

# Schlussbericht

zu dem IGF-Vorhaben

**Prozessoptimierung innovativer CVD-SiC-Diamant-beschichteter Zerspanwerkzeuge auf Basis verbesserter Analyse-Methoden**

der Forschungsstelle(n)

1, Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST

2, Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb IWF TU Berlin

Das IGF-Vorhaben IGF-11/04, AIF-Nr. 451 ZN / 1 der Forschungsvereinigung Europäische Forschungsgesellschaft Dünne Schichten e.V. (EFDS) wurde über die



im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Energie

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Braunschweig, 15.02.2015

Ort, Datum

Dr. Jan Gäbler

Name und Unterschrift des/der Projektleiter(s)  
an der/den Forschungsstelle(n)

Fraunhofer Institut für Schicht-  
und Oberflächentechnik (IST)

Bienroder Weg 54 E • 38108 Braunschweig

Tel. (05 31) 21 55-0 • Fax (05 31) 21 55-9 00

# Schlussbericht

der Forschungsstelle(n)

- 1, Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST
- 2, Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb IWF TU Berlin

zu dem über die



im Rahmen des Programms zur  
Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF)

vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie  
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

geförderten Vorhaben **IGF-11/04, AIF-Nr. 451 ZN / 1**

**Prozessoptimierung innovativer CVD-SiC-Diamant-beschichteter Zerpanwerkzeuge auf  
Basis verbesserter Analyse-Methoden**

(Bewilligungszeitraum: 01.11.2012 - 31.10.2014)

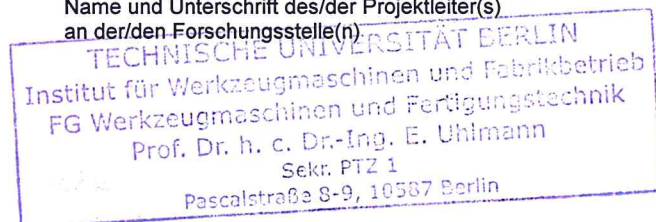
der AiF-Forschungsvereinigung

Europäische Forschungsgesellschaft Dünne Schichten e. V.

<sup>2015</sup>  
Berlin, 15.02.2014  
Ort, Datum

Prof. Dr. h. c. Dr.-Ing. Eckart Uhlmann

Name und Unterschrift des/der Projektleiter(s)  
an der/den Forschungsstelle(n)



Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Technologie

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

**Inhaltsverzeichnis**

<b>0</b>	<b>Formel- und Kurzzeichen .....</b>	<b>4</b>
<b>1</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Verwendete Werkzeuge und Werkstoffe .....</b>	<b>7</b>
2.1	Werkzeuge und Beschichtungssubstrate .....	7
2.2	Werkstoffe für die Anwendungstests .....	8
<b>3</b>	<b>Diamantbeschichtung mit SiC-Zwischenschichten .....</b>	<b>10</b>
3.1	SiC-Zwischenschichten .....	10
3.2	Diamantbeschichtung .....	11
<b>4</b>	<b>Analyseverfahren/Modellverschleißtests .....</b>	<b>13</b>
4.1	Sandstrahltests .....	13
4.2	Impact-Tests .....	15
4.2.1	<i>Impact-Tester am Fraunhofer IST und IWF der TU Berlin .....</i>	<i>16</i>
4.2.2	<i>Impact-Tests an nanokristallinen und mikrokristallinen Diamantschichten ohne SiC .....</i>	<i>18</i>
4.2.3	<i>Impact-Tests an nc-Diamantschichten auf unterschiedlich dicken SiC-Zwischenschichten .....</i>	<i>18</i>
4.2.4	<i>Impact-Tests am IWF, TU Berlin .....</i>	<i>20</i>
<b>5</b>	<b>Anwendungstests .....</b>	<b>22</b>
5.1	Kantenradien .....	22
5.2	Fräsversuche mit CFK .....	25
5.2.1	<i>Vorversuche mit unbeschichteten Fräsern .....</i>	<i>25</i>
5.2.2	<i>Vorversuche mit diamantbeschichteten Fräsern .....</i>	<i>26</i>
5.2.3	<i>Versuche mit Fräsern mit Diamantschicht der Firma Gühring als industrielle Referenz .....</i>	<i>28</i>
5.2.4	<i>Versuche mit diamantbeschichteten Fräsern mit SiC-Zwischenschicht .....</i>	<i>29</i>
5.2.5	<i>Versuche mit Diamant-SiC-Fräsern mit angepassten Vorbehandlungsparametern .....</i>	<i>30</i>
5.3	Fräsversuche mit GFK .....	33
<b>6</b>	<b>Übertragbarkeit ins industrielle Umfeld .....</b>	<b>34</b>
6.1	Beschichtung mit SiC-Zwischenschichten auf Schaftwerkzeugen .....	34
6.1.1	<i>Vorbehandlung von Schaftwerkzeugen .....</i>	<i>34</i>
6.1.2	<i>Ansätze zur Vermeidung von Cobaltsilizidbildungen .....</i>	<i>36</i>
6.2	Anwendung diamantbeschichteter Schaftwerkzeuge mit SiC-Zwischenschichten .....	37
<b>7</b>	<b>Wissenschaftlich-technischer und wirtschaftlicher Nutzen der erzielten Ergebnisse .....</b>	<b>38</b>
<b>8</b>	<b>Plan zum Ergebnistransfer in die Wirtschaft .....</b>	<b>39</b>

