OTTO-VON-GUERICKE-UNIVERSITÄT MAGDEBURG
Fakultät für Maschinenbau
Institut für Werkstoff- und Fügetechnik / Lehrstuhl Fügetechnik

Statusbericht zur FA 2-Sitzung am 30.10.2008 zum AiF-Forschungsprojekt:

Untersuchung des Einflusses der Morphologie der Wolframcarbide auf die Eigenschaften von Verschleißschichten am Beispiel des Plasmapulverauftragschweißens

AiF-Vorhaben-Nr.: 15.232 B
DVS-Nr.: 2.043
Laufzeit: 01.06.2007 – 31.05.2009
Berichtsdatum: 01.02.2008 – 30.09.2008

1 Forschungsziel

Zum Auftragschweißen werden heute verschiedene Wolframcarbidarten angeboten. In Abhängigkeit von der Art ihrer Herstellung weisen die Wolframcarbide unterschiedliche Eigenschaften und Qualitäten auf. Die Bedeutung der Form, der Größe und des Typs der Wolframcarbide für die Qualität von Verschleißschutzschichten wurde in der Literatur vielfach dargestellt. Im Gegensatz dazu wurde bisher der Einfluss der Herstellungsqualität (Mikrostruktur), der Härte, der Reinheit (chemische Zusammensetzung) und des Kohlenstoffgehalts der Wolframcarbide auf die Verschleißbeständigkeit der Beschichtungen nur wenig untersucht.
Mit den Untersuchungen zum Einfluss der Morphologie der Wolframcarbide auf die Eigenschaften von hartstoffverstärkten Beschichtungen sollen zwei wesentliche Zielstellungen erreicht werden. Es ist einerseits ein Konzept für eine eindeutige Klassifizierung der wichtigsten Wolframcarbide (Wolframschmelzcarbid: WSC und Wolframmonocarbid: WC) nach morphologischen Gesichtspunkten wie Zusammensetzung, Mikrostruktur, Form, Korngrößenverteilung und Härte zu erarbeiten, das dem Hersteller und Anwender von Wolframcarbiden die Möglichkeit einer besseren Abstufung innerhalb der handelsüblichen Qualitäten gibt und ihm damit die gezielte Auswahl der Wolframcarbide ermöglicht. Andererseits soll der Zusammenhang zwischen der Mikrostruktur dieser Carbide im Ausgangszustand sowie der Qualität und den Eigenschaften der Verschleißschichten am Beispiel des PPA-Schweißens untersucht und aufgezeigt werden.

2 Forschungsergebnisse

Im oben genannten Berichtszeitraum wurden folgende Arbeitsschwerpunkte ausgeführt:
- Erarbeitung eines Konzeptes für die Klassifizierung der Wolframcarbide nach morphologischen Gesichtspunkten
- Entwicklung einer Software zur Erhöhung der Anwendungs- und Bedienerfreundlichkeit der Linienschnittmethode zur Bestimmung der Fiedrigkeit von blockigen WSC-Pulverteilchen
- Prozessparameteroptimierung für das PPA-Schweißen mit hartstoffhaltigen Pulverlegierungen
- Schweißversuche mit unterschiedlichen Wolframcarbiden und Beginn der Auswertung der hergestellten hartstoffhaltigen Beschichtungen.

Gemäß dem Arbeitsplan wurde ein Konzept für die Klassifizierung der Wolframcarbide erarbeitet. In diesem erfolgt die Klassifizierung hinsichtlich geometrischer Carbidmerkmale und hinsichtlich der Mikrostruktur der Wolframcarbide im homogenisierten Ausgangszustand. Die Klassifizierung der geometrischen Merkmale der Wolframcarbide erfolgte durch eine lichtmikroskopische Bewertung der Form, Gestalt und Größe von 400 Wolframcarbidteilchen je Ausgangspulver mit Hilfe der Bildanalysesoftware ImageJ. Dabei wurden die Carbidfläche

A und der Kreisformfaktor f_c dieser Wolframcarbidteilchen bestimmt. Die Ergebnisse sind im Bild 1 aufgeführt. Bild 2 zeigt einen Zusammenhang zwischen der Fülldichte, der Fließdauer und dem mittleren Kreisformfaktor der untersuchten Wolframcarbidpulver. Die blockigen WC-Teilchen zeigen eine mittlere Carbidgröße und Rundheit, die mit denen der blockigen WSC-Teilchen vergleichbar ist. Die kugeligen WSC-Teilchen des Pulvers BII-1 weisen dagegen im gleichen Korngrößenbereich eine deutlich geringere mittlere Carbidfläche als die blockigen Wolframcarbidpulver auf. Mit zunehmender Rundheit (Anstieg von f_c) der Wolframcarbide verringert sich deren Fließdauer und erhöht sich deren Fülldichte.

