SpAACe

Space Applications of Aluminium Composite

Programm / Ausschreibung	ASAP, ASAP 13. Ausschreibung (2016)	**Status**	abgeschlossen
Projektstart	01.05.2017	**Projektende**	31.10.2019
Zeitraum	2017 - 2019	**Projektlaufzeit**	30 Monate
Keywords	Gas Pressure Infiltration; Carbon Fiber; Aluminum Matrix; Metal Matrix Composites		

Projektbeschreibung

Materialien, welche in Raumfahrt Anwendungen eingesetzt werden sollen, müssen teils widersprüchliche Anforderungen in Bezug auf Masse, Stabilität, Festigkeit, Steifigkeit und Strahlungsresistenz, erfüllen. Obwohl die verwendeten Materialien dieselben wie in terrestrischen Anwendungen, unterscheidet sich das Arbeitsumfeld mit seinen hochenergetischen Partikeln, der ionisierenden Strahlung, Vakuum, großen thermischen Variationen oder schnellen Meteoriten sehr stark. Speziell strukturelle Anwendungen im Weltraum erfordern den Einsatz von Materialien mit hoher spezifischer Steifigkeit und Festigkeit, die den harten Weltraumbedingungen ohne relevante Degradation standhalten, und gleichzeitig eine Reduktion von Masse, Platz und Kosten erlauben. Derzeit betragen die
mittleren Transportkosten für 1kg in den Weltraum rund €25.000 bis €30.000.
Metall-Matrix-Verbundwerkstoffe (MMC) und speziell langfaserverstärkte MMC´s ermöglichen die geforderte Kombination der oben genannten Eigenschaften. Obwohl viele MMC Materialien von wissenschaftlichen Einrichtungen untersucht wurden, sind derzeit nur ein geringe Anzahl kommerzieller MMC Materialien, speziell langfaserverstärkte MMC´s, aus europäischer Produktion am Markt verfügbar (TiSiC aus England: SiC-langfaserverstärktes
Titan MMC). Die Gründe dafür liegen in der Schwierigkeit stabiler Prozessführung, welche zu hohen Produktionskosten führt, der Schwierigkeit gleichzeitig hohe spezifische Steifigkeit und Festigkeit zu erreichen und dem begrenzten Markt für MMC Materialien.
Ziel des Projekts SpAACe ist die Entwicklung und Validierung von Langfaser-verstärkten-Al- / Mg-Matrix Legierungen für Weltraumanwendungen wie Landefahrzeuge für Planetenmissionen oder thermisch stabile Strukturen wie Halterungen für Teleskope, welche das Potential kombinierter hoher spezifische Steifigkeit, Festigkeit, thermischer Stabilität (geringe thermische Ausdehnung) erfordern. Diese Materialen sind derzeit nicht Markt-verfügbar.
Erste Untersuchungen an kontinuierlich faserverstärktem Al, welches von LKR Ranshofen im Zuge des von AAC geleiteten ESA Projekts HighSSM durchgeführt wurden, zeigten vielversprechende Ergebnisse. Im Speziellen zeigte das untersuchte Material die höchste spezifische Steifigkeit und die geringste thermische Ausdehnung im Vergleich zu anderen vielversprechenden Europäischen MMC Materialien. Sieht man sich jedoch die theoretisch möglichen Werte an, wäre durch adaptierte und verbesserte Prozesse eine Steigerung der spezifischen Steifigkeit um weitere 30% und spezifischen Festigkeit um 200% im Vergleich zum Prototypen Material möglich. Um diese Ziele zu erreichen sollen in SpAACe fortschrittliche Fertigungsverfahren, verbesserte Matrixsysteme (Carbon Nanotubes, Graphen modifizierte Legierungen), adaptierte

Prozesssimulationsmethoden sowie
fortschrittliche Prüfmethoden (Frühphasen-Schädigungsmessung mit Schallemission) zum Einsatz kommen. Die Methodiken unterstützen die Entwicklung dieser Klasse an Materialien.
Im Fall der erfolgreichen Materialentwicklungen, wäre es möglich Strukturen wie kinematischen Lagerungen für optische Instrumente, Muffen für Streben sowie Aktuatoren und Antriebe für Landefahrzeuge mit einem Gewicht von nur 1/3tel bis zu einem 1/5tel im Vergleich zu derzeitigen TiAlV64 Bauteilen zu fertigen.

Abstract

All materials used in space applications have to fulfil a number of sometimes conflicting requirements such as mass, stability, strength, stiffness, and radiation resistance. Although
materials used in space are not different from those for terrestrial application, the operational environment with its high energetic particles and ionizing radiation from sun, vacuum, large
thermal variations or high velocity debris and meteoroids differs greatly. In special, space structures require the usage of thermally stable materials with high density-specific stiffness
and high density-specific strength. These have to operate in harsh space environment with limited degradation in order to fulfil space requirements and at the same time be able to save
mass, space and costs. Currently the launch of 1 kg payload costs ~€25.000 to €30.000.
Metal Matrix Composite (MMC) materials especially long fibre reinforced MMC´s offer such unique combination of material properties. A lot of MMC materials were investigated by the
scientific community worldwide but limited commercial products are on the market, especially for long fibre reinforced parts and especially from European suppliers (TiSiC from UK for
SiC-long-fibre reinforced Titanium matrix MMC´s) to date. The reason for this is the difficulty of stable production leading to high production costs, the difficulty to achieve combined high
specific stiffness and strength and the currently small market for such materials.
Project-aim of SpAACe is the development and validation of long fibre reinforced Al and Mg alloys showing the potential for combined high specific stiffness, strength and thermal
stability (very low thermal expansion) for space application like planetary landers or thermally stable structures (struts for telescopes). These are currently not available on the market.
In first screening tests performed within the ESA project HighSSM led by AAC, promising results of a continuous, carbon-fibre reinforced Aluminium-matrix MMC produced by LKR
Ranshofen (Austria) have been demonstrated. Especially LKR´s Al-MMCs have shown highest specific stiffness and lowest thermal expansion in comparison with other investigated, most promising European MMC materials. However when looking at the theoretical, potential values in specific stiffness and strength these values can be exceeded by 30% in density-specific stiffness and 200% in density-specific strength with an
adopted and enhanced process compared to results achieved within this first characterized prototype material. Within the described research project, advanced manufacturing methods
will be used as well as enhanced matrix systems (carbon nanotubes, graphene modified aluminium or inflammable Mg-alloys), infiltration process simulations for improvement of
process stability, and advanced testing methods (e.g. online acoustic emission monitoring for early damage detection). This will assist the development of a class of materials which
exceeds the specific stiffness and strength of TiSiC-MMC by a factor 2.5 respectively 2.0.

In case such material development leads to the expected results in specific stiffness and specific strength, structures such as kinematic mounts for optical instruments, fittings for
struts, actuators or drives for planetary landers could be produced with weight reduction potential between factors of 3 to 5 compared to current baseline solution made of TiAlV64.

Projektkoordinator

- LKR Leichtmetallkompetenzzentrum Ranshofen GmbH

Projektpartner

- Aerospace & Advanced Composites GmbH