

Neues Verfahren zum Beizen von Titanlegierungen

Um Oxid- und Diffusionsschichten von wärmebehandelten Titanbauteilen sicher zu entfernen, wurde ein neues und effektives Beizverfahren auf Basis von Tetrafluorborsäure entwickelt. Diese Säure weist eine geringere Human-Toxizität als Flusssäure auf.

Dr.-Ing. Peter Plagemann

Das Beizen von Titanlegierungen ist ein kritischer Prozess. Die starke chemische Bindung von Titan zu Sauerstoff lässt sich nasschemisch nur durch Fluoride effektiv „aufbrechen“. Flusssäure(HF)-haltige Titanbeizen sind jedoch stark ätzend und hochgiftig. Um Oxid- und Diffusionsschichten von wärmebehandelten Titanbauteilen sicher zu entfernen, wurde ein neues und effektives Beizverfahren auf

Basis von Tetrafluorborsäure entwickelt. Diese Säure weist eine weitaus geringere Human-Toxizität als Flusssäure auf. Werden Werkstücke aus Titan Temperaturen $> 600^{\circ}\text{C}$ ausgesetzt, bildet sich unter der wachsenden Titanoxidschicht im Metall eine Sauerstoffdiffusionszone aus (Bild 1). Diese beeinflusst die oberflächennahen mechanischen und mikrostrukturellen Eigenschaften des Materials

erheblich. Der interstitiell gelöste Sauerstoff führt zum Beispiel zur Umwandlung von beta-Phasen (kubisch-raumzentriert) zu alpha-Phasen (hexagonal) sowie zu deren Stabilisierung. Dieses Phänomen – auch als alpha-casing bekannt – geht mit einer oberflächennahen Werkstoffversprödung einher, durch die sich schneller Risse entwickeln können. Um die mechanischen Eigenschaften des Bauteils, insbesondere die Dauerschwingfestigkeit, nicht zu beeinträchtigen, muss diese Schicht durch mechanische und/oder chemische Oberflächenbehandlung entfernt werden. Im Rahmen eines durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) geförderten Verbundforschungsprojektes zur Fertigung und Oberflächenbehandlung von Titanbauteilen [1] wurde ein Beizverfahren entwickelt, bei dem der Einsatz von hochgiftiger Flusssäure vermieden und stattdessen Tetrafluorborsäure

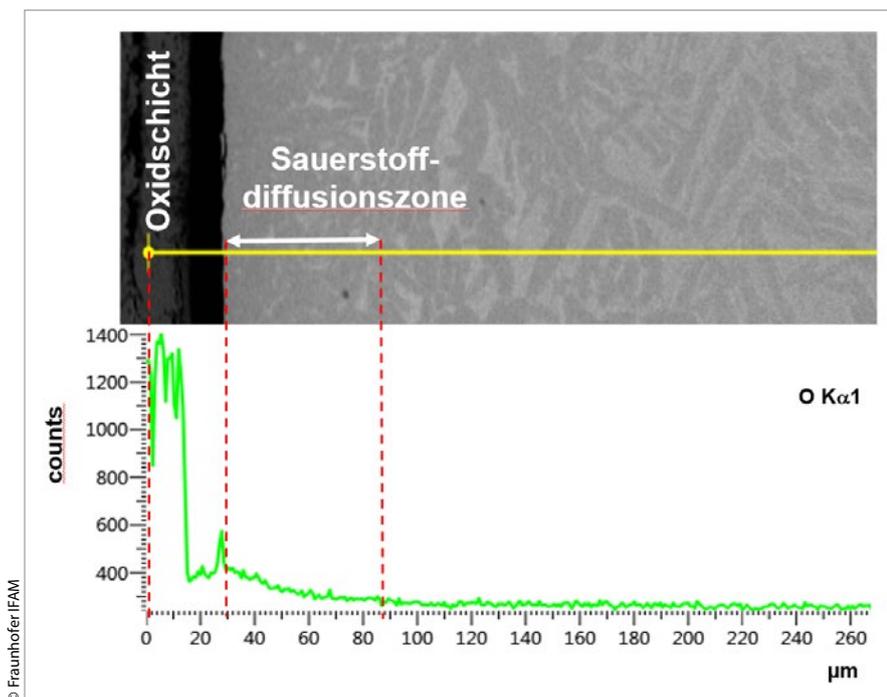
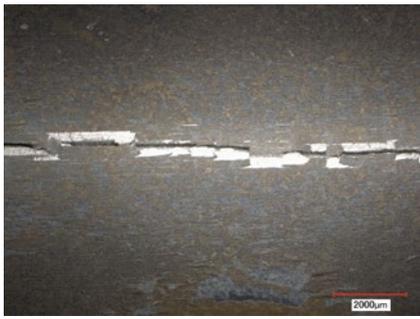
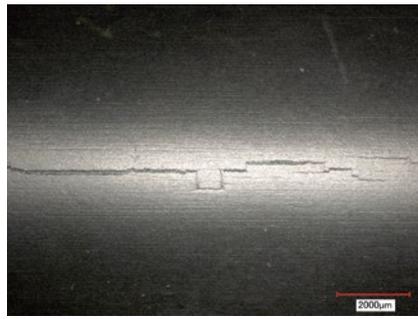


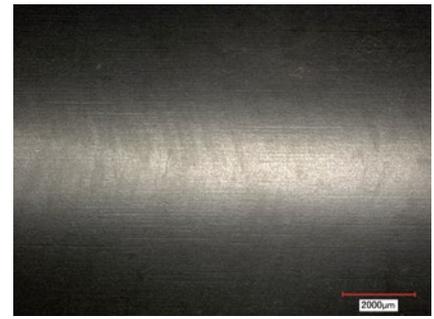
Bild 1 > Sauerstoff-Linienscan (EDX) an einer Querschleifprobe; TiAl₆V₄ nach 90 min bei 920°C.