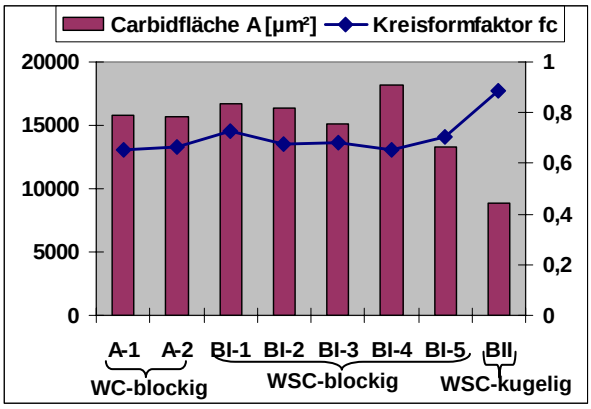

Bild 1: Mittelwerte der Carbidfläche A und des Kreisformfaktors f_c der untersuchten der Wolframcarbide

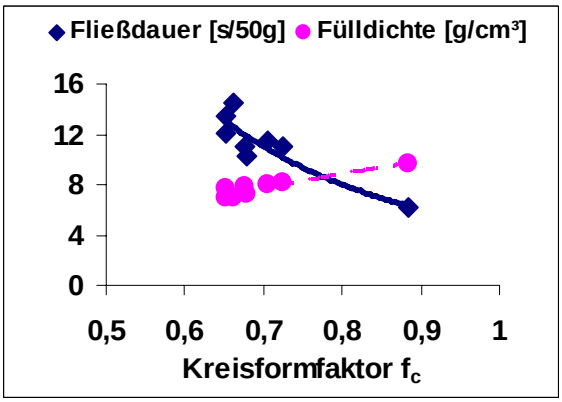

Bild 2: Abhängigkeiten der Fließdauer und der Fülldichte von der Rundheit WC-Pulver im homogenisierten Ausgangszustand

Die mikrostrukturelle Klassifizierung der blockigen Wolframschmelzcarbide erfolgte durch eine Einteilung des Fiedrigkeitsparameters P_{Gesamt} in 6 Fiedrigkeitskategorien (Tabelle 1). Eine Aussage zur mikrostrukturellen Feinheit des gesamten WSC-Pulvers liefert der sog. Pulverqualitätsindex. Dieser wird als Q-Index bezeichnet und ist wie folgt definiert:

$$Q - Index = \sum \frac{i \cdot n_i}{n} \quad mit\ i = 1...6$$

Der Carbidindex i verdeutlicht eine programminterne Zuordnung der jeweiligen Fiedrigkeitskategorie. Die Bezeichnung n_i steht für die Carbidanzahl in der jeweiligen Fiedrigkeitskategorie (6 - sehr fein, 1 - sehr grob). Der Wert n zeigt die (auszuwertende) Carbidgesamtanzahl, welche aus Vorversuchen auf 200 festgelegt wurde.

Tabelle 1: Einteilung des Fiedrigkeitsparameters P_{Gesamt} in 6 Qualitätskategorien

P_{Gesamt} [1/µm²]	≥ 1,200	1,199-1,000	0,999-0,800	0,799-0,600	0,599-0,300	0,299-0,000
Fiedrigkeitskategorie	sehr fein	fein	mittelfein	mittelgrob	grob	sehr grob
Pulvergüte der Hersteller	A				B	

Bild 3 veranschaulicht die Häufigkeit der einzelnen Fiedrigkeitskategorien in den WSC-Pulvern. Die Fiedrigkeitskategorien wurden in Abstimmung mit dem projektbegleitenden Ausschuss festgelegt. Je WSC-Pulver wurde der Fiedrigkeitsparameter P_{Gesamt} von 200 WSC-Teilchen mittels einer neu entwickelten Mess- und Auswertesoftware bestimmt (Bild 4).

