DEDAluS

Additive Herstellung mittels DED Verfahren von Aluminium-Strukturen

Programm / Ausschreibung	Produktion der Zukunft, Produktion der Zukunft, 32. AS PdZ - Nationale Projekte 2019	**Status**	abgeschlossen
Projektstart	01.05.2020	**Projektende**	30.04.2023
Zeitraum	2020 - 2023	**Projektlaufzeit**	36 Monate
Keywords	Legierungsentwicklung; Aluminium; Direct Energy Deposition; Wire and Arc Additive Manufacturing; Additive Manufacturing; MIG/MAG; Plasma		

Projektbeschreibung

Additive Fertigungstechnologien erhalten seit einigen Jahren erhöhte Aufmerksamkeit in Forschung und Industrie. Sie werden zunehmend in moderne Produktionsketten miteingebunden. So zeigt die Roadmap des BMVIT (2018) für die Entwicklung der additiven Fertigung in Österreich (AMA), dass Prozess-spezifische Werkstoffe fehlen. AMA gibt in seiner Roadmap die Empfehlung auf die Werkstoffentwicklung zu fokussieren.
Direct Energy Deposition (DED)-Prozesse sind gekennzeichnet durch einen Aufschmelzvorgang des additiven Werkstoffs, aus dem die Struktur aufgebaut werden soll während des Auftragsprozesses und der unmittelbaren Erstarrung am Substrat. Dadurch kommt es zu einer raschen Erstarrung und hohen Abkühlraten verglichen mit konventionellen Prozessen wie das Gießen. Die Verbreitung der DED-Verfahren wird durch die Werkstoffauswahl und -verfügbarkeit stark eingegrenzt. In DEDAluS soll vorrangig auf das Wire-Arc Additive Manufacturing (WAAM) eingegangen werden – eine Subgruppe der DED-Prozesse.
Die Prozesstechnologien in der pulverbasierten additiven Fertigung haben bereits einen hohen Reifegrad erreicht. Hingegen werden bei WAAM derzeit Standardschweißdrähte verwendet, welche für Schweißanwendungen konzipiert sind, jedoch nicht für WAAM mit seiner inhärenten, zyklischen Wiedererwärmungscharakteristik. Ablaufende Vergröberungsprozesse wirken sich dabei negativ auf die Werkstoffeigenschaften auswirken. Es sind jedoch gerade die hohen Abkühlraten, die dazu beitragen können Verfestigungsmechanismen auszunutzen, die bei konventionellen z.B. Gießverfahren nicht nutzbar sind. Die geänderten Prozessbedingungen erfordern daher eine Anpassung der Legierungssysteme um das Werkstoffpotenzial besser auszuschöpfen und die Verbreitung von WAAM zu ermöglichen.
Ziel von DEDAluS ist es, mithilfe neuer Ansätze zum Werkstoffdesign unter Berücksichtigung der spezifischen Charakteristika eine Al-Legierung für WAAM zu entwickeln. Diese soll nach dem WAAM-Prozess über folgende Key Performance Indicators verfügen: Streckgrenze ≥ 290 MPa; Zugfestigkeit ≥ 350 MPa); Bruchdehnung ≥ 14%; Anisotropiegrad 1.0. Zwischen- und Nachbehandlungsschritte z.B. Kaltverfestigung (Hämmern, Kugelstrahlen) oder heißisostatisches Pressen sollen vermieden werden. Die Zielstellung wird nach dem State-of-the-art für WAAM als ambitioniert, aufgrund der Raschabkühlung in WAAM und der damit verbundenen Effekte aber als realistisch eingestuft. In der Literatur werden z.B. für AA2219 nach WAAM Zugfestigkeiten von 237 MPa genannt, wohingegen in Walzprodukten 455 MPa erreicht werden.

