CARAMPA

COMPLEX ALLOYS RESEARCH using ADDITIVE MANUFACTURING PROCESSING ADVANTAGES

Programm / Ausschreibung	Beyond Europe, 3. AS Beyond Europe 2018 Sondierung	**Status**	abgeschlossen
Projektstart	01.06.2020	**Projektende**	30.11.2021
Zeitraum	2020 - 2021	**Projektlaufzeit**	18 Monate
Keywords	Wire Arc Additive Manufacturing, WAAM , plasma welding , compositionally complex alloys, TiAl, multi-wire, in-situ alloying, graded material, Rapid Prototyping of Complex Alloys		

Projektbeschreibung

Mittels Weiterentwicklung von drahtbasierte additive Fertigung (WAAM) hin zu Mehrfahrdrahtzuführung soll der Zugang zu Mehrkomponentensystemen geschaffen werden. Konkret sollen AlSi basierte Bauteile mit mikrostrukturellem und/oder chemischem Gradienten, in-situ legierte TiAl-Legierungen und neue AlCuSi Eutectic Composites verarbeitet werden.

Die Arbeit in CARAMPA fußt auf der Kollaboration von i) SBI; AUT - Auftragsschweißen und AM von TiAl-basierten Legierungen, ii) LKR; AUT – Fertigungsexpertise von Mehrkomponenten-Fülldrähten für die Herstellung durch Einzel- oder Mehrdrahtverfahren, und ii) UNSW Sydney; AUS – modernste Charakterisierungsmethoden zur Bestimmung der komplexen mechanischen Eigenschaften gradierter und nanostrukturierter Materialien.

Die Entwicklung von WAAM wurde bis dato fast ausschließlich mittels kommerzieller Drahtwerkstoffe, z.B. Al 2xxx, durchgeführt, welche für gewöhnliche metallurgische Herstellverfahren entwickelt wurden und zur Entfaltung ihres Potentials auf nachgeschaltete Umform- und Wärmebehandlungsprozesse angewiesen sind. WAAM, als junge Methode in der additiven Fertigung, bietet eine Vielzahl kontrollierbarer Prozessparameter, die große Flexibilität in der lokalen Zusammensetzung bieten und damit die Herstellung von Bauteilen mit gesteigerter geometrischer und chemischer Komplexität ermöglichen. Die Verwendung neuer Methoden wie Mehrdrahtzuführung für das sog. In-situ Legieren, in Kombination mit der Entwicklung neuer Fülldrahtsysteme (z.B. Al-Hüllen mit komplexem Kern auf Pulverbasis) sind dafür geeignet, Bauteile herzustellen, die mittels neuer Legierungen die Vorteile der dem WAAM—Prozess inhärenten hohen Abkühlrate voll auszuschöpfen.

„Komplex“ im Kontext von CARAMPA bedeutet: i) gradierte Werkstoffe und ii) Compositionally Complex Alloys. Das Projekt

will i) mithilfe der kontrollierten Mehrdrahtprozessführung von Legierung gleicher (z.B: AlSi5 plus AlSi12) oder ungleicher (AlCu plus AlSi) Basissysteme realisieren und damit chemisch und mikrostrukturell gradierte Bauteile herstellen. Das Konzept kann dazu verwendet werden, lokale Lastfälle gezielt zu adressieren. Die hohen Abkühlraten von WAAM geben Zugang zum „Zentrum“ von Phasendiagrammen und damit den in ii) adressierten CCAs. Der Stand der Wissenschaft zeigt herausragende mechanische Eigenschaften in Systemen wie TiAl (intermetallisch) und AlCuSi (bimodale Eutectic Composites). Beide Systeme sind prädestiniert für die WAAM—Fertigung.

CARAMPA fokussiert auf neuartige, für die drahtbasierte AM-Fertigung maßgeschneiderte Herstellrouten, die Materialeigenschaften jenseits des State oft he Art realisieren können. Die Expertise von SBI in Hochleistungs-AM, gemeinsam mit der Draht- und Legierungsexpertise von LKR, und der fortschrittlichen Charakterisierungsmethoden von UNSW stellen sicher, dass die Entwicklung über effiziente „Feedback Loops“ passiert, und hochwertig disseminiert werden kann. Dies erlaubt eine direkte Umsetzung, nicht nur von TiAl-, sondern auch der neuartigen Mehrkomponentensysteme in einem nachgeschalteten, großskaligen, kooperativen Forschungsprojekt.

Abstract

Wire Arc Additive Manufacturing (WAAM) will be used to exploit the potential of feeding multiple wires simultaneously to the manufacturing process and use multi-component precursor materials as filler wires for the production of AlSi alloys that have structural and/or chemical gradients, in-situ alloyed TiAl systems, and advanced eutectic AlCuSi composites.

This work is based on a collaboration between i) SBI; AUT – welding and AM particularly of TiAl-based alloys, ii) LKR; AUT – extended capability to produce multi-component filler wires for the production of either single or multi-wire fed products, and iii) UNSW Sydney; AUS – advanced characterization of novel materials and alloy systems.

The development of WAAM has to date almost exclusively been based on commercially available alloy systems, e.g., the Al 2xxx series, that have been developed for standard metallurgical processing routes which often require subsequent heat treatments to achieve their potential mechanical performance. WAAM, as a new tool in the family of AM processes, offers a large number of controllable processing parameters and hence large flexibility in the individual processing steps, thereby enabling the production of parts with increased geometrical complexity using advanced alloy systems. New methods such as multi-wire feeding for the purpose of in-situ-alloying in combination with the development of novel filler wires, e.g., Al shell and complex core, are suitable to produce non-standard parts made from advanced alloys that exploit in particular the high cooling rates inherent to the WAAM processing.

Complex in the context of CARAMPA means i) gradient alloys and ii) compositionally complex alloys. With respect to ‘i’ we envision the controlled feeding of two or more wires of similar (here, AlSi5 together with AlSi12) or dissimilar alloy systems (e.g., AlCu plus AlSi) that can be used to produce parts that have a gradient in terms of microstructure and/or chemical

composition (alloying content). This concept can be used for the production of parts that are tailored toward specific loading profiles that require improved mechanical performance in certain locations. Regarding ‘ii’: the high cooling rates of WAAM enable access to the "centre" of multi-element phase diagrams. Lab-based experiments, for example, have shown extraordinary mechanical properties in systems such as TiAl (intermetallic-based alloys) and AlCuSi (bimodal eutectic composites). These systems are predestined for rapid cooling production methods like WAAM, as their thermodynamic features benefit from the intrinsic high cooling rates and, vice versa, provide a new level of AM material performance.

The exploratory project CARAMPA focuses on establishing novel production routes that enable materials properties beyond the state-of-the-art, tailored towards production in wire based additive manufacturing. The expertise of SBI in the field of high performance AM together with LKRs wire production capabilities based on extrusion and the advanced characterization methods coming from UNSW will provide efficient feedback loops and high-level dissemination to not only gain knowledge in the demanding field of TiAl processing, but enable the direct uptake of methods and novel, multi-component alloy systems developed through CARAMPA in a large scale cooperative research project at an international level for further research on complex alloys.

Projektkoordinator

- SBI GmbH

Projektpartner

- LKR Leichtmetallkompetenzzentrum Ranshofen GmbH
- University of New South Wales School of Mechanical and Manufacturing Engineering