NovelTi

Novel advanced Titanium superalloys for additive manufacturing

Programm / Ausschreibung	Energieforschung (e!MISSION), Energieforschung, Energieforschung 8. Ausschreibung	**Status**	abgeschlossen
Projektstart	01.11.2022	**Projektende**	31.12.2025
Zeitraum	2022 - 2025	**Projektlaufzeit**	38 Monate
Keywords	Drahtbasierte additive Fertigung; Titanlegierungen; Hochtemperaturlegierungen; Werkstoffcharakterisierung		

Projektbeschreibung

Additive Fertigungstechnologien (Additive Manufacturing, AM) erhalten seit einigen Jahren erhöhte Aufmerksamkeit. Sie werden zunehmend in moderne Produktionsketten eingebunden. So zeigt die Roadmap des Bundesministeriums (2018) zum Thema Additive Manufacturing – Austria (AMA), dass prozess-spezifische Werkstoffe fehlen. AMA gibt in ihrer Roadmap die Empfehlung, den Fokus auf die Werkstoffentwicklung zu legen. Diese gilt im Besonderen für Titan-Werkstoffe für den Hochtemperatursektor. Dies ist notwendig, um diese innovative Werkstoffklasse für Anwendungen in energiewandelnden Systemen erschließen zu können. Das Projekt NovelTi zielt auf fundamentale Untersuchungen ab, um grundlegendes Verständnis für Hochtemperatur-Titan-Werkstoffe bereitzustellen.
Die Prozesstechnologien beim pulverbasierten AM haben bereits einen hohen Reifegrad erreicht; im Falle von Directed Energy Deposition (DED) mit Draht, wie etwa dem wire-based AM (WAM), jedoch nur zu einem geringeren Maße. Beim letztgenannten Verfahren werden derzeit Schweißzusätze verwendet, welche für Anwendungen im Verbindungsschweißen konzipiert wurden, jedoch nicht für WAM mit seinen veränderten Abkühl- und Erstarrungsvorgängen und der inhärenten, zyklischen Wiedererwärmungscharakteristik. Daraus resultieren ausgeprägte anisotrope Gefügestrukturen, die sich negativ auf die Materialhomogenität auswirken. Die geänderten Prozessbedingungen im Vergleich zu konventionellen Fertigungstechnologien erfordern einerseits eine Anpassung der Legierungssysteme, um das Werkstoffpotenzial besser ausschöpfen und die Verarbeitung im WAM ermöglichen zu können. Andererseits bieten die geänderten Prozessbedingungen aber auch die Möglichkeit, Legierungen neu zu designen, da typische Erstarrungsdefekte wie „β-flecks“ in WAM verarbeitetem Material nicht oder zumindest nur in geringerem Ausmaß auftreten. Somit erschließt sich ein erweiterter Legierungsraum, der ausgenutzt werden kann, um verbesserte Hochtemperatureigenschaften bei Titan-Legierungen zu gewährleisten.
Ziel von NovelTi ist es, eine neuartige Titan-Legierung zu entwickeln, welche über optimierte Hochtemperatureigenschaften, optimierte einsatzrelevante Eigenschaften und optimierte verarbeitungsrelevante Eigenschaften verfügt. Für künftige Anwendungen stellt dies die Basis für den Ersatz konventionell gefertigter Hochtemperatur-Titan-Strukturen dar, wodurch energieeffizient und mit verringertem CO2 Footprint gefertigt werden kann.
Dieses Eigenschaftsportfolio umfasst: Dehngrenze ≥ 940 MPa; Bruchfestigkeit ≥ 1000 MPa; Bruchdehnung > 8%; sowie Kriechbeständigkeit und dynamische Festigkeit > jener der Referenzlegierung Ti-6Al-2Sn-4Zr-2Mo. Weitere Betrachtungen

