Entwicklung von hochharten, amorphen und wasserstofffreien ta-C-DLC-Schichtsystemen für stark abrasive Beanspruchungen

Motivation und Zielstellung

Tetraedrisch amorphe wasserstofffreie DLC-(ta-C) Schichten zeichnen sich gegenüber herkömmlichen DLC-Beschichtungen auf Grund ihrer tetraedrischen Struktur durch eine höhere Härte und eine bessere chemische Beständigkeit aus. In Verbindung mit einer niedrigen Reibung und einer chemischen Inertheit eignen sich ta-C-Schichten für reibungs- und verschleißintensive Anwendungen, wie z.B. zur Zerspanung oder Umformung von Aluminiumlegierungen oder auch zur Bearbeitung von CFK- und GFK-Materialien.

Im Rahmen des Projektes wurden „ta-C" DLC- Schichten entwickelt, die sich mit einer hohen Schichtqualität erzeugen lassen und dabei kostengünstiger abgeschieden werden können als vergleichbare ta-C-Schichtsysteme. Schwerpunkte der Schichtentwicklung waren dabei neben der prozesssicheren Schichtabscheidung die Verbesserung der ungünstigen Haftungseigenschaften durch Einsatz entsprechender Vorbehandlungsprozeduren und Haftvermittlerschichtsysteme. Ebenso wurde die Eignung der ta-C-Schichten bei der Zerspanung von Aluminiumlegierungen dokumentiert.

Ergebnisse

Im Rahmen von verschiedenen Untersuchungen wurden optimale Prozesskenngrößen hinsichtlich Haftfestigkeit, Reibung, Härte, Verschleiß und Schichtstruktur ermittelt. Auf der Grundlage dieser Ergebnisse erfolgte die Modifizierung der Beschichtungsprozedur, um ta-C-DLC-Schichten mittels arc-PVD-Prozess unter Nutzung einer Graphitkathode und eines speziellen Filtermoduls abscheiden zu können. Zur Abscheidung wurden entwickelte Komponenten in eine kommerziell erhältliche Beschichtungsanlage integriert.

Im Ergebnis wurde herausgearbeitet, dass die ta-C-Schichtdicke max. 1μm betragen und als Grundwerkstoff Hartmetalle eingesetzt werden sollten. Neben der deutlich höheren Härte (>80 GPa) zeichnet sich die ta-C-Schicht auch durch einen wesentlich geringeren Reibwert (ca. 0,04) gegenüber DLC- Schichten früherer Generationen und anderen Hartstoffschichten aus (Bild 1).

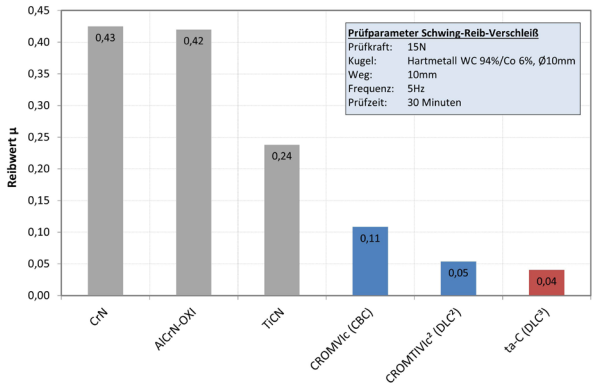

Bild 1: Mittlerer Reibwert der ta-C-Schicht im Vergleich mit verschiedenen DLC-Varianten und Standard-Hartstoffschichten im Schwing-Reib-Verschleiß

Zur Untersuchung des Verschleiß- und Einsatzverhaltens der ta-C-Schichten wurden beschichtete Schaftfräser in Fräsversuchen zum Planfräsen von Al-Legierungen AlMg4,5Mn (weich) bzw. AlSi10Mg (abrasiv) getestet. Exemplarisch ist in Bild 2 der adhäsive Verschleiß (Materialaufklebungen) nach dem Planfräsen in eine weiche Aluminiumlegierung (Bearbeitungsparameter v_c= 250 m/min, f_z= 0,16 mm, a_p= 5 mm, a_e= 3 mm) dargestellt.

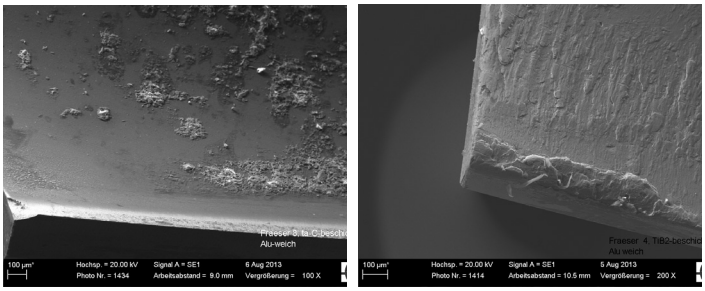

Bild 2: Fräsen von AlMg4,5Mn: geringere Materialaufklebungen am ta-C beschichteten (links) sowie größere Aufklebungen am TiB_2 beschichteten Fräser (rechts) nach einem Fräsweg von 306 m

Hierbei zeigt sich nach einem Fräsweg von 306 m bei der ta-C-Schicht ein geringerer adhäsiver Verschleiß im Spanraum (geringere Materialaufklebungen) gegenüber einem TiB_2-beschichteten Schaftfräser.

Das Planfräsen in die Legierung AlSi10Mg wurde durchgeführt, um die Abrasionsbeständigkeit beurteilen zu können. Bei den genutzten Zerspanparametern (v_c= 250 m/min, f_z= 0,16 mm, a_p= 5 mm, a_e= 3 mm) erfolgte die Zerspanung bis zum Auftreten massiver Ausbrüche an der Schneidkante bei einem Fräsweg von 210 m. Zwischen den Schichtvarianten bestehen nur geringfügige Unterschiede hinsichtlich der Größe und der Verteilung der Ausbrüche, wobei im Vergleich bspw. zu TiB_2 die ta-C beschichteten Fräser eine vergleichbare bzw. leicht verbesserte Schneidkantenstabilität aufweisen (Bild 3). Das zeigt, dass die ta-C-Schicht für die Zerspanung abrasiver Aluminiumlegierungen sehr gut geeignet ist.

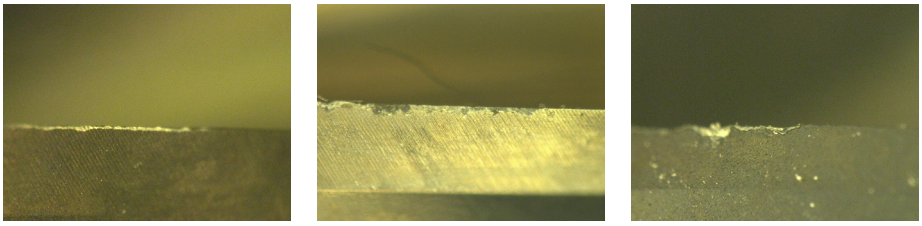

Bild 3: Verschleiß an einem ta-C-beschichteten (links), einem TiB_2 beschichteten (Mitte) sowie einem CVD-Diamant beschichteten Schaftfräser (rechts) nach einem Fräsweg von 210m

Gefördert durch:
Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

GFE - Gesellschaft für Fertigungstechnik und Entwicklung Schmalkalden e.V.
Näherstiller Str. 10 • 98574 Schmalkalden
Tel.: +49 3683 6900-81 • Fax: +49 3683 6900-16 • e-mail: h.michel@gfe-net.de

Ansprechpartner GFE:
Dipl.-Ing. Hagen Michel
Dr.-Ing. Heiko Frank