

Schlussbericht vom 10.06.2022

zu IGF-Vorhaben Nr. 20584 BG

Thema

Haffeste CVD-Diamantschichten auf Gleitringen aus Stahl

Berichtszeitraum

01.07.2019 - 31.12.2021

Forschungsvereinigung

Europäische Forschungsgesellschaft Dünne Schichten e. V.

Forschungseinrichtung(en)

FS 1: Professur Mikrofertigungstechnik (MFT), TU Chemnitz

FS 2: Lehrstuhl Werkstoffkunde und Technologie der Metalle (WTM), FAU Erlangen-Nürnberg

Gefördert durch:

1. Durchgeführte Arbeiten und Ergebnisse im Berichtszeitraum

Kristalline Diamantschichten werden durch chemische Abscheidung aus der Gasphase (Chemical Vapour Deposition, CVD) bei Temperaturen um ca. 800 °C erzeugt. Sie unterscheiden sich in vielen Aspekten von amorphen Kohlenstoffschichten („Diamond-like carbon“, DLC). Bisher war eine Applikation der CVD-Diamantschichten auf Stahl nicht möglich, da das Eisen im Stahl die grafitische Kohlenstoffabscheidung fördert sowie der große Unterschied des Wärmeausdehnungskoeffizienten von Stahl gegenüber Diamant zu sehr starken Abkühlspannungen und damit zu Schichtdelaminationen führt. In gemeinsamen Forschungsarbeiten der TU Chemnitz (Professur Mikrofertigungstechnik (MFT), FS 1) und der FAU Erlangen-Nürnberg (Lehrstuhl Werkstoffkunde und Technologie der Metalle (WTM), FS 2) ist es gelungen, durch eine stabile TiNB-Hochtemperatur-Zwischenschicht und eine geeignete mechanische Mikrostrukturierung der Substratoberfläche mittels ultraschall-schwingungsüberlagertem Querplandrehen (kurz: USD) haftfeste CVD-Diamantschichten auf Stahlgleitringen (X46Cr13) mit einer Dicke von bis zu 15 µm abzuschleiden. Ein besonderer Fokus lag hierbei auf der reproduzierbaren Herstellung der Mikrostrukturen sowie der Entwicklung eines speziell konzipierten Set-ups für die Probenhalterung bei den Beschichtungsprozessen, um dem problematischen Anstieg der Ebenheitsabweichung der Funktionsflächen durch die hohen Temperaturen entgegenzuwirken. Die Gleitringe wurden erfolgreich in unterschiedlichen tribometrischen Untersuchungen getestet und weisen insbesondere im Wasser-geschmierten System Vorteile gegenüber herkömmlichen DLC-Schichten auf. Die Zielsetzung der Forschungsarbeiten – die Entwicklung eines stabilen, korrosionsresistenten Tribosystems mit Stahlsubstraten – wurde somit erreicht.

In Abb. 1 ist ein Querschliff eines mikrostrukturierten, beschichteten sowie „eingelaufenen“ Gleitrings dargestellt, welcher den Projektinhalt stellvertretend repräsentiert. Tab. 1.1 umfasst alle durchgeführten Tätigkeiten mit Angabe des Zeitraums, ggf. notwendigen Bemerkungen sowie der zugeordneten Forschungsstelle. Diese orientiert sich dabei im Wesentlichen nach der Struktur des im Antrag dargestellten Arbeitsprogramms. Tab. 1.2 listet alle Firmen des Projektbegleitenden Ausschusses (PbAs) auf.

