

HIPIMS-ARC-ABSCHIEDUNG VON ta-C-SCHICHTEN

Diamantähnliche Kohlenstoffschichten (diamond-like carbon, DLC) tragen in einer Vielzahl von Anwendungen wesentlich zur Reibungsminimierung bei. Speziell im Bereich Mobilität kann durch den Einsatz von DLC-Schichten der Kraftstoffverbrauch und damit auch der CO₂-Ausstoß reduziert werden. Vor allem die wasserstofffreien harten DLC-Schichten, sogenannte ta-C-Schichten, sind dafür sehr beliebt. Zurzeit werden diese Schichten nahezu ausschließlich mittels Lichtbogen-Verdampfen, sogenannten Arc-Verfahren hergestellt. Am Fraunhofer IST wird an einer alternativen Herstellungsmethode gearbeitet: der kombinierten HIPIMS-Arc-Abscheidung.

Der herkömmliche Arc-Prozess

Bei der herkömmlichen Variante des Arc-Verfahrens wird das Ausgangsmaterial Kohlenstoff ionisiert. Die zusätzliche Energie der Ionen sorgt für wesentlich höhere Härten der entstehenden Schichten. Allerdings werden aufgrund der verwendeten Prozesse auch Tröpfchen und Defekte erzeugt, die zu rauen Oberflächen führen und dadurch eine kostenintensive Nachbearbeitung der Oberfläche erforderlich machen. Alternativ können auch gefilterte Arc-Verfahren eingesetzt werden, die zwar weniger Schichtdefekte hervorrufen, aber auch eine deutlich geringere Abscheiderate als die ungefilterten Verfahren besitzen.

Erzeugung von Kohlenstoffionen zur Herstellung glatter superharter Schichten

Eine defektärmere Alternative zum Arc-Verfahren stellt das Hochleistungs-Impuls Magnetronspütern (High Power Impulse Magnetron Sputtering, HIPIMS) dar. Bereits 2010 [M. Lattmann et al. Diam. Rel. Mat. 20 (2010) 68-74] wurde eine neue Variante des hochionisierten Verfahrens vorgestellt, bei dem die HIPIMS-Entladung gezielt in eine Bogenentladung überführt wird. In einer Publikation aus 2015 [R. Ganesan et al. J. Appl. Phys. 48 (2015) 442001] wird für Laborquellen, einem Rundtarget mit 7,5 cm Durchmesser, ein Anteil

diamantartiger Bindungen, der sogenannte sp³-Anteil von über 80 Prozent und potenziell hohe Härten berichtet. Ziel der Arbeiten am Fraunhofer IST war es, einen HIPIMS-Arc-Prozess auf einer industriellen Anlage mit Kathoden mit 600 cm² Targetfläche und einer Länge von etwa 0,5 m zu realisieren (vgl. Abbildung 1).

Reproduzierbare Einstellung des Arc-Übergangs bei der HIPIMS-Abscheidung

Für den HIPIMS-Arc-Prozess wurde am Fraunhofer IST ein HIPIMS-Generator mit einem Spitzenstrom von 2000 A eingesetzt. Es konnten erfolgreich Arbeitspunkte definiert werden, bei denen die kontinuierliche HIPIMS-Entladung reproduzierbar in eine Bogenentladung überführt wird. Dabei sind vor allem die Pulslänge, der gewählte Arbeitsdruck und die Ladespannung des Generators von Bedeutung. Die angefertigten optischen Emissionsspektren beweisen, dass in den Arc-Ereignissen Kohlenstoffionen erzeugt werden, die das Schichtwachstum nachhaltig beeinflussen (vgl. nebenstehende Grafik).

Abscheidung von ta-C Schichten

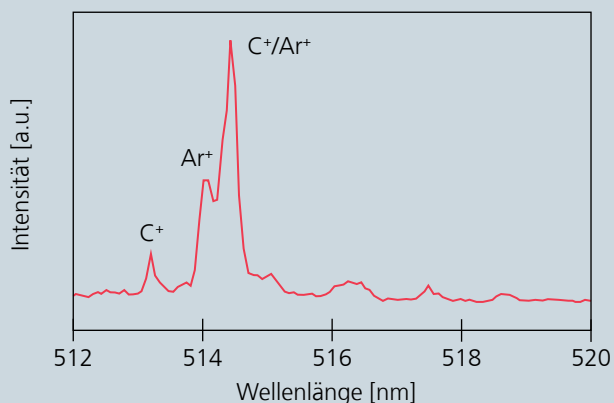
Nach der Evaluierung der Randbedingungen für die gezielte Überführung der Entladung in einen Arc und dem Nachweis

der Existenz von Kohlenstoffionen wurden Schichten für die mechanische Charakterisierung abgeschieden. Im Rahmen der Versuche konnten Schichten mit einer Dicke von bis zu 2 μm hergestellt werden. Diese wiesen Härten bis zu 3500 HV auf (vgl. Abbildung 2). Im Vergleich zu Arc-Schichten konnte die Defektdichte und die Größe der Defekte deutlich reduziert werden.

Ausblick

Aktuelle Arbeiten betreffen die Optimierung des Beschichtungsprozesses. Defekte sollen weiter reduziert bzw. vollständig eliminiert und die Härte gesteigert werden. Speziell für Bauteile, die nicht nachträglich bearbeitet werden können, bietet das Verfahren bereits jetzt eine attraktive Alternative für eine Beschichtung mit glatten ta-C Schichten.

Zeitlich integriertes optisches Emissionsspektrum mit Kohlenstoff-Ionen Emissionslinien des ionisierten Kohlenstoffs und Argons.



1 Arc-Ereignis während der HIPIMS-Entladung.

2 Rasterelektronenmikroskop-Aufnahme der Bruchkante einer ta-C Schicht mit einer Härte von 3500 HV.

KONTAKT

Dr. Ralf Bandorf
Telefon +49 531 2155-602
ralf.bandorf@ist.fraunhofer.de