

## SHAW

Simulation for High-Strength Aluminum WA-DED

|                                     |                                                                                                                          |                        |            |
|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|------------|
| <b>Programm / Ausschreibung</b>     | FORPA, Dissertaionen 2024, Industrienae Dissertationen 2026                                                              | <b>Status</b>          | laufend    |
| <b>Projektstart</b>                 | 01.09.2026                                                                                                               | <b>Projektende</b>     | 31.08.2029 |
| <b>Zeitraum</b>                     | 2026 - 2029                                                                                                              | <b>Projektlaufzeit</b> | 36 Monate  |
| <b>Barwert der Projektförderung</b> | € 110.000                                                                                                                |                        |            |
| <b>Keywords</b>                     | WA-DED, High-Strength Aluminum Alloys, Hot Cracking, WA-DED Process Simulation, Simulation-Assisted Process Optimization |                        |            |

### Projektbeschreibung

Wire Arc Directed Energy Deposition (WA-DED) bietet großes Potenzial für die ressourceneffiziente Herstellung großer und komplexer Leichtbaustrukturen. Insbesondere hochfeste Aluminiumlegierungen sind für Anwendungen im Mobilitätssektor, in der Luft- und Raumfahrt sowie in weiteren Leichtbaubereichen von Interesse. Ihre zuverlässige Verarbeitung ist jedoch anspruchsvoll, da beim lagenweisen WA-DED-Aufbau komplexe Wechselwirkungen zwischen den Schweißparametern, der Legierungszusammensetzung und den Einspannbedingungen auftreten. Diese können Heißrisse, unzureichende Anbindung, Verzug oder geometrische Abweichungen verursachen. Die Prozessentwicklung beruht daher bislang häufig auf einer aufwendigen experimentellen Optimierung. Es fehlt eine validierte Methodik, mit der geeignete Werkstoffe und Prozessbedingungen bereits vor der Fertigung bewertet und für unterschiedliche Bauteilgeometrien optimiert werden können.

Ziel von SHAW (Simulation for High-Strength Aluminum WA-DED) ist die Entwicklung einer simulationsgestützten Methodik für die heißrisssminimierte bis heißrisssfreie additive Fertigung hochfester Aluminiumlegierungen. Dazu werden Werkstoffvorauswahl, experimentelle Untersuchungen und numerische Prozesssimulation in einem integrierten Ansatz zusammengeführt. Numerische Methoden sollen einerseits optimierte, geometrieabhängige Leistungsprofile für den Fertigungsprozess vorhersagen und andererseits die lokale Heißrisssneigung bewerten. Der Innovationsgehalt liegt in der Verknüpfung dieser beiden Aufgaben innerhalb eines gemeinsamen Simulations- und Fertigungsworkflows. Dadurch sollen kritische Bauteilbereiche frühzeitig erkannt und Prozessparameter, Fertigungsstrategien sowie Bauteilgeometrien bereits vor der Herstellung optimiert werden. Im Gegensatz zu bestehenden Einzellösungen berücksichtigt SHAW das Zusammenwirken von Legierungszusammensetzung, Wärmeleitung, mechanischen Zwangsbedingungen, Mikrostrukturentwicklung und Heißrisssbildung.

Als Ergebnisse werden die Auswahl eines geeigneten hochfesten Aluminium-Schweißdrahts aus verfügbaren Drahtvarianten, die Festlegung robuster Basisparameter, validierte numerische Methoden zur Leistungsvorhersage und Heißrisssbewertung

sowie ein durchgängiger Simulations-zu-Fertigungs-Workflow angestrebt. Die Methodik wird anhand repräsentativer, industriell relevanter Demonstratorgeometrien experimentell überprüft. Als Demonstratoren dienen eine Versteifungsstruktur auf einem umgeformten Blech und eine Kreuzungsstruktur. Erwartet werden eine verbesserte Anbindungs- und Bauteilqualität, eine Verringerung von Heißrissen und Bindefehlern sowie ein vertieftes Verständnis der Zusammenhänge zwischen Werkstoffverhalten, thermischem Prozessverlauf und Heißrissbildung. Langfristig soll SHAW den experimentellen Entwicklungsaufwand, den Material- und Energieverbrauch, den Ausschuss sowie die Entwicklungszeiten reduzieren und damit den industriellen Einsatz hochfester Aluminiumlegierungen in additiven Leichtbauanwendungen erleichtern.

## **Abstract**

Wire Arc Directed Energy Deposition (WA-DED) has emerged as a promising manufacturing technology for the resource-efficient production of large-scale and geometrically complex lightweight structures. High-strength aluminium alloys are particularly attractive for applications in transportation, aerospace, and other weight-critical industries. However, their reliable processing by WA-DED remains challenging due to the complex interactions between alloy composition, process parameters, thermal conditions, and mechanical restraint during the layer-wise deposition process. These interactions can lead to defects such as hot cracking, insufficient bonding, distortion, and geometric inaccuracies. As a result, process development still relies heavily on costly and time-consuming experimental trial-and-error approaches. A validated methodology for assessing material suitability and process conditions prior to manufacturing is currently lacking.

The SHAW project (Simulation for High-Strength Aluminum WA-DED) aims to develop a simulation-assisted methodology for crack-minimised and ultimately crack-free additive manufacturing of high-strength aluminium alloys. To achieve this, material selection, experimental investigations, and numerical process simulation will be combined within a unified development framework. Numerical models will be used both to predict geometry-dependent welding-power profiles and to assess local hot-cracking susceptibility. The novelty of the project lies in integrating these two capabilities into a single simulation-to-manufacturing workflow. This approach will enable the identification of critical regions before production and support the optimisation of process parameters, manufacturing strategies, and component geometries at an early stage. In contrast to existing isolated solutions, SHAW considers the combined effects of alloy chemistry, thermal history, mechanical constraints, microstructural evolution, and hot-crack formation.

Expected outcomes include the selection of a qualified high-strength aluminium welding wire, a robust process window, validated numerical tools for welding-power prediction and hot-cracking assessment, as well as an integrated simulation-to-manufacturing workflow. The methodology will be demonstrated and experimentally validated using industrially relevant WA-DED structures, including a stiffening structure deposited onto a formed sheet-metal substrate and a crossing structure. The project is expected to improve bonding quality, reduce the occurrence of hot cracking and lack-of-fusion defects, and enhance the fundamental understanding of the relationships between material behaviour, thermal process conditions, and crack formation. In the long term, SHAW will contribute to reducing experimental development effort, material and energy consumption, scrap rates, and development times, thereby facilitating the broader industrial adoption of high-strength aluminium alloys in additive lightweight manufacturing applications.

## **Projektpartner**

- LKR Leichtmetallkompetenzzentrum Ranshofen GmbH