Element 12

Magnesium Legierungen und Composites für Space-Anwendungen - hergestellt mittels additiver Fertigungsverfahren

Programm / Ausschreibung	ASAP, ASAP 15. Ausschreibung (2018)	**Status**	abgeschlossen
Projektstart	01.01.2020	**Projektende**	31.03.2022
Zeitraum	2020 - 2022	**Projektlaufzeit**	27 Monate
Keywords	Magnesium Legierungen, Magnesium Matrix Composites, Direct Energy Deposition, Plasma Metal Deposition, Additive Manufacturing		

Projektbeschreibung

Hoch beanspruchte Bauteile - speziell im Space-Bereich - werden häufig über Zerspanungstechnologien mit hohem Zerspanungswerkzeugaufwand hergestellt. Es kann dabei das Zerspanungsvolumen teilweise bis zu 90% ausmachen, da sich formgebende Werkzeuge aufgrund der geringen Stückzahlen nicht rechnen.
Additive Fertigungsverfahren ermöglichen hierbei einen direkten Ansatz um ein Bauteil mit „Losgröße 1“ kostengünstig herstellen zu können. Für Raumfahrt Anwendungen konzentrieren sich im Bereich der Leichtmetalle die Entwicklungen auf Aluminium und Titan Werkstoffe. Dabei bieten hier Magnesiumlegierungen und insbesondere auch Magnesium-Verbundwerkstoffe ein großes Potential zur Gewichtseinsparung aufgrund hoher spezifischer Eigenschaftskennwerte (Festigkeit/Steifigkeit). Diese werden in diesem Projekt adressiert.
Erst in den letzten Jahren haben Raumfahrtagenturen wie die NASA den Werkstoff Magnesium wiederentdeckt. Dies ist einerseits auf Verbesserungen im Korrosionsschutz (durch Beschichtungen) zurückzuführen, aber auch mehr und mehr durch die Notwendigkeit, weiteres Gewicht zu reduzieren.
Das Projekt Element 12 (Magnesium ist das 12. Element im Periodensystem) beschäftigt sich mit der Entwicklung von neuen Magnesium- Legierungen und -Composites, die speziell für den Draht basierten Plasma-Lichtbogen Herstellprozess entwickelt werden. Dabei werden zunächst entsprechende Legierungen entwickelt, die sich durch Korrosionsbeständigkeit, Brandbeständigkeit sowie auch durch eine gute Schweißbarkeit auszeichnen und die vor allem auf die hohe Abkühlrate des Plasma-Lichtbogenprozesses beim Auftragen einzelner Lagen abgestimmt sind sowie sich die nachfolgende in-situ Wärmebehandlung beim Aufbringen der nachfolgenden Schichten zunutze macht. Hierbei kann auf dem Know-How des LKR im Bereich der Legierungsentwicklung aufgebaut werden und zusätzlich kommen CALPHAD-Methoden zum Einsatz, die die Legierungsentwicklung unterstützen.
Um diese Legierungen letztlich in 3D-Bauteile überzuführen, ist es erforderlich durch einen innovativen Ansatz zunächst Drähte aus den neuartigen Zusammensetzungen herzustellen. Dies erfolgt durch ein am LKR entwickeltes Draht-Direkt-Extrusionsverfahren. Die hergestellten Drähte werden für die additive Herstellung von Test-Coupons bei RHP verwendet, die nachfolgend eingehend hinsichtlich der mechanischen Eigenschaften und des Korrosionsverhaltens charakterisiert werden.
Parallel zu den Entwicklungen der Legierungen werden entsprechende Anwendungsfelder und Einsatzbereite für die Magnesium Legierungen im Space Bereich untersucht. Diese beinhalten eine Bewertung für den Einsatz in Launcher