Das Konsortium DEDAluS setzt sich aus den Industriepartnern AMAG casting (langjähriges Wissen Legierungsentwicklung), MIGAL.CO (umfangreiche Erfahrung Fertigung Sonderdrähte), RHP Technology (umfassendes Know-How Anforderungen und Fertigung AM-Großbauteile), Alcar wheels (Erfahrung Anforderungen hoch-performanter Automobilkomponenten), sowie voestalpine Metal Forming Division (Erfahrung mögliche Anwendungsgebiete und Beurteilung der Werkstoffeigenschaften) zusammen. Die Partnerstruktur deckt die erforderlichen Kompetenzen für Schmelze und Drahtherstellung, sowie die WAAM-Wertschöpfungskette vollständig ab – von der Legierungsherstellung, über die Drahtverarbeitung bis zur Fertigung von Funktionsmustern. Dazu kommt der Konsortialführer LKR als Leichtmetall-Forschungsinstitut. Das LKR ist eines der wenigen Forschungs- und Entwicklungsinstitute weltweit, das alle relevanten Forschungsaspekte hinsichtlich WAAM-Verfahren für Leichtmetalle (Al, Mg) inkl. Drahtentwicklung ganzheitlich mit Anlagen, Messmethoden, wissenschaftlichem Personal mit experimenteller und numerischer Expertise abdeckt.
Durch die Zusammenstellung des Konsortiums mit den international führenden Industrie- und Forschungspartnern ist eine ganzheitliche Legierungsentwicklung unter Berücksichtigung technologischer und wirtschaftlichen Randbedingungen möglich. Das Forschungsvorhaben DEDAluS trägt dazu bei, die Ziele der Roadmap AM-Austria in Form der Entwicklung spezifischer Zusatzwerkstoffe für die additive Fertigung in Österreich zu erfüllen und österreichische Unternehmen über Material- und Technologieführerschaft an vorderster Stelle in diesem Zukunftsmarkt europa- und weltweit zu positionieren. Die beteiligten Industriepartner werden sich über die neu entwickelte Al-WAAM-Legierung einen erheblichen Wettbewerbsvorteil erarbeiten können. Darüber hinaus wird sich LKR als Forschungsinstitut im internationalen Vergleich hervorheben.

Abstract

Additive manufacturing technologies receive increasing interest of research and industry in recent years and are increasingly incorporated in modern production chains. Thus, the roadmap of the BMVIT (2018) for the development of additive manufacturing technologies in Austria (AMA), shows that materials required are missing and recommends focusing on material development.
Direct Energy Deposition (DED)-processes are characterized by the melting of the additive material, which shall be used for manufacturing the structure, during the deposition process and the instantaneous solidification on the solid substrate. Thereby, fast solidification and high cooling rates in comparison to conventional processes such as casting prevail. A broad implementation of DED-processing is currently limited by material availability. DEDAluS is going to focus on Wire-Arc Additive Manufacturing (WAAM), corresponding to a subgroup of DED-processes.
Process technologies of powder-based additive manufacturing technologies have already matured considerably. In contrast in WAAM usually standard welding wires are used, dedicated to welding, where the respective alloys are not adjusted toward the intrinsic cyclic reheating characteristic occurring during WAAM. Thereby, coarsening reactions take place, which negatively affect the material properties. Yet, particularly the high cooling rates prevailing during final cooling contribute to allow for utilization of hardening mechanisms that cannot be used in conventional e.g. casting processes. These changed process conditions require the adjustment of the alloy system enabling improved exploitation of the material potential and allow for a broad implementation of WAAM technologies.
Aim of DEDAluS is to consider novel alloying concepts with respect to the specific characteristics to develop a new aluminium alloy for WAAM. This alloy should after the WAAM process show the following key performance indicators: Yield strength ≥ 290 MPa; tensile strength ≥ 350 MPa; fracture strain ≥ 14%; degree of anisotropy 1.0. Moreover, intermediate or ensuing process steps such as work hardening or ensuing hot isostatic pressing should be omitted. These targeted characteristics are based on the state-of-the-art rather ambitious, but due to the high cooling rates in WAAM and the effects

