

# Schlussbericht

---

zu IGF-Vorhaben Nr. 19124N

## Thema

Erweiterung des Einsatzpotenzials PVD-beschichteter Vergütungsstähle für Anwendungen in korrosiven Umgebungen

## Berichtszeitraum

01.06.2016 – 30.11.2018

## Forschungsvereinigung

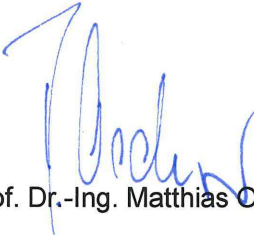
Europäische Forschungsgesellschaft Dünne Schichten (EFDS) e.V.

## Forschungseinrichtung(en)

Technische Universität Darmstadt  
Zentrum für Konstruktionswerkstoffe  
Staatliche Materialprüfungsanstalt Darmstadt und Fachgebiet und  
Institut für Werkstoffkunde

Darmstadt, 31.05.2019

Ort, Datum

  
Prof. Dr.-Ing. Matthias Dechsner

Name und Unterschrift aller Projektleiterinnen und Projektleiter der Forschungseinrichtung(en)

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Energie

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

## **Kurzfassung**

### **Erweiterung des Einsatzpotenzials PVD-beschichteter Vergütungsstähle für Anwendungen in korrosiven Umgebungen (19124N)**

Um den Korrosionsschutz der für den Maschinenbau wichtigen un- und niedriglegierten Vergütungsstähle in gleichzeitig korrosiv und tribologisch beanspruchten Systemen sicherzustellen, kommen heute vorwiegend galvanische Hartchromschichten zum Einsatz. Allerdings müssen aufgrund der REACH (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals)-Verordnung ab 2017 Chrom(VI)-verarbeitende Galvanikbetriebe ein aufwändiges und kostspieliges Zulassungsverfahren durchlaufen, was eine deutliche Verteuerung von Hartchromschichten bewirkt. Daher müssen dringend umweltfreundliche Alternativen identifiziert werden, die sowohl die Anforderungen an die Verschleißbeständigkeit als auch an die Korrosionsbeständigkeit erfüllen.

Das übergeordnete Ziel dieses Forschungsprojekts stellt aus diesem Grund die Entwicklung neuartiger PVD (physikalische Gasphasenabscheidung)-Hartstoffschichten für Bauteile aus un- und niedriglegierten Vergütungsstählen dar, um galvanische Hartchromschichten zu ersetzen. Die Schichten müssen den Verschleißschutz sicherstellen und gleichzeitig unter milder bis mäßiger Korrosionsbelastung vor Korrosion schützen.

Im Rahmen des Forschungsprojekts wurden daher TiMgSEN-PVD-Beschichtungen (SE = Seltene Erden) entwickelt und mittels Gleichstrommagnetronsputters (DCMS) abgeschieden. Diese Schichten wurden hinsichtlich der chemischen, strukturellen und mechanisch-technologischen Eigenschaften sowie der Korrosionseigenschaften charakterisiert. Anhand einer statistischen Auswertung der Schicht- und Korrosionseigenschaften wurde der Magnesium(Mg)-Gehalt der Schicht als wichtigste Einflussgröße auf die Schichthärte und die Korrosionsschutzwirkung der Schicht identifiziert. Dabei verhalten sich die beiden Eigenschaften gegenläufig, da die Schichthärte mit steigendem Mg-Gehalt abnimmt und die Korrosionsschutzwirkung zunimmt. Mit einem optimierten Mg-Gehalt der Schichten können allerdings sehr gute Korrosionsschutzwirkungen bei einer Schichthärte von rund 20 GPa zur Erzielung der Verschleißbeständigkeit erreicht werden. Gegenüber den ebenfalls geprüften industriellen Referenzschichten, wie Hartverchromung, Chromnitrid oder DLC, weist die entwickelte TiMgGdN-Schicht eine überlegene Korrosionsschutzwirkung auf, obwohl die Referenzschichten, mit Ausnahme von DLC, deutlich dicker sind. Die Härte der entwickelten TiMgGdN-Schicht liegt mit 20 GPa im Bereich der Referenzschichten, so dass von einer ähnlichen Verschleißbeständigkeit auszugehen ist.

Anhand eines Vergleichs der Schichteigenschaften und der Korrosionsschutzwirkung von TiMgGdN-Schichten mit TiMgLaN- und TiMgCeN-Schichten konnte gezeigt werden, dass eine Substitution des Seltene Erden (SE) Elements Gadolinium (Gd) durch Lanthan (La) oder Cer (Ce) zu keiner weiteren Verbesserung der Schichteigenschaften führt und somit keinen positiven Effekt auf die Korrosionsschutzwirkung aufweist. Allerdings sind die mit Seltene Erden legierten Schichten reinem TiMgN stets hinsichtlich des Korrosionsverhaltens überlegen.

Weiterhin wurde das auf TiMgGdN basierende Schichtlegierungskonzept erfolgreich auf die beiden tribologischen Basissysteme CrN und TiAlN übertragen und dabei ebenfalls sehr gute Korrosionseigenschaften bei Schichthärten von 15 GPa bzw. 18 GPa realisiert.

Die Ziele des Forschungsvorhabens sind mit der Entwicklung der TiMgGdN-Beschichtung als Ersatz für galvanische Hartchromschichten komplett erreicht worden.