umfassen die Gefügestabilität und Oxidationsbeständigkeit, jeweils im Vergleich zur Referenzlegierung. Da additiv verarbeitete Titan-Legierungen zur mechanischen Anisotropie neigen, wird die Isotropie im Legierungsdesign mitberücksichtigt (Anisotropieindex ≈ 1,0). Die Zielstellung wird nach dem State-of-the-art für WAM als ambitioniert, aber zugleich realistisch eingestuft.
Das Konsortium NovelTi ist zusammengesetzt aus den akademischen Partnern Montanuniversität Leoben und University of New South Wales. Beide verfügen im jeweiligen Fachgebiet über weltweite Bekanntheit. Ergänzt wird das Konsortium durch den Konsortialführer Leichtmetallkompetenzzentrum Ranshofen mit langjähriger Expertise im Bereich der Legierungsentwicklung von neuartigen Leichtmetall-Legierungen. Die Partnerstruktur deckt alle wesentlichen Aspekte, die notwendig sind, um innovative Hochtemperatur-Titan-Legierungen zu erforschen, ab. Durch den fundamentalen Ansatz der Legierungsentwicklung kann eine breite Basis für künftige Entwicklungen in diesem Bereich geschaffen werden.
Das Forschungsvorhaben NovelTi trägt dazu bei, die Ziele der Roadmap AM-Austria in Form der Entwicklung spezifischer Zusatzwerkstoffe für AM in Österreich zu erfüllen und ermöglicht den Konsortialpartnern, ihre individuellen Expertisen zu erweitern, Forschungsarbeit auf höchstem Niveau zu leisten und damit weltweite Sichtbarkeit zu erlangen.

Abstract

Additive manufacturing (AM) technologies have been receiving increased attention for several years. They are increasingly being integrated into modern production chains. For example, the roadmap of the Federal Ministry (2018) on the topic of Additive Manufacturing - Austria (AMA) shows that process-specific materials are lacking. In its roadmap, AMA recommends focusing on materials development. This applies in particular to titanium materials for the high-temperature sector. This is necessary in order to open up this innovative class of materials for applications in energy-converting systems. The NovelTi project aims at fundamental investigations to provide basic understanding for high-temperature titanium materials.
Process technologies in powder-based AM have already reached a high level of maturity; however, in the case of Directed Energy Deposition (DED) with wire, such as wire-based AM (WAM), only to a lesser extent. The latter process currently uses filler metals designed for joint welding applications, but not for WAM with its modified cooling and solidification processes and inherent cyclic reheating characteristics. This results in pronounced anisotropic microstructures that negatively affect material homogeneity. On the one hand, the changed process conditions compared to conventional manufacturing technologies require an adaptation of the alloying systems in order to better exploit the material potential and to enable processing in the WAM. On the other hand, the changed process conditions also offer the possibility of redesigning alloys, since typical solidification defects such as "β-flecks" do not occur in WAM-processed material, or at least only to a lesser extent. This opens up an extended alloying space that can be exploited to ensure improved high-temperature properties in titanium alloys.
The aim of NovelTi is to develop a novel titanium alloy with optimized high-temperature properties, optimized application-relevant properties and optimized processing-relevant properties. For future applications, this provides the basis for replacing conventionally manufactured high-temperature titanium structures, enabling energy-efficient manufacturing with a reduced CO2 footprint.
This property portfolio includes: Yield strength ≥ 940 MPa; ultimate strength ≥ 1000 MPa; elongation at break > 8%; and creep resistance and dynamic strength > those of the reference alloy Ti-6Al-2Sn-4Zr-2Mo. Other considerations include microstructural stability and oxidation resistance, each compared to the reference alloy. Since additively processed titanium alloys tend to mechanical anisotropy, isotropy is considered in the alloy design (anisotropy index ≈ 1.0). According to the state-of-the-art for WAM, the target is considered ambitious, but at the same time realistic.
The NovelTi consortium is composed of the academic partners Montanuniversität Leoben and University of New South Wales.

Both have a worldwide reputation in their respective fields. The consortium is complemented by the consortium leader Leichtmetallkompetenzzentrum Ranshofen with many years of expertise in the field of alloy development of novel light metal alloys. The partner structure covers all essential aspects necessary to research innovative high-temperature titanium alloys. The fundamental approach to alloy development can provide a broad basis for future developments in this field.
The NovelTi research project contributes to fulfilling the objectives of the Roadmap AM-Austria in terms of developing specific filler materials for AM in Austria and enables the consortium partners to expand their individual expertise, perform research work at the highest level and thus gain global visibility.

Projektkoordinator

- LKR Leichtmetallkompetenzzentrum Ranshofen GmbH

Projektpartner

- Montanuniversität Leoben Lehrstuhl für Metallkunde
- University of New South Wales School of Materials Science and Engineering