

LASER MAGAZIN

LASERTECHNIK · ADDITIVE FERTIGUNG · NANOTECHNOLOGIE · WERKSTOFFE

MIT FACHTEIL **PHOTONIK**



Superharte und spannungsfreie ta-C-Schichten für den Verschleißschutz Aus dem Labor in die Praxis

Hagen Grüttner, Steffen Weißmantel

In vielen Zweigen der Industrie werden hochverschleißfeste Beschichtungen benötigt, um Werkzeuge und Komponenten zu schützen und somit die Standzeiten deutlich zu erhöhen. Oftmals gilt: „Je härter das Werkzeug ist, desto besser ist es.“

Die Forschungsgruppe **Laserpulsabscheidung dünner Schichten & Lasermikrostrukturierung** von Prof. Steffen Weißmantel forscht seit über 20 Jahren am Laserinstitut Hochschule Mittweida an der Erzeugung extrem harter ta-C (tetrahedral amorphous Carbon) -Schichten für den industriellen Einsatz.

Die ta-C-Schichten gehören zur Gruppe der DLC (Diamond Like Carbon) -Schichten. DLC stellt gemäß VDI-Richtlinie 2840 einen Sammelbegriff für eine ganze Gruppe von Kohlenstoffschichten dar, welche mit unterschiedlichen Verfahren hergestellt werden, unterschiedliche Zusammensetzungen sowie Eigenschaften und lediglich einen gewissen Diamantbindungsanteil aufweisen. Dementsprechend kann man DLC-Schichten nur miteinander vergleichen, indem man die vertreter-spezifischen Eigenschaften, insbesondere den Diamant-Bindungsanteil beachtet. Bisheriges Hemmnis für die Anwendung der ta-C-Schichten, welche die mit Abstand härtesten Vertreter der DLC-Schichten mit dem größten Diamantbindungsanteil (bis zu 85 %) repräsentieren, ist die Tatsache, dass diese Schichten infolge der speziellen Abscheidebedingungen während ihrer Erzeugung sehr hohe innere Spannungen (bis zu 12 GPa) entwickeln. Diese führen dazu, dass die Schichten substratabhängig schon bei einer Dicke von wenigen 100 nm selbständig delaminieren bzw. generell instabil sind. Aus diesem Grund konnten diese Schichten bis heute nicht in industrierelevanten Dicken erzeugt werden.

Seit den 90er Jahren wurde intensiv daran geforscht, das Problem der inneren Spannungen zu lösen, um die Schichten in die Anwendung bringen zu können. Mittels Laserpulsabscheidung (Pulsed Laser Deposition – PLD) in Kombination mit einem am Laserinstitut Hochschule Mittweida entwickelten und patentierten Verfahren zum Laserpulstempeln ist es erstmals möglich, stabile ta-C-Schichten mit maximaler Härte spannungsfrei und somit in beliebiger Dicke zu erzeugen. Diese Schichten weisen somit ein absolutes Alleinstellungsmerkmal auf, welches von großem industriellem Interesse ist, da entsprechende Schichten insbesondere bei Verschleißschutzanwendungen einen signifikanten Vorteil mit sich bringen. Abbildung 1 zeigt eine schematische Darstellung des Herstellungsprozesses.

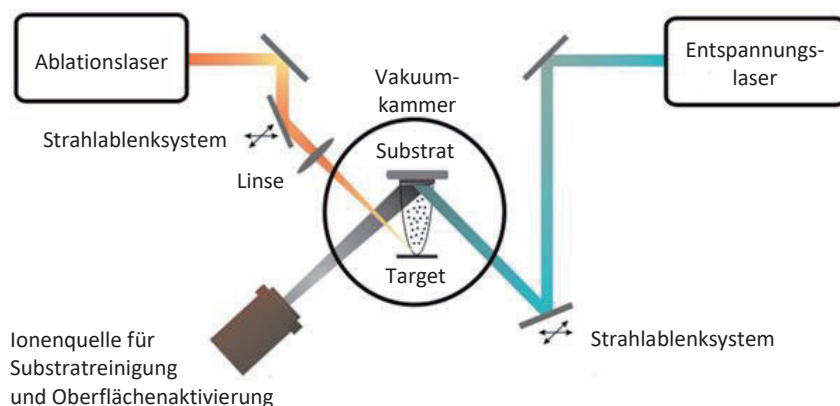


Abb. 1: Schematische Darstellung des kombinierten Abscheidungs- und Entspannungsprozesses.

