

⊕ Elektrochemie · Galvanotechnik · Korrosion

Abscheidung von Fe-Diffusionssperrschichten aus ionischen Flüssigkeiten

Einführung

Obwohl Eisen wegen seiner Festigkeit und Verschleißbeständigkeit als Werkstoff Vorteile aufweist, hat sich seine Verwendung als galvanisch abgeschiedenes Überzugsmaterial bislang nicht durchgesetzt. Die Gründe hierfür liegen vor allem in der schwierigen Prozessfähigkeit der wässrigen Elektrolyte und den elektrochemischen Mechanismen der Eisenabscheidung aus wässriger Lösung. Die Elektrolyte, die fast ausnahmslos auf Fe^{2+} basieren, sind oxidationsempfindlich, so dass zum einen durch den Luftsauerstoff und zum anderen durch die anodische Oxidation der Eisenionen in der Lösung Fe^{3+} entsteht, das bereits in geringen Mengen die Stromausbeute stark herabsetzt und den Prozess unwirtschaftlich macht.

Zielstellung

Ziel war die Entwicklung eines Verfahrens zur elektrochemischen Abscheidung von mikrokristallinem Eisen aus aprotischen ionischen Flüssigkeiten bzw. eutektisch tiefschmelzenden Lösungen als Ersatz für Nickel in Diffusionssperrschichten von Gleitlageranwendungen. Der wegen seiner Festigkeit und Verschleißbeständigkeit vorteilhafte Werkstoff Eisen könnte als Zwischenschicht das bislang häufig eingesetzte Nickel – das als Metall bzw. in seinen Verbindungen aus ökologischen und arbeitsmedizinischen Aspekten kritisch anzusehen ist – ersetzen.

Ergebnisse

Die Versuchsergebnisse zeigen, dass aus einem Eisen(III)elektrolytsystem, welches auf einer Mischung aus Cholinchlorid mit Harnstoff basiert, sowohl unter galvanostatischen Abscheidebedingungen, als auch mittels Pulsstromtechnik metallisch-glänzende bis metallisch-matte, porenfreie Eisenüberzüge ohne Einbau von Oxiden/Hydroxiden hergestellt werden können. Elektrochemische Korrosionsuntersuchungen an einzelnen Eisenproben zeigten zudem eine sehr gute Korrosionsbeständigkeit der hergestellten Eisenüberzüge gegenüber Luftatmosphäre.

Die erreichbaren Abscheideraten (bei geringer Elektrolytbewegung) sind allerdings deutlich geringer, als die der bekannten wässrigen Eisen(II)elektrolyte, was vor allem auf die deutlich höhere Viskosität dieser wasserfreien Elektrolytsysteme zurückzuführen ist.

Die Darstellung von dünnen, porenfreien und mikrokristallinen Eisenüberzügen aus ionischen Flüssigkeiten könnte eine interessante technische Alternative für Nickel, das bislang häufig für Diffusionssperrschichten eingesetzt wird, darstellen.

Schichthftung

Für den Einsatz als Diffusionssperrschichten müssen die hergestellten Eisenüberzüge eine sehr gute Haftung und keine Rissbildung auf dem Substrat aufweisen. Für eine schnelle Beurteilung der Widerstandsfähigkeit der abgeschiedenen Eisenschichten gegen Rissbildung und Ablösen vom Substrat wurden u.a. Untersuchungen mit einem Dornbiege- und Wölbungstest durchgeführt.

Den Abbildungen 1-3 kann entnommen werden, dass sowohl die Schichthftung als auch die Duktilität der untersuchten Eisenschichten gut ist.

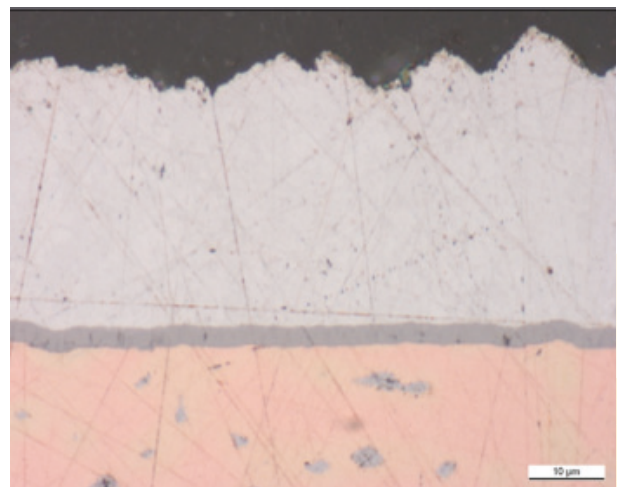


Abb. 1 | Querschliff einer Gleitlagerschicht: Gleitlagermetall-Substrat (rötlich), Eisenzwischenschicht (dunkelgrau), Zinnschicht (hellgrau)