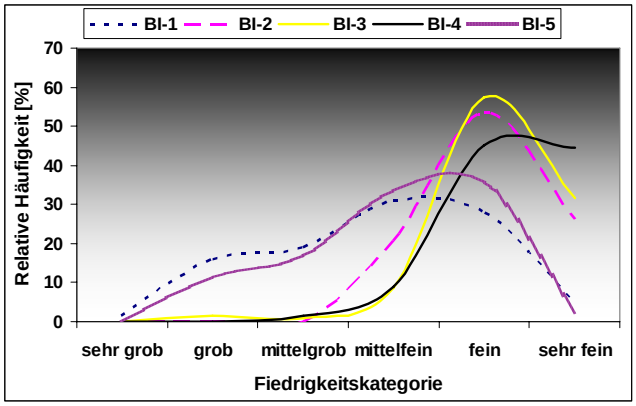

Bild 3: Carbidanteile der blockigen WSC-Pulver in den 6 Fiedrigkeitskategorien

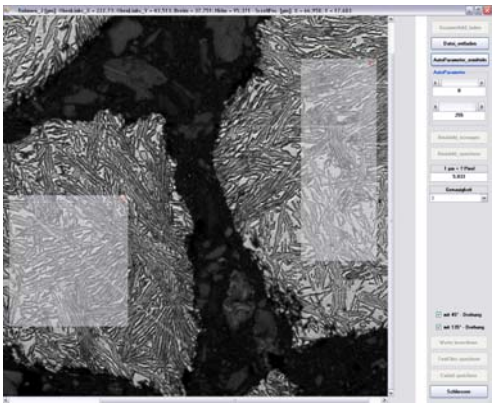

Bild 4: Screenshot der Oberfläche zur Messwertbestimmung in der Mess- und Auswertesoftware

Zur Beurteilung der WSC-Pulverqualität im Hinblick auf die mikrostrukturelle Feinheit der Carbidphasen wurde anschließend der Pulverqualitätsindex (Bild 5) für die untersuchten blockigen WSC-Pulver ermittelt.

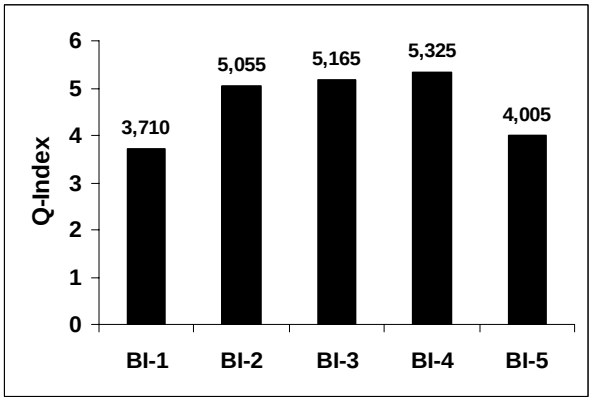

Bild 5: Pulverqualitätsindex der blockigen WSC-Pulver

In einem nächsten Arbeitsschritt erfolgte die Entwicklung einer Software, um die Anwendungs- und Bedienerfreundlichkeit der Messmethode zur Bestimmung der Fiedrigkeit blockiger WSC-Pulverteilchen zu erhöhen. Dieses Programm wurde in einem Unternehmen des PBA vorgestellt und für eine objektivere Beurteilung der Mikrostruktur dieser Teilchenart als geeignet befunden.