## 1 Zusammenfassung

Das Ziel dieses Vorhabens war es, den Beschichtungsprozess für neuartige, noch nicht industriell etablierte Siliziumcarbid-Diamant-Beschichtungen für Zerspanwerkzeuge zu erforschen. Das Verschleißverhalten und die Standmenge der beschichteten Werkzeuge sollten so weit gesteigert werden, dass sie in die industrielle Anwendung transferiert werden können. Mit diesen neuartigen Beschichtungen wird es möglich Hartmetallsubstrate ohne den aufwändigen Cobalt-Ätzschritt mit Diamant zu beschichten. Durch das Vermeiden des Ätzschrittes wird die Bruchfestigkeit des Werkzeugs erhöht, womit eine wesentliche Voraussetzung für den ökonomischen Einsatz diamantbeschichteter Werkzeuge in der Bearbeitung moderner Faserverbundwerkstoffe erfüllt werden kann.

Zum Erreichen des Forschungsziels wurden SiC-Diamantschichtsysteme mit unterschiedlichen Schichtdicken und Diamantschichtmorphologien auf Hartmetall-Testsubstraten untersucht. Zunächst wurden mit Hilfe der statistischen Versuchsplanung umfangreiche Versuchsserien zur Prüfung der Aussagesicherheit der verwendeten Charakterisierungsverfahren Sandstrahltest und Impacttest geplant. Die Probenserien wurden anschließend hergestellt, getestet und ausgewertet. Hierbei konnten die Testbedingungen beim etablierten Sandstrahltest ohne Anpassung von der reinen Diamantbeschichtung auf die SiC-Beschichtung übertragen werden. Kritisch zu bewerten sind die überproportionale Abhängigkeit des Sandstrahltests von der Diamantschichtdicke und die geringe Abhängigkeit von den Herstellungsparametern der SiC-Schicht. Im Gegensatz dazu zeigt der Impact-Test den Einfluss der SiC-Zwischenschichtdicke, die sich bei zunehmender Dicke in Schichtdelaminationen auswirkt, die deutlich über den Kontaktbereich Prüfkörper-Diamantschicht hinausgehen. Die Dicke der Diamantschicht hat dagegen beim Impact-Test eine wesentlich geringere Auswirkung als beim Sandstrahltest.

Das erfolgreich getestete Schichtsystem wurde anschließend von zweidimensionalen Substraten auf dreidimensionale Werkzeuge (Schafffräser) übertragen, um die industrielle Anwendbarkeit der erhaltenen Ergebnisse zu überprüfen. Hierzu wurde eine geeignete Vorbehandlung der Fräser mittels Sandstrahlen entwickelt. Für eine haftfeste Anbindung der SiC-Diamantschicht konnte auf eine Aufrauung des geschliffenen Werkzeugs nicht verzichtet werden. Um eine zu grobe Vorbehandlung mit starker Verrundung der Schneidkanten zu vermeiden, wurden die Sandstrahl-Vorbehandlungs-Parameter optimiert. Bei der Durchführung des Anwendungstests wurde die Nutzbarkeit und Leistungsfähigkeit der entwickelten SiC-Diamantbeschichtung auf Hartmetall-Fräsern gezeigt. Beim Fräsen von CFK- und GFK-Platten haben sich die SiC-Diamantschichten bewährt und je nach Vorbehandlungsvariante sogar die Standzeiten des Referenzfräasers (reine Diamantbeschichtung auf geätztem Hartmetall) übertroffen. Das Ziel des Vorhabens wurde somit erreicht.