60 s



240 s

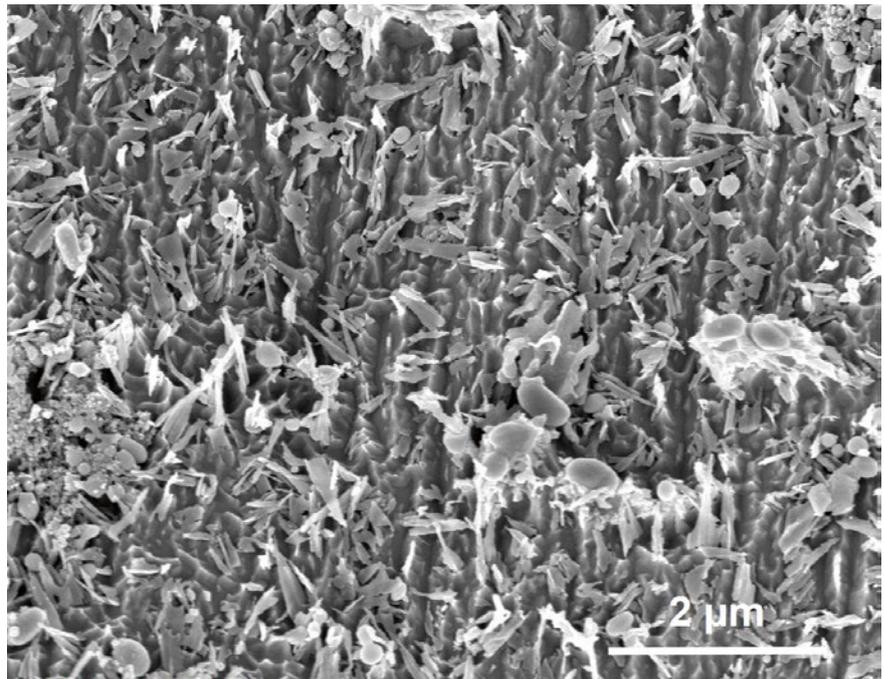


480 s

© Fraunhofer IFAM

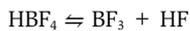
Bild 2 > Beizen von TiAl₆V₄ in 8% HBF₄ bei 70°C nach Wärmebehandlung (30 min bei 780°C), Biegeprüfung (105°) nach angegebener Beizdauer.

Bild 3 > REM-Aufnahme einer Ti Grade 37-Oberfläche nach Warmumformung und Beizen.



© Fraunhofer IFAM

(HBF₄) verwendet wird. Letztere ist grundsätzlich nicht „Flusssäure-frei“. Durch die Gleichgewichtsreaktion



wird während des Beizprozesses ein geringer Teil des komplex gebundenen Fluorids als HF freigesetzt. Sobald dieses verbraucht ist, bildet sich aus der Tetrafluorborsäure neues freies Fluorid bis zur Gleichgewichtskonzentration. HBF₄ weist jedoch laut GHS-Gefahrstoffkennzeichnung (EG 1272/2008) keine Gefahrstoffwarnung mit Toxizitätssymbol auf.

Für den Beizvorgang hat sich eine 8%ige HBF₄-Lösung bei 70°C als vorteilhaft erwiesen. Verschiedene Legierungen wiesen eine ca. 3- bis 10-fach höhere Auflösungsgeschwindigkeit des Grundmaterials gegenüber der darüber liegenden thermischen Oxidschicht auf. Ist diese Oxidschicht nicht gleichmäßig dick, kann es zu einem unregelmäßigen Oberflächenabtrag während des Beizens kommen.

Der Nachweis, dass Oxidschicht und Sauerstoffdiffusionszone hinreichend entfernt sind (Bild 3), kann mittels Biegeprüfung (DAN 462) erbracht werden, bei der die Proben bis zu einem Winkel von 105° in einem Schraubstock verbogen und anschließend auf sichtbare Risse geprüft werden (Bild 2).

Der bei der Auflösung aus dem Metallgitter freigesetzte Sauerstoff lässt sich durch sein um ca. 200 mV erhöhtes elektrochemisches Potential nachweisen. Erst wenn

die Sauerstoffdiffusionszone vollständig aufgelöst wurde, stellte sich ein entsprechend niedrigerer, konstanter Potentialwert ein. Diese Potentialkontrolle eignet sich prinzipiell zur In-situ-Überwachung des Beizprozesses.

Nach dem Beizprozess weisen die Titanoberflächen mikropartikelbasierte Verunreinigungen (sog. smut) auf, welche sich durch Dekapieren in 50 % HNO₃ entfernen lassen. //

ren für Beschnitt, Schweißen und Qualitätssicherung“ im Rahmen des LuFo V-2 Programms, Teilprojekt: „Titan Bleed-Air-Systemkomponenten: Oberflächenbehandlung nach Warmtiefziehen“, Förderkennzeichen 20W1522B, Laufzeit 1.7.2016 bis 30.9.2019.

Autor

Dr.-Ing. Peter Plagemann

Leiter Arbeitsgruppe Elektrochemie/Korrosion
Fraunhofer Institut für Fertigungstechnik und
Angewandte Materialforschung IFAM
Bremen
peter.plagemann@ifam.fraunhofer.de
www.ifam.fraunhofer.de

Quellenhinweis

[1] Gesamtverbundprojekt TiB-Air: „Wirtschaftliche Herstellung von Titan Bleed-Air-Systemkomponenten durch Präzisionsumformen und nachfolgende, automatisierte NC-Folgerverfah-