Für die Erzielung aufmischungsarmer und bindefehlerfreier Beschichtungen mit gleichmäßiger Carbidverteilung und geringer Carbidauflösung sind zunächst optimale Schweißparameter für die in Abstimmung mit dem PBA ausgewählten wolframcarbidhaltigen Pulverlegierungen ermittelt worden. Mit diesen Schweißparametern erfolgten anschließend die Hauptschweißversuche zur Herstellung der hartstoffhaltigen Beschichtungen. Entsprechend der Festlegung mit den Mitgliedern des PBA sollten unabhängig vom Pulvergemisch alle Schweißungen mit gleichen Parametern ausgeführt werden, um den Einfluss variierter Schweißparameter auf die Ergebnisse der nachfolgenden Untersuchungen auszuschließen. Es zeigte sich jedoch, dass die Pulver aufgrund ihrer spezifischen Eigenschaften teilweise ein unterschiedliches Schweißverhalten aufwiesen und sich das Schmelzbad unter Verwendung des blockigen WC und des kugeligen WSC gegenüber den Pulvergemischen aus dem blockigen WSC nicht optimal ausbildete. Die Schweißstromstärke wurde deshalb für diese Pulvergemische im Bereich von +/- 5 A variiert, während alle anderen Schweißparameter konstant blieben. Alle Beschichtungen sind als zweilagige Auftragschweißungen mit einer Dicke von ca. 6 mm auf unlegiertem Stahl gemäß Bild 6 gefertigt worden.

Für die Schweißversuche gelangten nachstehend aufgeführte Pulvergemische bestehend aus der NiBSi-Matrixlegierung und den W-Carbiden zum Einsatz:

1. NiBSi-Matrixlegierung + blockiges Wolframmonocarbid
2. NiBSi-Matrixlegierung + blockiges Wolframschmelzcarbid
3. NiBSi-Matrixlegierung + kugeliges Wolframschmelzcarbid
4. NiBSi-Matrixlegierung + Mischung aus blockigen und kugeligen WSC.

Alle Pulvergemische bestanden aus 40 % Matrixlegierung und 60 % W-Carbidpulver. Bei dem Pulvergemisch unter Punkt 4 wurde als W-Carbidpulver eine Kombination aus blockigen und kugeligen Wolframschmelzcarbiden eingesetzt. Diese WSC-Mischung hatte eine Zusammensetzung aus 60 % blockigem WSC und 40 % kugeligem WSC.

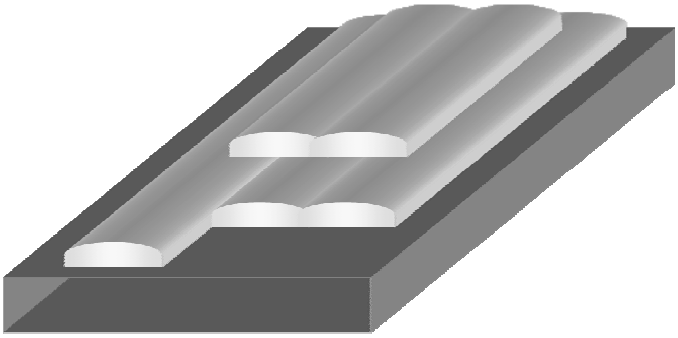

Bild 6: Skizze zur Verdeutlichung des Aufbaus der PPA-Schweißungen

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt erfolgt die Auswertung der Hauptschweißversuche unter metallurgischen und technologischen Gesichtspunkten.

3 Ausblick auf die geplanten Arbeiten

Als weitere Arbeitsschritte des Forschungsprojektes sind zu realisieren:

- Abschluss der Auswertung der hergestellten hartstoffhaltigen Beschichtungen durch licht- und elektronenmikroskopische Untersuchungen sowie Härtemessungen
- Durchführung und Auswertung der Verschleißversuche.

4 Sitzungen des Projektbegleitenden Ausschusses

Die bereits erfolgten und geplanten Sitzungen des PBA sind in der Tabelle 2 zusammengestellt.

Tabelle 2: Angaben zu den Sitzungen des PBA

Sitzung	**Ort**	**Datum**
1. Sitzung	Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg	18.06.2007
2. Sitzung	SLV Duisburg	30.10.2007
3. Sitzung	TU Chemnitz	05.03.2008
4. Sitzung	DVS Düsseldorf	29.10.2008

5 Durchführende Forschungsstelle

Institut für Werkstoff- und Fügetechnik / Lehrstuhl Fügetechnik (IWF/FT)
Universitätsplatz 2
39106 Magdeburg
Tel.: 0391 / 67-18613
Fax: 0391 / 67-12037
E-Mail: iwf@uni-magdeburg.de

Kommissarische Leiterin der Forschungsstelle:
Frau Prof. Dr.-Ing. I. Martinek

Projektleiterin:
Frau Dr.-Ing. A. Hübner

Projektbearbeiter:
Dipl.-Ing. A. Böbe
Dipl.-Ing. E. Schirinow