

Auszug aus dem Jahresbericht 2019  
Zur aktuellen Website: [www.ist.fraunhofer.de](http://www.ist.fraunhofer.de)

## RANDSCHICHTBEHANDLUNG VON HOCHTEMPERATURWERKSTOFFEN

Der Einsatz von Hochtemperaturwerkstoffen wie Nickel-, Molybdän- oder Cobalt-Chrom-Basislegierungen ist für viele Anwendungen unabdingbar. Dies betrifft z. B. thermisch hochbelastete Umformwerkzeuge oder Komponenten für den Motoren- und Turbinenbau. Die Werkstoffe erfüllen zwar meist die Anforderungen an die Festigkeit, in vielen Fällen sind das Reibungs- und Verschleißverhalten aber unbefriedigend. Am Fraunhofer IST wurden daher Randschichtbehandlungen entwickelt, die das Reibungs- und Verschleißverhalten dieser Werkstoffe signifikant verbessern.

### Anwendung von Hochtemperaturwerkstoffen im Werkzeugbau

Eine wesentliche Anwendung der genannten Hochtemperaturwerkstoffe sind Umformwerkzeuge für die Warmumformung von hochfesten Titanlegierungen und Titanaluminiden. Bei Temperaturen bis zu 1200 °C werden daraus Komponenten für den Turbinen- und Motorenbau sowie die Medizintechnik hergestellt. Die Werkzeuge müssen bei Umformtemperatur eine höhere Festigkeit als die umzuformenden Werkstoffe bei niedriger Reibung aufweisen und gleichzeitig eine ausreichende Verschleißbeständigkeit gewährleisten, um eine wirtschaftliche Fertigung zu ermöglichen.

### Die Randschichtbehandlung

Eine Möglichkeit, die Härte und Verschleißbeständigkeit metallischer Werkstoffe zu erhöhen, sind Diffusionsverfahren wie das Nitrieren und Borieren. Dabei diffundieren Stickstoff oder Bor in den Werkstoff und verändern die Werkstoffeigenschaften in der Randzone. Voraussetzungen dafür sind, dass Stickstoff oder Bor in geeigneter reaktiver Form an der Oberfläche bereitgestellt werden, in den Werkstoff eindringen können und die Temperatur hoch genug ist, um eine Diffusion zu ermöglichen. Abhängig vom zu behandelnden Werkstoff und den Prozessparametern können dabei Verbindungsschichten und Ausscheidungen entstehen, die zu einer Randschicht-

härtung führen. Beim Nitrieren erfolgt die Bereitstellung des reaktiven Stickstoffs überwiegend aus der Gasphase, häufig mit Plasmaunterstützung. Beim Borieren werden bis heute fast ausschließlich pulver- oder pastenförmige Spendermedien verwendet. Die Rückstände müssen nach dem Prozess aufwendig entfernt werden. Für Stahlwerkstoffe sind diese Nitrier- und Borierverfahren Stand der Technik. Vereinzelt werden auch Nickelbasiswerkstoffe mit pulver- oder pastenförmigen Spendermedien boriiert.

In einem Fraunhofer internen Forschungsprojekt wurde die Anwendung von Plasmanitrierprozessen und eines am Fraunhofer IST neu entwickelten Gasborierprozesses zur Randschichtbehandlung von Nickel-, Molybdän- oder Cobalt-Chrom-Basislegierungen untersucht. Für jeden der Werkstoffe konnten geeignete Behandlungsparameter identifiziert werden, bei denen sich gut haftende Randschichten mit hoher Härte ausbilden. Durch eine anschließende Wärmebehandlung können deren Eigenschaften in vielen Fällen weiter verbessert werden. Abbildung 2 zeigt die sich ausbildende Randschicht am Beispiel eines gasborierten Molybdänbasiswerkstoffs.

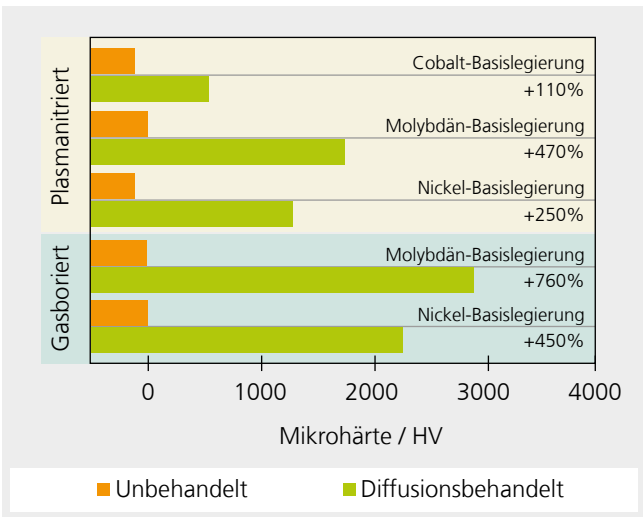
### Testverfahren

Die Probenhärte wurde mit einem Mikrohärtemessgerät der Firma Fischer ermittelt. Dabei wird eine sehr kleine Prüflast verwendet, mittels der sich die Härte von dünnen Schichten





3



orts aufgelöst messen lässt. Zur Bewertung des Reibungs- und Verschleißverhaltens der randschichtbehandelten Hochtemperaturwerkstoffe steht am Fraunhofer IST ein Hochtemperaturtribometer zur Verfügung, mit dem bei Temperaturen bis 1000 °C Stift-Scheibe-Versuche unter definierter Schutzgasatmosphäre oder Umgebungsluft in verschiedenen Lastbereichen durchgeführt werden können. Bewertet werden der Reibwert, der auftretende Verschleiß und die ggf. auftretenden chemischen und strukturellen Veränderungen an den Werkstoffen.

**Das Ergebnis**

Sowohl bei Nickel-, Molybdän- als auch Cobalt-Chrom-Basislegierungen konnten durch angepasste Plasmanitrier- oder Gasborierprozesse beträchtliche Härtesteigerungen in der Randzone erzielt werden. Bei gasborierten Nickel- und Molybdänbasislegierungen konnte die Härte auf 2500 bis 3500 HV gesteigert werden. Gleichzeitig wurde der Reibwert gegenüber hochfesten Titanlegierungen und Titanaluminiden bei Umformtemperatur um bis zu 80 % gesenkt. Materialanhaftungen, bei unbehandelten Umformwerkzeugen eine der Hauptausfallursachen, konnten vollständig vermieden werden. Anwendungsversuche bei der Warmumformung von Titanaluminiden für die Herstellung von Turbinenschaufeln sind in Vorbereitung.

- 1 Gefüge einer Cobalt-Chrom-Basislegierung.
- 2 Querschliff einer randschichtbehandelten Molybdänbasislegierung.
- 3 Hochtemperaturtribometer für Reibungs- und Verschleißtests bis 1000 °C.

**KONTAKT**

Markus Mejauschek, M.Sc.  
 Telefon +49 531 2155-679  
 markus.mejauschek@ist.fraunhofer.de

Dipl.-Ing. Martin Weber  
 Telefon +49 531 2155-507  
 martin.weber@ist.fraunhofer.de