

Schlussbericht

zu IGF-Vorhaben Nr. 18855 BG

Thema

Entwicklung von Werkzeugbeschichtungen für die Hochtemperatur-Umformung von Titanlegierungen in optimierten Gasatmosphären

Berichtszeitraum

01.10.2015 bis 31.03.2018

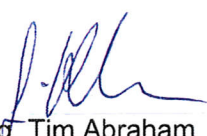
Forschungsvereinigung

Europäische Forschungsgesellschaft Dünne Schichten e.V.

Forschungseinrichtung(en)

- 1: Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik (IST)
- 2: Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik (IWU)

Braunschweig, 15. Juli 2018


Dipl. Wirt.-Ing. Tim Abraham

Chemnitz, 15. Juli 2018


Dipl.-Ing. Matthias Demmler

Ort, Datum

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

Gefördert durch:

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung des Forschungsvorhabens	3
2	Stand der Technik	4
2.1	Titan und dessen Anwendungsgebiete	4
2.2	Werkzeugverschleiß	5
2.3	Titanverarbeitung	7
2.4	Werkzeugwerkstoffe	8
2.5	Werkzeugbeschichtungen	9
3	Zielsetzung und Vorgehensweise	12
4	Werkstoffanalyse und Simulation	13
4.1	Mikrostrukturanalyse	14
4.2	Verzunderungsversuche	16
4.3	Materialcharakterisierung	22
4.4	Simulation eines IHU-Prozesses	27
5	Optimierung der Werkzeugoberfläche	29
5.1	Schichtabscheidung	29
5.2	Schichtcharakterisierung	31
5.3	Tribologische Schichtbewertung	34
5.4	Iterative Schichtoptimierung	45
6	Schichtbewertung in Anwendungsversuchen	50
6.1	Ringstauchversuche	50
6.2	Napfziehversuche	54
7	Ergebnistransfer auf industrielle Umformanlagen	57
8	Zusammenfassung der Ergebnisse	60
8.1	Einschätzung zur industriellen Umsetzbarkeit	62
8.2	Wissenschaftlich-technischer Nutzen der Ergebnisse für KMU	63
8.3	Projektbegleitender Ausschuss	64
8.4	Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit	64
8.5	Transfermaßnahmen	65
8.6	Verwendung der Zuwendungen	67
8.7	Einschätzung der Realisierbarkeit des vorgeschlagenen und aktualisierten Transferkonzepts	67
9	Literaturverzeichnis	68

1 Zusammenfassung des Forschungsvorhabens

Die herausragenden Eigenschaften des Titans als Konstruktionswerkstoff sind von hoher Relevanz für zahlreiche technische Anwendungen. Zu nennen sind hier vor allem das hervorragende Verhältnis aus Gewicht und Festigkeit, die gute Duktilität, die hohe thermische Belastbarkeit, Korrosionsbeständigkeit und Biokompatibilität.

Um kostengünstig dünnwandige Titanbauteile herstellen zu können, ist die Beherrschung der effizienten Umformtechnik entscheidend. Während sich viele Reintitanwerkstoffe noch kalt umformen lassen, lassen sich höherfesten Titanlegierungen in der Regel nur warm umformen, wobei Temperaturen bis 950°C und die Verwendung einer Schutzgasatmosphäre erforderlich sein können. Dies stellt besondere Anforderungen an die Einseigenschaften der Werkzeuge, insbesondere an die tribologischen Eigenschaften der Werkzeugoberfläche (Reibungs- und Verschleißverhalten). Ein zielführender Lösungsansatz, um die tribologischen Eigenschaften und damit die Wirtschaftlichkeit der Umformprozesse zu verbessern, ist die Verwendung geeigneter Werkzeugwerkstoffe und -beschichtungen.

In dem Projekt wurden wichtige Grundlagen gelegt, um eine kostengünstige Herstellung von Blechformteilen aus Titanwerkstoffen im Temperaturbereich von 700°C bis 950°C zu ermöglichen. Dazu wurden zwei Beispielanwendungen aus den Bereichen Automotive (Abgaskrümmen) und Medizintechnik (Dentalwerkzeug) betrachtet.

Aufbauend auf einer detaillierten Charakterisierung der verwendeten Titanlegierungen (Mikrostruktur, Verzunderungsverhalten, mechanische Eigenschaften) wurden Materialmodelle zur Simulation von temperierten IHU-Prozessen erstellt und mit Realteilversuchen abgeglichen.

Zur Optimierung der tribologischen Eigenschaften der Werkzeugoberfläche wurden Schichten auf Basis von Wolframkarbid (WC) mit Zusätzen von Co, Cr, Mo, V, Si in unterschiedlichen Zusammensetzungen mit PVD-Verfahren auf Nickelbasiswerkstoffen abgeschieden, hinsichtlich ihrer tribologischen Eigenschaften in Modellversuchen bewertet und iterativ optimiert.

In Ringstauchversuchen bei 750°C und 950°C konnte durch die besten Schichtvarianten auf Basis von WC-CrC eine vergleichbare Trennwirkung wie bei einer hBN-Schmierung erzielt werden. Voraussetzung dafür ist, dass genügend Restsauerstoff für die Bildung einer dünnen Oxidschicht auf der Schichtoberfläche vorhanden ist.

Industrierversuchen bei der Herstellung von Dentalwerkzeugen durch superplastische Umformung bestätigten die guten tribologischen Eigenschaften des entwickelten Schichtsystems.

Die Umsetzung der Forschungsergebnisse ermöglicht die Hochtemperaturumformung von Titanlegierungen mit einer signifikant verringerten Ausschussrate. Durch die gezielte Modifikation von Werkzeugbeschichtungen auf Basis von Wolframkarbid in Abhängigkeit von der Umformtemperatur und der Schutzgasqualität ist es möglich die Forschungsergebnisse einfach und kosteneffizient in die Industrie zu übertragen.

Das Projektziel wurde erreicht.