

# Hochtemperaturoxidationsschutz für Titanlegierungen mit unterschiedlichen Aluminiumgehalten durch Alitierung und anschließende Halogenbehandlung

459 ZBG

In diesem Forschungsvorhaben wurde untersucht, unter welchen Bedingungen die Sauerstoffversprödung bei technischen Titanlegierungen verhindert werden kann. Dafür wurden Titanlegierungen (Ti6242 und Ti6246), orthorhombische Ti<sub>2</sub>AlNb-Legierungen (Ti-25Al-21Nb, Ti-22Al-25Nb, Ti-22Al-27Nb) sowie  $\alpha$ -Ti<sub>3</sub>Al Basislegierungen mit unterschiedlichen Nb-Gehalten (Ti-24Al-5Nb, Ti-24Al-11Nb) in oxidierenden Hochtemperaturatmosphären untersucht. Ein Teil der Proben wurde jeweils in einer möglichst schmalen Randzone mit Aluminium und Fluor angereichert. Das Fluor wurde durch Plasma-Immersion-Ionen-Implantation (PI<sup>3</sup>) bzw. im Flüssigphasenverfahren eingebracht. Die unbehandelten und behandelten Proben wurden bei erhöhten Temperaturen (600°C – 800°C) in Luft isotherm und thermozyklisch getestet und deren Oxidationsverhalten analysiert und verglichen.

Die in früheren Projekten (AiF-Nr. 31 ZBG-ZUTECH, [104 ZBG](#) und [176 ZBG](#)) bei Untersuchungen zum Halogeneffekt ermittelten Implantationsparameter für intermetallische  $\gamma$ -TiAl-Legierungen (Al-Gehalte zwischen 40 – 50 Atom%) konnten auf die alitierten Ti-Legierungen (Al-Gehalte < 10 Atom%) bzw. orthorhombischen Ti<sub>2</sub>AlNb-Legierungen angepasst werden. Das Alitieren durch einen Pulverpackprozess war bei relativ niedrigen Temperaturen von 600°C sehr gut möglich. Auch hier konnte auf Erfahrungen aus Vorgängerprojekten auf  $\alpha$ -Titan (Grade 3) aufgebaut werden (AiF-Nr. [252 ZBG](#) und [16110 BG](#)). Die Dicke der gebildeten TiAl<sub>3</sub>-Diffusionsschicht beträgt weniger als 5µm. Die guten Hochtemperaturschutzeigenschaften werden dadurch nicht beeinträchtigt. Eine zusätzliche Fluorierung verbessert diese Eigenschaften noch. Durch eine alleinige Alitierung bzw. Fluorierung lässt sich die Eindiffusion von Sauerstoff während der Hochtemperaturexposition bei den untersuchten Titanlegierungen jedoch nicht verhindern.

Als ein weiteres Verfahren zur Anreicherung von Aluminium in der Bauteilrandzone wurde das Sputtern für plane Proben eingesetzt. Je nach Wahl der Parameter bzw. der anschließend Wärmebehandlung können reine Metall- oder intermetallische TiAl-Schichten produziert werden.

Zusätzlich zur PI<sup>3</sup> von Fluor wurde die Fluorierung auch durch einen Flüssigphasenprozess durchgeführt. Hierbei wird die Probe mit einer flüssigen, fluorhaltigen Verbindung behandelt, die bei der Hochtemperaturlagerung zersetzt wird. Das freiwerdende Fluor reagiert mit dem Aluminium aus der Diffusionszone, so dass der Fluoreffekt auf diesem Wege erreicht wird.

Neben der verbesserten Oxidationsbeständigkeit im untersuchten Temperaturbereich verhindern die aufgetragenen Schutzschichten zusätzlich die Eindiffusion von Sauerstoff in das Substrat, welches zu einer Versprödung der Randbereiche und damit zu einem vorzeitigen mechanischen Versagen von Titanbauteilen führen würde. Die unbehandelten Proben aller untersuchten Legierungen haben nach der Oxidation an Luft gelösten Sauerstoff in der Oberflächenrandzone. Im Gegensatz dazu wird bei den behandelten Proben nach gleicher Exposition kein Sauerstoff unterhalb der Oxidschicht bzw. der Aluminiumdiffusionszone gefunden. Das unerwünschte Eindringen des Sauerstoffs mit seiner versprödenden Wirkung kann mit der Entwicklung dieses neuen Oberflächenschutzsystems erfolgreich verhindert werden.

Bearbeitet wurde das Forschungsthema vom 12/12 bis 11/14 im **DECHEMA-Forschungsinstitut** (Theodor-Heus-Allee 25, 60486 Frankfurt am Main, Tel.: 069/7564-337) unter der Leitung von Prof. Dr.-Ing. M. Schütze (Leiter der Forschungsstelle Prof. Dr. M. Schütze) und dem **Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf** (Bautzner Landstraße 400, 01328 Dresden, Tel.: 0351/260-2744) unter der Leitung von Prof. Dr. A. Kolitsch (Leiter der Forschungsstelle Prof. Dr. R. Sauerbrey).

[--> TIB](#)

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

Das IGF-Vorhaben Nr. 459 ZBG der Forschungsvereinigung DECHEMA, Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V., Theodor-Heuss-Allee 25, 60486 Frankfurt am Main wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.