# Space-Al-MMC

Advancement of Aluminium Composites for Space and Earth Applications

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Programm / Ausschreibung** | ASAP, ASAP 17. Ausschreibung (2020) | **Status** | abgeschlossen |
| **Projektstart** | 01.06.2021 | **Projektende** | 31.05.2023 |
| **Zeitraum** | 2021 - 2023 | **Projektlaufzeit** | 24 Monate |
| **Keywords** | Aluminium-MMC, P-Caster, Space-Material, Druckguss, Aluminium, Magnesium | | |

## Projektbeschreibung

Materialien, welche in Raumfahrtanwendungen eingesetzt werden sollen, müssen hohe Anforderungen in Bezug auf Masse, Stabilität, Festigkeit, Steifigkeit und Strahlungsresistenz erfüllen. Das Arbeitsumfeld für Space-Werkstoffe unterscheidet sich von terrestrischen Anwendungen deutlich z.B. hochenergetische Partikel, ionisierende Strahlung, Vakuum, große thermische Schwankungen oder schnelle Meteoriten. Strukturelle Anwendungen im Weltraum erfordern Materialien mit hoher spezifischer Steifigkeit und Festigkeit, die den harten Weltraumbedingungen ohne relevante Degradation standhalten, und gleichzeitig Reduktion von Masse, Platz und Kosten erlauben. Transportkosten in den Weltraum je kg liegen bei ~€25-30.000,-/kg.
Vergangene Forschung am LKR erzielte hoch-performante C-Faser verstärkte Aluminium-Metal Matrix Composites (C-Faser-Al-MMCs) mit Faservolumengehalt von 60%. Es wurden für 0°-MMCs eine spezifische Steifigkeit von 105 GPa/(g/cm³) und eine spezifische Zugfestigkeit von 759 MPa/(g/cm³) erreicht bei gleichzeitigem einem CTE von +1e-6mm/mmK. Aktuell sind nur wenige MMC-Anbieter am Markt-bekannt (MMCC (USA), Materion (USA) bzw. TiSiC (UK) jedoch mit anderen, niedriger performanten MMC-Werkstoff-Systemen). C-Faser-Al-MMC (60%) ist am europäischen Markt nicht verfügbar. Alleinig LKR beherrscht gegenwärtig die Technologie für Platten mit einer max. Dimension von 160 x 66 x 2mm.
Projekt-Ziel1 ist die Steigerung der geometrischen Komplexität von C-Faser Al-MMCs: von kleinen Probenplatten hin zu C-Profilen, hohlen Rundstäben mit 0/90 oder quasi-isotropem Lagenaufbau. Ziel 2 ist die Entwicklung eines passenden Verbindungs-konzeptes von Einzelelementen durch Diffussionsschweißen oder faserfreundlich gesetzte Inserts. Diese ermöglicht Fügestellen oder Verbindungen bei minimaler Faserauslenkung bzw. -schädigung in Al-MMCs zu setzen. Ziel3 ist die Steigerung der maximalen Abmessungen auf >350 x 350mm² für Platten. Die Dimensionssteigerung soll durch Transfer des Prozess-Know-hows von Gas-unterstütztem Druckguss-Ofen (P-Caster) auf die LKR-Druckgussanlage ermöglicht werden. Ziel 4 ist die Beibehaltung der mechanischen Eigenschaften in den neuen Geometrien. Ziel 5 die Demonstration von 3 Breadboard-Modellen durch Verbindung der erzielten Entwicklungen.
Ziele 1-3 tragen zur Steigerung des technischen Reifegrads des Al-C-Faser-MMCs bei (TRL2-> TRL4). Im Zuge des erfolgreichen Geometrie-Up-scaling wird es möglich, „komplexere“ und „größere“ Al-C-Faser-MMC Geometrien mit Inserts zu fertigen und Strukturen wie kinematischen Lagerungen für optische Instrumente, Muffen für Streben sowie Aktuatoren und Antriebe für Space-Landefahrzeuge anzudenken. Die Entwicklung des Al-C-Faser-MMC Werkstoffsystems in Kombination mit den neuen Geometriemöglichkeiten aus Space-Al-MMC eröffnet die Möglichkeit Komponenten mit Gewicht von nur 1/3tel bis

zu einem 1/5tel im Vergleich zu derzeitigen State of the Art-TiAlV64- und TiSiC-Bauteilen zu realisieren.

## Abstract

Materials to be used in space applications must meet demanding requirements in terms of mass, stability, strength, stiffness and radiation resistance. Although the materials used are the same as in terrestrial applications, the working environment is very different, owing to high-energy particles, ionizing radiation, vacuum, large thermal variations or fast meteorites. Especially structural applications in space require the use of materials with high specific stiffness and strength, which can withstand the harsh space conditions without relevant degradation and at the same time allow a reduction of mass, volume and cost. Currently, the average transport costs for 1kg into space are around €25,000 to €30,000.
Predecessor project SpAACe has paved the way for high-performance 0°-UD C-fibre-reinforced Aluminium metal matrix composites (Al-C fibre MMCs) with fibre volume fractions of 60%. This is achieved by technical modification of the metal-gas pressure infiltration process (P-Caster) and updating of heating and control technology. "High-performance" stands for density-specific Youngs Modulus of currently 105 GPa/(g/cm³) and density-specific ultimate tensile strengths of 759 MPa/(g/cm³), accompanied by Coefficient of Thermal Expansion values of +1e-6mm/mm*K. Currently, only a few MMC suppliers are known on the market (MMCC (USA), Materion (USA) or TiSiC (UK) but with other, lower-performance MMC material systems). C-fibre-Al-MMCs (60%) are currently not available on the market. Only LKR is capable of production to date, however only in form of sample plates with max. dimensions of 160 x 66 x 2mm (boundaries of the P-Caster process).
Goal 1 is to increase the geometric complexity of Al-C-fibre-MMC components: from sample plates to space-relevant geometries such as L-/C-profiles or hollow rods.
Goal 2 is the successful development of suitable joining concepts of Al-MMC parts through diffusion bonding techniques or direct, fibre-friendly integration of inserts in preforms. These facilitate the placement of metal inserts for joints, axes or through holes with minimal fibre deflection or damage. This avoids drilling of holes and damage/cutting of the continuous (“endless”) C-reinforcing fibre. Goal 3 is to increase the maximum dimensions of C-fibre Al-MMC to 350x350mm² by transferring the process from P-Caster to pressure die casting in squeeze casting mode. Goal 4 is to maintain the mechanical properties in the new geometries. Goal 5 the demonstration of 3 breadboard models by combining the developments achieved.
Goals 1-3 contribute to increasing the technical maturity of the Al-C-fibre-MMC (TRL2-> TRL4). With the successful upscaling of geometries it becomes possible to produce "more complex" and "larger" Al-C-fibre-MMC geometries with inserts and to produce structures such as kinematic bearings for optical instruments, sleeves for struts as well as actuators and drives for space lander vehicles. The newly developed C-fibre-Al-MMC material in combination with unprecedented geometric possibilities of Space-Al-MMC opens the possibility to realize components with a weight of 1/3rd up to 1/5th compared to state of the art TiAlV64- and 1/2 to TiSiC-components.

## Projektkoordinator

- LKR Leichtmetallkompetenzzentrum Ranshofen GmbH

## Projektpartner

- Aerospace & Advanced Composites GmbH
- RHP-Technology GmbH