UNIVERSITÄT SIEGEN ● Institut für Werkstofftechnik ● D-57068

Institut für Werkstofftechnik
Lehrstuhl für Materialkunde und Werkstoffprüfung
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Axel von Hehl
Paul-Bonatz-Str. 9-11
57068 Siegen
Kontakt: Christopher D. Schmidt, M. Sc.
Telefon +49 271 740-4691
christopher.schmidt@uni-siegen.de
Siegen, den 28.06.2021

Ausschreibung Masterarbeit/Call for Masterthesis

English version below

Titel der Abschlussarbeit:

Experimentelle Bestimmung von Wöhlerlinien von Ti-6Al-4V-Proben zur Evaluierung der Verbesserung der Ermüdungseigenschaften durch wasserstoffinduzierte Gefügegradienten

Motivation:

Technische Bauteile sind wachsenden Anforderungen bezüglich Haltbarkeit und Zuverlässigkeit ausgesetzt. Gleichzeitig sollen sie nachhaltig erzeugt und konstruiert werden. Um diesen Erwartungen gerecht zu werden, ist die Entwicklung thermochemischer oder –mechanischer Prozesse nötig. Titanlegierungen, die über eine vergleichsweise hohe Gaslöslichkeit verfügen, ermöglichen eine temporäre Wasserstoffbeladung, im Englischen oftmals Thermohydrogen Treatment (*THT*) genannt. Da *THT* Gitterverformungen hervorruft und die β-Transustemperatur verringert, ist eine Anpassung des Gefüges möglich, welches die mechanischen Eigenschaften, verglichen mit konventionell erzeugten Titanlegierungsmikrostrukturen, verbessert. Darüber hinaus ist *THT* auf komplexe Geometrien anwendbar, die mit herkömmlichen mechanischen Oberflächenbehandlungsverfahren nicht randschichtgehärtet werden können. Das Vorhaben zielt auf eine lokale Gefügeanpassung durch Veränderung der Verteilung und Morphologie von festigkeitssteigernden Ausscheidungen sowie der β-Korngröße in Abhängigkeit vom Abstand zur Oberfläche (Gefügegradient), welche die oftmals für den Einsatz relevanten Ermüdungseigenschaften des Werkstoffs verbessern soll.
Für die Auslegung der *THT*-Prozessparameter wurden, neben den Daten zur Phasenstabilität, der H-Diffusionskoeffizient und die H-Löslichkeit ermittelt. Auf Basis dieser Daten wurden die *THT*-Prozessparameter mittels Simulation definiert und experimentell validiert. Mit der Abschlussarbeit soll eine Evaluierung der Verbesserung der mechanischen Eigenschaften durch Versuche unter monotoner und zyklischer Beanspruchung erfolgen. Bisherige Ergebnisse zeigen, dass gezielt festgelegte H-Beladungsparameter das Einstellen eines H-Konzentrationsgradienten ermöglichen, der die gewünschte Gefügegradierung in Aussicht stellt.

Aufgaben der Abschlussarbeit:

- Ausarbeiten eines Exposees bzgl. der Ausgangssituation, der Problemstellung, der Zielsetzung, des Lösungsansatzes und des Lösungsweges
- Einarbeitung in das Thema Titan und Titanlegierungen (Schwerpunkt: Wärmebehandlung, Einfluss der Mikrostruktur auf die mech. Eigenschaften und Mikrostrukturoptimierung mittels THT)
- Durchführung von Wasserstoffbeladungsversuchen inkl. elektrolytischer Probenoberflächenbehandlung von Ermüdungs-Proben
- Ermittlung der resultierenden mechanischen Eigenschaften unter zyklischer Belastung (Erstellen von Wöhlerlinien für zwei unterschiedliche THT-Prozessrouten im Vergleich zu einer Referenz-Wärmebehandlung, die nicht in H-haltiger Ofenatmosphäre durchgeführt wird)
- Zusammenfassung, Auswertung und Darstellung der Ergebnisse durch Verfassen einer wissenschaftlichen Arbeit (Masterthesis) und Vortragen vor einem Fachgremium

Gewünschte Qualifikation der BewerberInnen:

- Abgeschlossenes Bachelor-Studium der Fachrichtung MatWerk, Maschinenbau, Wirtschaftsingenieurwesen oder Mechatronics
- Grundkenntnisse zum Einfluss der Mikrostruktur auf die mech. Eigenschaften metallischer Werkstoffe (idealerweise Titanlegierungen)
- ggf. Kenntnisse in Metallographie, Mikroskopie und mech. Werkstoffprüfung
- Selbstständige und strukturierte Arbeitsweise und Interesse an werkstoffwissenschaftlichen Fragestellungen

Thesis title:

Experimental determination of Wöhler curves of Ti-6Al-4V samples to evaluate the improvement of fatigue properties by hydrogen-induced microstructural gradients.

Motivation:

Technical components are subject to growing demands in terms of durability and reliability. At the same time, they should be produced and designed sustainably. To meet these expectations, the development of thermochemical or thermomechanical processes is necessary. Titanium alloys, which have a comparatively high gas solubility, allow a temporary hydrogen loading, often called thermohydrogen treatment (THT). Since THT causes lattice deformations and reduces the β-transus temperature, an adjustment of the microstructure is possible, which improves the mechanical properties compared to conventionally produced titanium alloy microstructures. Furthermore, THT is applicable to complex geometries that cannot be surface hardened with conventional mechanical surface treatment processes. The project aims at a local microstructure adaptation by changing the distribution and morphology of strength-increasing precipitates as well as the β-grain size depending on the distance to the surface (microstructure gradient), which should improve the fatigue properties of the material that are relevant for the application.

For the design of the THT process parameters, the H-diffusion coefficient and the H-solubility were determined in addition to the data on phase stability. Based on these data, the THT process parameters were defined by means of simulation and experimentally validated. The final thesis is intended to evaluate the improvement of the mechanical properties through tests under monotonic and cyclic loading. Previous results show that specifically defined H-loading parameters enable the setting of an H-concentration gradient that promises the desired microstructure gradient.

Tasks of the thesis:

- Elaboration of an expose regarding the initial situation, the problem, the objective, the solution approach and the solution method
- Reviewing literature on the topic of titanium and titanium allosy (focus: heat treatment, influence of the microstructure on the mechanical properties and microstructure optimisation by means of THT)
- Execution out hydrogen loading tests incl. electrolytic sample surface treatment of fatigue samples
- Determination of the resulting mechanical properties under cyclic loading (generation of Wöhler curves for two different THT process routes in comparison to a reference heat treatment not carried out in H-containing furnace atmosphere)
- Summary, evaluation and presentation of the results by writing a scientific paper (master's thesis) and presenting it to a panel of experts

Desired qualification of the applicants:

- Completed Bachelor's degree in the field of Materials Science, Mechanical Engineering, Industrial Engineering or Mechatronics
- Basic knowledge of the influence of microstructure on the mechanical properties of metallic materials (ideally titanium alloys)
- If applicable, knowledge of metallography, microscopy and mechanical materials testing
- Independent and structured way of working and interest in materials science issues

Betreuer/Supervisor:

Lehrstuhl für Materialkunde und Werkstoffprüfung der *Universität Siegen*

Christopher David Schmidt, M. Sc. und/and Prof. Dr.-Ing. Hans-Jürgen Christ