AMCs4TMA

Advanced Aluminium Composites for Thermal Management Applications

Programm / Ausschreibung	FinVn 22/23, Weltraum, ASAP Ausschreibung 2022	**Status**	abgeschlossen
Projektstart	01.05.2023	**Projektende**	31.10.2025
Zeitraum	2023 - 2025	**Projektlaufzeit**	30 Monate
Keywords	MMC; Thermal; Aluminium; Conductivity; fibre-reinforced;		

Projektbeschreibung

Die Anforderungen an das thermische Temperatur- und Wärmemanagement von Weltraum-Komponenten (z.B. Cube-Sats, Solarpanele, Leistungselektronik etc.) steigen immer weiter. Bei gleicher/reduzierter Masse muss zukünftig verstärkt mehr Energie von Bauteilen abgeführt bzw. reguliert gehalten werden, damit die Bauteil-/Elektroniksysteme bei maximaler Leistung arbeiten können. Diese Herausforderungen an das Thermische Management (TM) von Anwendungen sind mit etablierten homogenen Werkstoffen nur mehr schwer bewältigbar.
Eine Materialgruppe, die sich in diesem Bereich hervorragend einsetzen lassen würde, sind die Metall Matrix Verbundwerkstoffe (MMC). Durch die Wahl von geeigneten Verstärkungsphasen (Partikel, Kurzfaser, Langfaser) können die Werkstoff-Eigenschaften gezielt eingestellt werden. Kohlenstofffaser verstärkte Aluminium-Matrix MMCs zeichnen sich durch eine hohe Dichte-spezifische Steifigkeit und Festigkeit bei niedrigem Ausdehnungskoeffizienten (CTE) aus. Ein weiterer wichtiger Aspekt sind die thermischen Eigenschaften der Kohlenstofffasern. Pitch-basierte Fasern können thermische Leitfähigkeiten von bis zu 1100 W/mK bei einem thermischen CTE von 1*10^-6/K aufweisen.
Forschungsgruppen haben gezeigt, dass sich mit Pitch-basierten C-Faser-Al-MMCs eine uniaxiale Wärmeleitfähigkeit von 540 W/mK bei einem CTE von ~1*10^-6/K erzielen lässt. Dies konnte bisher nur an einfachen Bolzen (D=13mm, L=50mm) gezeigt werden. Weitere Entwicklungen für 2- / 3-achsige Wärmeleitung oder aber deren Einsatz in Weltraum/TM-Anwendungen sind nicht bekannt.
Ziel von Projekt AMCs4TMA ist die Entwicklung einer C-Faser-Al-MMC-Werkstofffamilie für thermische Management Anwendungen, die durch höchste Dichte-spezifische Wärmeleitfähigkeit gekennzeichnet ist; nicht nur uni-axial (Ziel 540 W/mK), sondern auch bi-axial (Ziel 250 W/mK) und in drei Richtungen (Ziel 200 W/mK); gleich in alle Richtungen bzw. definiert in drei Richtungen einstellbar. Koeffizienten für Wärmeleitung, Ausdehnung und Dichte sollen ermittelt werden und die Funktionsweise der neuen Werkstofffamilie anhand von 4 Funktionsmustern gezeigt werden.
Die Familie der C-Faser-Al-MMCs wird prädestiniert sein für hoch-wärmeleitfähige Komponenten, die bei variierenden Einsatztemperaturen gleichzeitig geometrisch stabil sind und mit den zu kühlenden Komponenten gleiche, thermisch induzierte Deformation durchführen. Dies bei minimalem Einsatz-/Bauteilgewicht das abhängig von Faserausrichtung und Fasertype bis zu 25% leichter ausfallen kann.
Der Markt für thermische Management Anwendungen wird im Jahr 2030 bei einem Marktvolumen von 20.3 Milliarden USD liegen mit einem jährlichen Wachstum von 8.20%. Dies ist ein interessanter Markt von RHP als einer der weltweit führenden

Hersteller von Sonder-MMCs für TM-Anwendungen. RHP strebt die eigenständige Verwertung der Ergebnisse gemeinsam mit LKR an. LKR wird mit Projekt AMCs4TMA seine führende Position im Bereich der C-Faser-Al-MMC-Forschung festigen und ausbauen.

Abstract

The requirements for thermal temperature and heat management of space components (e.g., cube sats, solar panels, power electronics, etc.) continue to increase. In the future, more energy will have to be dissipated from components or kept regulated for the same/reduced mass so that the component/electronics systems can operate at maximum performance. These challenges to the thermal management (TM) of applications are difficult to overcome with state-of-the-art homogeneous TM-materials.
One group of materials that would be excellent to use in this area is metal matrix composites (MMC). By selecting suitable reinforcement phases (particles, short fibres, long fibres), the material properties can be specifically adjusted. Carbon fibre reinforced aluminium matrix MMCs are characterised by high density-specific stiffness and strength with a low coefficient of expansion (CTE). Another important aspect is the thermal properties of the carbon fibres. Pitch-based fibres can have thermal conductivities of up to 1100 W/mK with a thermal CTE of 1*10^-6/K.
Research groups have shown that pitch-based C-fibre Al MMCs can achieve a uniaxial thermal conductivity of 540 W/mK at a CTE of ~1*10^-6/K. So far, this could only be demonstrated on simple bolts (D=13mm, L=50mm). Further developments for 2- or 3-axis thermal conduction or their use in space/TM applications are not known.
The aim of project AMCs4TMA is to develop a C-fibre Al-MMC material family for thermal management applications characterised by highest density-specific thermal conductivity; not only uniaxial (target 540 W/mK), but also bi-axial (target 250 W/mK) and tri-axial (target 200 W/mK); equally adjustable in all directions or defined in three directions. Coefficients for thermal conduction, expansion and density are to be determined and the functioning of the new family of materials is to be demonstrated by means of four functional samples.
The family of C-fibre Al MMCs will be predestined for highly thermally conductive components that are simultaneously geometrically stable at varying operating temperatures and undergo the same thermally induced deformation with the components to be cooled. This can be achieved with minimal component weight, which can be up to 25% lighter depending on fibre orientation and fibre type.
The market for thermal management applications will be worth 20.3 billion USD in 2030 with an annual growth rate of 8.20%. This is an interesting market for RHP as one of the world's leading manufacturers of special MMCs for TM applications. RHP aims to exploit the results independently together with LKR. LKR will consolidate and expand its leading position in the field of C-fibre Al-MMC research with project AMCs4TMA.

Projektkoordinator

- LKR Leichtmetallkompetenzzentrum Ranshofen GmbH

Projektpartner

- RHP-Technology GmbH