Im ersten Schritt wird ein Laserstrahl (Ablationslaser) auf das Target (Quelle für die schichtbildenden Teilchen) fokussiert und erzeugt so einen Teilchenstrom der sich in Richtung des zu beschichtenden Objektes (Substrat) bewegt und so die Schicht bildet. Unabhängig vom Herstellungsverfahren müssen ta-C-Schichten immer in einem Vakuumprozess abgeschieden werden und weisen bei einer Zielhärte von 60 GPa und mehr zunehmend entsprechend hohe kompressive Spannungen (bis zu 12 GPa) auf. Nur mit entsprechenden Gegenmaßnahmen ist es möglich, solche Schichten in industrierelevanten Dicken zu erzeugen, ohne dass diese vor Erreichen der Ziel-Schichtdicke selbständig delaminieren.

Das am Laserinstitut Hochschule Mittweida entwickelte Verfahren zur Schichtentspannung, welches zwingend notwendig ist, um die ta-C-Schichten mit maximaler Härte und in beliebiger Dicke zu erzeugen, besteht darin, dass die Schichten alternierend mit einer Dicke von ca. 100 nm abgeschieden und anschließend durch Laserbestrahlung (Entspannungslaser) getempert werden. Dies führt zu einer nahezu vollständigen Entspannung der einzelnen Subschichten. Dieser alternierende Prozess kann beliebig oft wiederholt werden, wodurch beliebig dicke und spannungsfreie ta-C-Schichten mit maximaler Härte erzeugt sind.

Bei optimalen Abscheidungsparametern sind Härten von bis zu 70 GPa (vgl. Diamant: $H = 100$ GPa) realisierbar, wodurch die Beschichtungen äußerst widerstandsfähig gegen Verschleiß sind. Aufgrund der geringen Oberflächenrauheit von $R_a < 0,1 \mu\text{m}$ sind diese Schichten zudem auch für Anwendungen prädestiniert, bei denen möglichst geringe Reibkräfte angestrebt werden. Die niedrigen Temperaturen während der Schichterzeugung (< 90 °C) ermöglichen es neben unterschiedlichen Metallen und Legierungen auch temperaturempfindliche Materialien zu beschichten. Es können Schichtdicken von wenigen Nanometern bis zu einigen $10 \mu\text{m}$ erzeugt werden, wobei die resultierende Schichthärte anhand der Laserparameter zwischen 25 und 70 GPa quasi frei wählbar ist. Dies macht es möglich material- und anwendungsspezifische Schichtdesigns umzusetzen, welche genau auf den entsprechenden Anwendungsfall zugeschnitten sind.

Die besonderen Eigenschaften der am Laserinstitut Hochschule Mittweida entwickelten ta-C-Schichten sind:

- höchste Verschleißresistenz durch extreme Härte
- deutliche Standzeiterhöhung gegenüber konventionellen Verschleißschutzschichten
- erhebliche Reduktion von Fertigungskosten im Einsatz
- Steigerung der Fertigungsqualität und Prozesssicherheit
- Verbesserung der Energieeffizienz durch geringe Reibung
- Reduktion von Schmiermitteln möglich
- kein Verzug oder Härteabfall bei temperaturempfindlichen Materialien
- keine Nachbehandlung der Beschichtungen notwendig
- hervorragende Biokompatibilität
- ausgezeichnete chemische Resistenz gegen aggressive Medien
- individuelle Einstellung der elektrischen oder biochemischen Schichteigenschaften möglich
- breitbandig einsetzbar auf unterschiedlichsten Materialien
- individuelles Schichtdesign je nach Anforderungen



Abb. 2: ta-C-beschichteter Bohrer für die CFK-Bearbeitung.

Aufgrund des großen Innovationspotentials und dem steigenden Interesse seitens unterschiedlicher Industriezweige entstand im Jahr 2019 die Idee, diese Schichten kommerziell verfügbar zu machen. Seit März 2020 wird die Firmenausgründung aus dem Laserinstitut Hochschule Mittweida über einen EXIST-Forschungstransfer gefördert und am 17.03.2021 wurde die ANTACON GmbH gegründet, welche die superharten und spannungsfreien ta-C-Schichten zukünftig auf dem Markt zur Verfügung stellt und somit in die Anwendung bringt.

Das Gründer-Team, bestehend aus drei Ingenieuren und einem Betriebswirtschaftler, verfügt bereits über die notwendige Anlagentechnik, um Kleinserien, Muster und Prototypen zu erzeugen und ist momentan auf der Suche nach interessierten Kunden, Kooperationspartnern und Investoren. Weitere Informationen finden Sie auf: www.antacon.de



Kontakt: Hagen Grüttner, M.Sc.
Laserinstitut Hochschule Mittweida
Technikumplatz 17 | 09648 Mittweida
Tel.: +49 3727 / 58-1334
E-Mail: hagen.gruettner@hs-mittweida.de
Web: www.laser.hs-mittweida.de

Das Projekt ANTACON wird im Rahmen des Programms EXIST-Forschungstransfer durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie und den Europäischen Sozialfonds gefördert.

Gefördert durch:

