T³Design

TRIP and TWIP as Key Tools to Design Advanced AM Alloys for Aviation Structures

Programm / Ausschreibung	FinVn 22/23, Mobilitätssystem, Take Off: LUFO Ausschreibung 2022	**Status**	abgeschlossen
Projektstart	01.10.2023	**Projektende**	31.01.2025
Zeitraum	2023 - 2025	**Projektlaufzeit**	16 Monate
Keywords	Additive Fertigung; hoch-performante metallische Werkstoffe; Luftfahrt-Strukturen; Nachhaltige Fertigung		

Projektbeschreibung

Additive Fertigungstechnologien (Additive Manufacturing, AM) erhalten seit einigen Jahren erhöhte Aufmerksamkeit. Sie werden zunehmend in moderne Produktionsketten, insbesondere zur Fertigung von Luftfahrt-Strukturen, eingebunden. AM Verfahren erlauben Strukturen energieeffizient herzustellen. Durch die geringe notwendige Nachbearbeitung, kann darüber hinaus ressourceneffizient und nachhaltig gefertigt werden. Die Roadmap des Bundesministeriums (2018) zum Thema Additive Manufacturing – Austria (AMA) unterstreicht, dass zur Durchsetzung von AM Verfahren prozess-spezifische Werkstoffe fehlen. AMA gibt in ihrer Roadmap die Empfehlung, den Fokus auf die Werkstoffentwicklung zu legen. Die Verarbeitung mittels AM-Verfahren führt zu spezifischen Mikrostrukturen, wodurch es notwendig ist, Werkstoffe mit angepasstem Eigenschaftsportfolio zu designen.
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 Gefügeinhomogenitäten, die sich negativ auf die Materialeigenschaften auswirken.
Durch additive Fertigung können komplexe Strukturen realisiert werden oder etwa zusätzliche Funktionalitäten integriert werden. Bei erstem kommt es abhängig vom Design der Struktur zu äußeren Kerben, die lokal zu Spannungsüberhöhungen führen; Funktionalitäten lassen sich etwa durch die Integration von Fasern realisieren (innere Kerben), was ebenfalls zu Spannungsüberhöhungen führt. In beiden Fällen sind spezifische Werkstoffeigenschaften notwendig, um mit diesen aus den Kerben resultierenden Spannungsspitzen umgehen zu können. Eine hohe Verfestigung ist dabei besonders vorteilhaft, um Dehnungslokalisation abzufedern. Umwandlungsinduzierte Plastizität (engl. transformation-induced plasticity, TRIP) und zwillingsbildungsinduzierte Plastizität (engl. twinning-induced plasticity, TWIP) sind solche Mechanismen, die bis dato nicht beim Design verbesserter AM-Werkstoffe Berücksichtigung gefunden haben. Aus diesem Grund wird im Projekt T³Design diese Themenstellung sondiert werden, mit dem Ziel verbesserte Legierungskonzepte für die Herstellung von Luftfahrtstrukturen gefertigt mittels WAM realisieren zu können.
Das Konsortium T³Design ist zusammengesetzt aus den Forschungspartnern Leichtmetallkompetenzzentrum Ranshofen

(LKR) und Montanuniversität Leoben (MUL). Beide verfügen im jeweiligen Fachgebiet über weltweite Bekanntheit. Im Projekt T³Design ergänzen sich die individuellen Expertisen optimal. So bringt das LKR langjährige Expertise im Bereich der Legierungsentwicklung von neuartigen Leichtmetall-Legierungen insbesondere für das WAM Verfahren ein; Die Forschungsgruppe der MUL bringt ihre langjährige Expertise im Bereich der atomistischen Simulation ein. Im Projekt wird durch diese Kombination ein innovativer und schlanker Ansatz verfolgt, neuartige Werkstoffe zu designen. Die vorhandenen Fähigkeiten und Expertisen decken alle für das Projekt T³Design notwendigen Aspekte ab. Durch den fundamentalen Sondierungsansatz der Legierungsentwicklung kann eine breite Basis für nachfolgende Entwicklungen in diesem Bereich geschaffen werden. Für künftige Anwendungen stellt dies die Basis für den Ersatz konventionell gefertigter Luftfahrt-Strukturen dar, wodurch energieeffizient und mit verringertem CO2-Fußabdruck gefertigt werden kann.
Das Forschungsvorhaben T³Design 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 received increased attention in recent years. They are being more and more integrated into modern production chains, especially for the manufacturing of aerospace structures. AM processes allow structures to be manufactured in an energy-efficient manner. Moreover, due to the low amount of post-processing required, manufacturing can be resource-efficient and sustainable. The roadmap of the Federal Ministry (2018) on the topic of additive manufacturing - Austria (AMA) emphasises that there is a lack of process-specific materials for the implementation of AM processes. In its roadmap, AMA recommends focusing on materials development. Processing by means of AM processes leads to specific microstructures, which makes it necessary to design materials with an adapted property portfolio.
The process technologies in powder-based AM have already reached a high degree 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 structural inhomogeneities that have a negative impact on the material properties.
Additive manufacturing can be used to realise complex structures or to integrate additional functionalities. In the first case, depending on the design of the structure, there are external notches that lead to local stress peaks; functionalities can be realised by integrating fibres (internal notches), which also leads to stress increases. In both cases, specific material properties are necessary to deal with these stress peaks. A high degree of strain hardening is particularly advantageous in this case in order to reduce strain localisation. Transformation-induced plasticity (TRIP) and twinning-induced plasticity (TWIP) are mechanisms that have not yet been considered in the design of improved AM materials. For this reason, this topic will be explored in the T³Design project, with the aim of being able to realise improved alloy concepts for the production of aerospace structures manufactured using WAM.
The consortium T³Design is composed of the research partners Leichtmetallkompetenzzentrum Ranshofen (LKR) and Montanuniversität Leoben (MUL). Both have a worldwide reputation in their respective fields. In the T³Design project, their individual expertise complements each other perfectly. LKR has many years of expertise in the field of alloy development of novel light metal alloys, especially for the WAM process; the MUL research group contributes its many years of expertise in the field of atomistic simulation. Through this combination, the project takes an innovative and streamlined approach to designing novel materials. The existing skills and expertise cover all aspects necessary for the T³Design project. Through the fundamental exploratory approach to alloy development, a broad basis can be created for subsequent developments in this

field. For future applications, this represents the basis for replacing conventionally manufactured aerospace structures, enabling energy-efficient manufacturing with a reduced CO2-footprint.
The T³Design research project contributes to fulfilling the objectives of the Roadmap AM-Austria in the form of the development of specific filler materials for AM in Austria and enables the consortium partners to expand their individual expertise, carry out research work at the highest level and thus gain global visibility.

Projektkoordinator

- LKR Leichtmetallkompetenzzentrum Ranshofen GmbH

Projektpartner

- Montanuniversität Leoben Lehrstuhl für Metallkunde