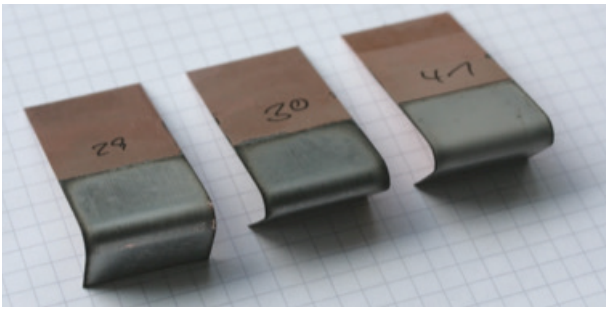


Abb. 2 | Eisenbeschichtete Kupfersubstrate nach Dornbiegetest

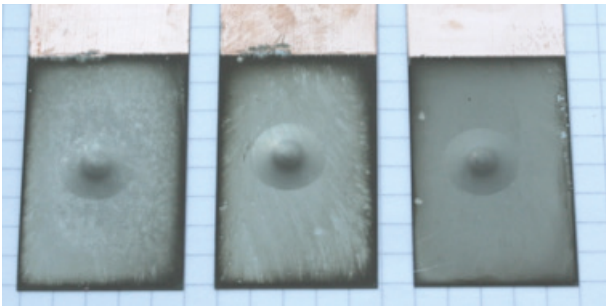


Abb. 3 | Eisenbeschichtete Kupfersubstrate nach Wölbungstest

Betriebliche Umweltbilanz: Nickel vs. Eisenbeschichtung

Ein Teilprojekt beschäftigte sich zudem mit der Vermeidung und Reduzierung von giftigen Abfällen beim Gleitlagerbeschichtungsprozess, sowie dem möglichen Recycling des neu entwickelten Eisenelektrolyten. Der Fokus lag dabei auf dem Ersatz von toxischen und umweltgefährlichen Ni-Lösungen bzw. Ni-Abfällen durch den neuen Eisenelektrolyt.

Die Eisenbeschichtung könnte nach den bisherigen Laborergebnissen in einer Art Kreislaufprozess geführt werden, in dem alle eingesetzten Ausgangsstoffe (z.B.

Harnstoff, Cholinchlorid, Spülwässer) wiederverwendet werden könnten. Der neue wasserfreie Eisenelektrolyt bietet hier gegenüber den herkömmlichen wässrigen Nিকেlelektrolyten den Vorteil, dass er nur aus „schwerflüchtigen“ Komponenten besteht. Somit lassen sich die leichter verdampfbaren Bestandteile wie Spülwasserreste oder organische Lösungsmittel problemlos aus der Mischung entfernen. Es ist deshalb möglich, den aufbereiteten Elektrolyten/die Spüllösungen prinzipiell erneut im Beschichtungsprozess einzusetzen, wodurch die anfallenden Kosten für die Erneuerung des Elektrolyten merklich gesenkt werden könnten. Prinzipiell sollte es möglich sein, den gesamten Fe-Beschichtungsprozess in einem nahezu geschlossenen Kreislauf zu führen, wodurch im Vergleich zum klassischen Nickelprozess, keine nennenswerten Mengen an umweltgefährlichen oder toxischen Abfalllösungen in der betrieblichen Praxis auftreten würden.



Abb. 4 | Prozessschema eines optimierten Beschichtungsprozesses

Danksagung

Wir danken der Deutschen Bundesstiftung Umwelt für die finanzielle Unterstützung bei der Bearbeitung des Forschungsvorhabens DBU 27498/31.

Projekt: DBU 27498/31

Partner

IPT GmbH, Stuttgart
IOLITEC GmbH, Heilbronn
Zollern BHW Gleitlager GmbH & Co. KG, Braunschweig

Ansprechpartner

fem | Forschungsinstitut Edelmetalle + Metallchemie | Katharinenstraße 17 | 73525 Schwäbisch Gmünd
Dr. Manfred Baumgärtner, baumgaertner@fem-online.de
Dr. Reinhard Böck, boeck@fem-online.de