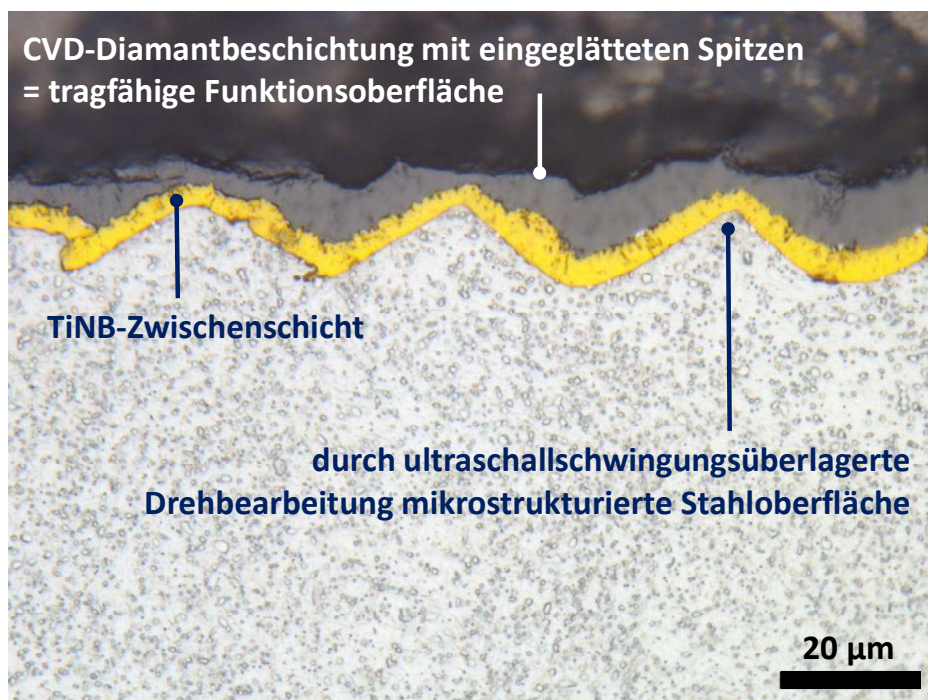


Abb. 1.1: Visualisierung des erfolgreichen Projektergebnisses anhand eines Querschliffs mit sichtbarer Mikrostruktur sowie bereits eingelaufener und demnach haftfest abgeschiedener CVD-Diamantschicht

Tab. 1.1: Überblick zu den durchgeführten Arbeitsschritten

AP	Arbeitsschritt	Zeitraum	FS		Bemerkung
			1	2	
AP 0.1	Untersuchung und Verbesserung der Ebenheit	01-12/2020		x	neu hinzugekommen
AP 0.2	Simulation der Verzugsproblematik	01-02/2020	x		neu hinzugekommen
AP 0.3	Modifikation Werkstückspannung	01/2021	x		realisiert durch Kauf eines anderen Spannsystems
AP 1.1 (a)	Festlegung von Mikrostrukturvarianten	01-02/2020	x	x	bilateral erfolgt
AP 1.1 (b)	Werkzeugauslegung	08/2019	x		
AP 1.1 (c)	Gestaltung US-Sonotrode	09-10/2019	x		erforderlich für Versuchsdurchführung
AP 1.1 (d)	Bewertung des Schwingsystems	11/2019	x		
AP 1.1 (e)	Werkzeugneukonzipierung	03/2020	x		erforderlich aufgrund ungenügender Reproduzierbarkeit der Mikrostrukturen
AP 1.2	stochastische Oberflächenstrukturierung (Strahlen)	01-12/2020		x	
AP 1.3 (a)	Probenfertigung (I)	09-10/2019	x		Rohteilfertigung
AP 1.3 (b)	Mikrostrukturierung durch USD	12/2019	x		
AP 1.3 (c)	Probenfertigung (II)	08/2020	x		höhere Stückzahl
AP 1.3 (d)	Mikrostrukturierung durch USD	09/2020	x		Einsatz neuer Werkzeuge
AP 1.3 (e)	erneute Bewertung des Schwingsystems inkl. Simulation des Schwingverhaltens	10-11/2020	x		außerplanmäßig zusammen mit Fa. DEVAD anhand der Versuchsergebnisse
AP 1.3 (f)	Probenfertigung (III)	12/2020	x		angepasste Ring-Geometrie
AP 1.3 (g)	Fertigung einer höheren Stückzahl an Proben mit Mikrostrukturen durch US-Drehen	02/2021	x		Mikrostrukturvariante(n) bilateral auf Basis der Ergebnisse aus AP 1.3 (c) festgelegt
AP 2.1	Hochtemperatur-Zwischenschichten	01-12/2020		x	
AP 2.2	HF-CVD-Diamantbeschichtung	01-12/2020		x	
AP 3.1 (a)	Anforderungsdefinition für zu glättende CVD-Diam.-Schichten	04/2020	x		
AP 3.1 (b)	Prozessauslegung zum Glätten	04-05/2020	x		
AP 3.1 (c)	Durchführung experimenteller Versuche mittels Schleifstiften und Polierpads	09-10/2020	x		
AP 3.1 (d)	Herstellung von Gegenkörpern	11-12/2020	x	x	Rohlinge durch FS 2 und Fa. Transceram, Endbearb. FS 1
AP 3.1 (e)	mechanisches Glätten	04/2020-12/2021	x		Nutzung der Gegenkörper aus AP 3.1 (d)
AP 3.2	Glätten mittels Laser	12/2022	x		
AP 4.1	tribometrische Untersuchungen geschmiert	01-12/2020		x	
AP 4.2	tribometrische Untersuchungen trocken	01-12/2020		x	
AP 4.3	tribometrische Untersuchungen unter erhöhten Lasten	09-11/2021	(x)		im Rahmen eines Unterauftrags an Fraunhofer IWU
AP 5.1	Gefüge- und Schichtanalytik	01-12/2020		x	
AP 5.2 (a)	Oberflächencharakterisierung	01-12/2020		x	
AP 5.2 (b)	Bewertung aller erzeugten Oberflächen sowie Verschleißanalyse	01/2020-12/2022	x		
AP 6.1	einsatzspezifische Modifizierung von Bauteilen d. Industriepartner	01-11/2020		x	nur (dünne) CVD-Diamantbeschichtung
AP 6.2	Test und Bewertung von Bauteilproben der Industriepartner	12/2020-12/2021		(x)	bei Industriepartner: Fa. Dickow
AP 7	Handlungsempfehlungen	12/2021	x	x	
-	Dokumentation etc.	-	x	x	nach Projektende