Systemen, Satellitenanwendungen sowie auch für wissenschaftliche Missionen. Speziell werden Anwendungsmöglichkeiten für Anwendungen im „NewSpace“ untersucht. Für zwei ausgewählte Bereiche werden dann von RHP Funktionsmuster hergestellt und getestet.
Die Kombination aus Legierungsentwicklung, Drahtherstellung sowie die nachfolgende additive Herstellverfahren über einen Draht basierten Plasma Lichtbogen Prozess stellen eine Prozesskette dar, die bislang noch nicht untersucht wurde. Der Großteil der Aktivitäten aus der Literatur konzentriert sich bislang bei über Draht basierte Technologien nur auf Aluminium und Titan Legierungen. Magnesium Legierungen werden nur vereinzelt über Pulver basierte Technologien hergestellt, wobei die Pulver aus USA Einführbeschränkungen unterliegen und sehr hohe Einkaufs- und Zollkosten ausweisen und nicht viele Legierungen kommerziell verfügbar sind. Im Vergleich zu den Pulver basierten Herstelltechnologien bietet die Draht basierte Plasma Lichtbogen Technologie Vorteile im Hinblick auf Sicherheitsaspekte, in der erreichbaren Bauteilgröße sowie im Bereich der Auftragsrate. Die erfolgreiche Entwicklung von neuen Magnesium Legierungen und Composites unter Verwendung der Draht basierten Herstelltechnologien inklusive der Drahtherstellung ermöglicht eine österreichische Wertschöpfungskette für die Herstellung von hoch anspruchsvollen Bauteilen für den Raumfahrtbereich.

Abstract

Highly mechanically loaded components - especially in the space sector - are often manufactured using machining technology with a high wear of cutting and milling tools. In some cases, the cutting volume can account for up to 90% due to the fact that casting (with the need for a dedicated mould) is not an economic solution for a low number of pieces, which is typically the case in space applications.
Additive manufacturing processes enable a direct approach to cost-efficient production of a part, even if only a single unit is required. For space applications, developments in the field of light metals are mainly focused on aluminum and titanium alloys. Here magnesium alloys - and in particular also magnesium composite materials - offer a great potential for weight saving due to their high specific characteristic properties (specific strength / stiffness).
In recent years space agencies such as NASA rediscovered “again” alloys of magnesium. This is partly due to improvements in corrosion protection (by coatings), but also more and more by the need to reduce further weight in spacecrafts.
The project „element 12“ (magnesium is the 12th element in the periodic table) deals with the development of new magnesium alloys and composites, which are specially developed for the wire based plasma arc manufacturing process. Appropriate alloys are first developed that are characterized by corrosion resistance, show a low flammability as well as good weldability. These alloys will be especially adapted to the high cooling rate of the plasma arc process when applying individual layers and will take advantage of the subsequent in situ heat treatment during the repeated deposition of individual layers. The alloy development will take advantage of the know- how of the LKR and also CALPHAD methods will be used to support the alloy development.
In order to finally convert these alloys into 3D components, it is necessary to initially produce wires from the novel compositions by means of an innovative approach. This is done by a direct wire extrusion process developed at the LKR. The manufactured wires from Mg alloys and composites are used for the additive production of test coupons at RHP, which are characterized in detail with respect to the mechanical properties and the corrosion behavior. In parallel to the development of the alloys application areas for the potential use of magnesium alloys in the space applications will being investigated. These areas include an assessment for the use in launcher systems, satellite applications as well as scientific missions or even missions to Mars. Additionally, possibilities for applications in the "NewSpace" area will be examined. Two application areas will be identified, and test components will be manufactured by RHP followed by testing in space relevant conditions.
The combination of alloy development, wire production and the subsequent additive manufacturing processes via a wire-

based plasma arc process represents a process chain that has not yet been investigated so far. Most of the activities reported in literature so far are focused on wire-based technologies with using aluminum and titanium alloys. Magnesium alloys are only sporadically manufactured using powder-based technologies. Here especially from the US there are some publications. One severe drawback when working with powders of Magnesium alloys is the fact that powders from the US are subject to import restrictions and additionally there are very high purchasing and customs costs. The choice of alloys commercially available is also limited, Compared to the powder-based manufacturing technologies, the plasma arc technology using an alloy or even composite wire, offers significant advantages in terms of safety aspects, the achievable component size and the deposition rate.
The successful development of new magnesium alloys and composites using wire-based manufacturing technologies, including the manufacturing of the wire, will enable to establish an Austrian value chain for the manufacturing of highly demanding aerospace components.

Projektkoordinator

- RHP-Technology GmbH

Projektpartner

- LKR Leichtmetallkompetenzzentrum Ranshofen GmbH