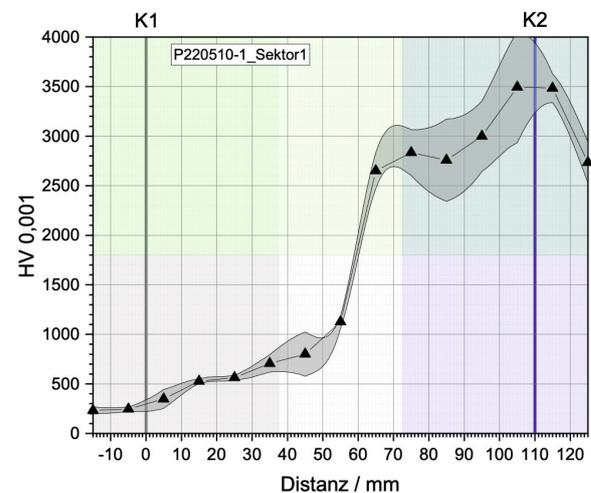
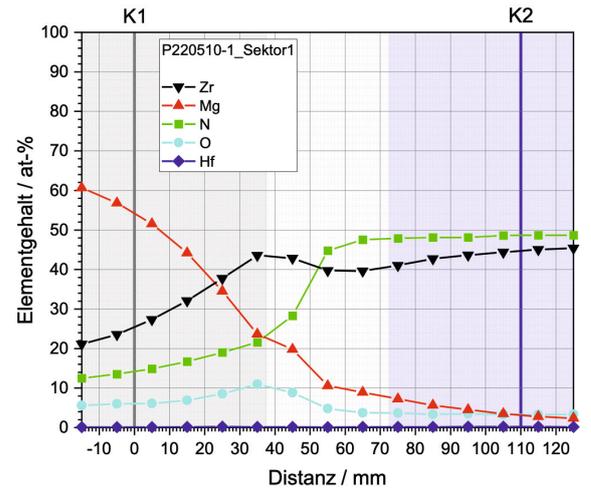


Abb. 1: Chemische Zusammensetzung, Härte und OCP an dem mit einem N₂-Fluss von 3 sccm abgeschiedenen System Zr-Mg-N (von links nach rechts: EXD (HSS); Härte (HSS), OCP (Glas))

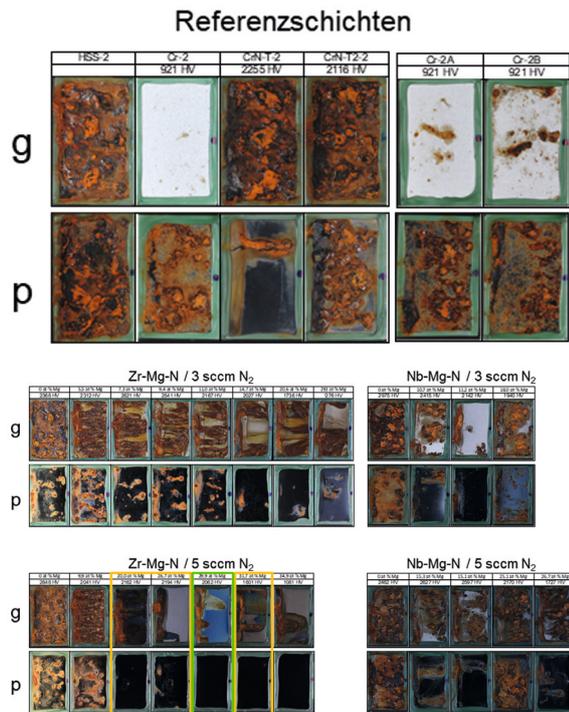


Abb. 2: Ergebnisse des NSS-Tests nach 96 h an in Phase 2 abgeschiedenen RM-Mg-N-Schichten und an Referenzschichten (g: gestrahlt, p: poliert)

In dieser Phase 3 wurde die industriennahe Abscheidung erprobt indem in einer entsprechenden Beschichtungsanordnung verschiedene Ansätze zum Transfer der entwickelten Schichttechnologie in die industrielle Praxis zum Einsatz kamen. Es wurde dabei sowohl der Einsatz von mit Magnesium gefropften Zr-Targets als auch die Abscheidung von getrennten Zr- und Mg-Targets wie auch der Einsatz von pulvermetallurgisch hergestellten ZrMg-Targets erprobt. Als am geeignetsten stellte sich der Ansatz mittels pulvermetallurgisch hergestellter ZrMg-Targets heraus. Die grundsätzliche Umsetzbarkeit des Systems ZrMgN in die industrielle Praxis konnte nachgewiesen werden. Allerdings zeigte sich auch, dass die industriennahe abgeschiedenen Schichten eine etwas andere Abhängigkeit ihrer Eigenschaften vom Mg-Gehalt auf

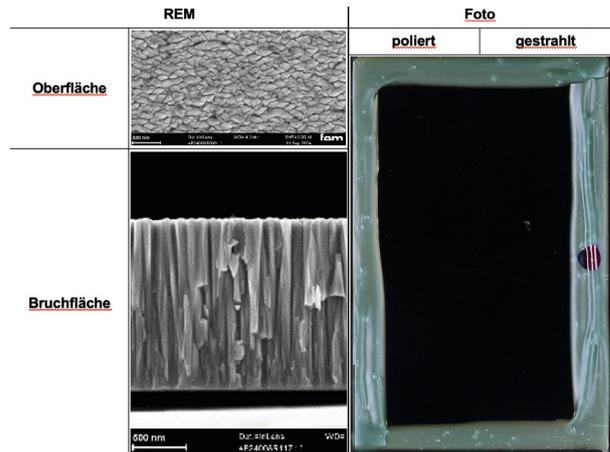


Abb. 3: REM-Aufnahmen und Oberflächenbilder von bei einer Drehzahl von 5 min⁻¹ in Phase 3 unter Einsatz pulvermetallurgisch hergestellter ZrMg-Targets abgeschiedenen ZrMgN-Schicht mit einer Schichtdicke von ca. 1,6 µm

Insgesamt konnten korrosionsschützende, harte ZrMgN-Schichten entwickelt werden, die sich auch für industrielle Abscheidung mittels Magnetron-Sputtern eignen. Das Ziel dieses Forschungsvorhabens REACH-konforme RM-Mg-N-Schichten zu entwickeln, welche einerseits schon bei geringeren Mg-Gehalten einen signifikanten Korrosionsschutz bieten und andererseits auch eine entsprechend hohe Härte aufweisen konnte somit erreicht werden. Weiterer Forschungsbedarf besteht jedoch in der Verbesserung der tribologischen Eigenschaften sowie in einer weiteren Optimierung der korrosionsschützenden Eigenschaften.

Danksagung

Das IGF-Vorhaben 21470 N wurde durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie



INDUSTRIELLE
GEMEINSCHAFTSFORSCHUNG

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

ANSPRECHPARTNER

fem | Forschungsinstitut Edelmetalle + Metallchemie | Katharinenstraße 17 | 73525 Schwäbisch Gmünd
Dipl.-Ing. (FH) Herbert Kappl, kappl@fem-online.de, +49 7171 1006-403 | Dr. Martin Fenker, fenker@fem-online.de