triggered thereby considered as realistic. In the literature for example values for an AA2219 alloy are found with a tensile strength of 237 MPa directly after WAAM-processing, while the same alloy shows a tensile strength of 455 MPa after hot rolling.
The consortium DEDAluS consists of the industrial partners AMAG casting (long-standing knowledge in alloy development), MIGAL.CO (extensive experience in the field of special-wire production), RHP Technology (comprehensive know-how in terms requirements and production of AM large-scale components for aerospace), Alcar wheels (experience in the field of requirements of high-performance automotive components) as well as voestalpine Metal Forming Division (experience in the field of application fields and assessment of material properties). The structure of the partners covers all required expertise for melt and wire production as well as for the WAAM-chain of economic value – from the alloy production, along the wire manufacturing toward the production of functional models. In addition, there is the consortium leader LKR as light metals research institute. LKR is one of the few research and development institutes worldwide, which covers all relevant research aspects regarding WAAM-processes for light metals (Al, Mg) in terms of facilities, characterization techniques and scientific personnel with experimental and numerical expertise.
The configuration of the consortium consisting of internationally leading industry and research partners allows for a holistic alloy development under consideration of technological and economic boundary conditions. The research project DEDAluS contributes to the aims of the roadmap AM-Austria regarding development of specific materials for additive manufacturing in Austria and contributes to increase the importance of Austrian companies in this market of the future. It is expected that the involved partners obtain a considerable competitive advantage in case of achievement of the objectives with respect to international competitors. Moreover, LKR will increase its international recognition as a research institute.

Endberichtkurzfassung

Zusammenfassung der Projektergebnisse

Projekt DEDAluS befasste sich mit der Entwicklung neuartiger Aluminium-Legierungen für die drahtbasierte additive Fertigung (engl. wire-arc additive manufacturing, WAAM) von Anwendungen im Automobil-Sektor. Bei diesem Prozess wird ein Zusatzwerkstoff in Form eines Drahtes, einer Wärmequelle (Lichtbogen) zugeführt. Letzterer schmilzt den Draht auf und die geformten Tropfen werden entlang eines vordefinierten Pfades abgelegt, wodurch eine dreidimensionale Struktur erzeugt werden kann. Die im Rahmen des Projekts durchgeführten Entwicklungsarbeiten wurden dabei von fundamentalen Legierungsuntersuchungen bis zur Herstellung von Funktionsmustern und deren Prüfung durchgeführt.

Hierzu wurden zu Beginn des Projekts vielversprechende Legierungssysteme und Weiter-entwicklungsstrategien identifiziert. Zu diesem Zweck wurde auf thermodynamische Simulationen zurückgegriffen, um die Bildung nützlicher Phasenausbildungssequenzen zu identifizieren. Anschließend wurden diese Ansätze experimentell erprobt und Prozessadaptionen durchgeführt. Abschließend wurde anhand von Funktionsmustern (Felge, Crash-Box siehe Abbildung 1) die Verarbeitbarkeit des neuen Legierungskonzepts zu komplexen Strukturen dargestellt und eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung des Prozesses durchgeführt. Durch die gewählte Entwicklungsstrategie konnte das Potenzial neuartiger Legierungs-Drähte, spezifisch ausgelegt für den WAAM-Prozess, gezeigt werden.

In Projekt DEDAluS mussten während der kompletten Entwicklungsphase vielfältige Herausforderungen bewältigt werden. Insbesondere sei hierbei die Verarbeitung hochfester Aluminium-Werkstoffe zu Legierungsdrähten genannt, die simulationsunterstützte Entwicklung neuartiger Werkstoffe bei komplexen Prozessrandbedingungen und die

Abbildung/Herstellung von geometrisch fordernden Funktionsmustern. Diese Herausforderungen wurden vom Konsortium, bewältigt und stellen gleichsam die Highlights des Projekts dar. Zum Erfolg des Projekts hat unter anderem die fachübergreifende Expertise und Zusammenarbeit der Entwicklungspartner beigetragen.

Zusammengefasst kann gesagt werden, dass die durchgeführten Entwicklungsarbeiten dem Spitzenfeld der Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten des WAAM-Sektors zugeordnet werden können.

Projektkoordinator

- LKR Leichtmetallkompetenzzentrum Ranshofen GmbH

Projektpartner

- ALCAR Wheels GmbH
- MIGAL.CO GmbH
- voestalpine Metal Forming GmbH
- RHP-Technology GmbH
- AMAG casting GmbH