

## Harmades

Technology development for High Torque Harmonic Drive® gears

<b>Programm / Ausschreibung</b>	ASAP, ASAP, ASAP 12. Ausschreibung (2015)	<b>Status</b>	abgeschlossen
<b>Projektstart</b>	01.05.2016	<b>Projektende</b>	31.01.2019
<b>Zeitraum</b>	2016 - 2019	<b>Projektlaufzeit</b>	33 Monate
<b>Keywords</b>	Gears, solid lubrication, space mechanisms, vacuum tribology		

### Projektbeschreibung

Harmonische Getriebe werden seit mehr als vierzig Jahren im Weltraum genutzt. Sie ermöglichen Spielfreiheit in Kombination mit höchster Präzision. Die hohen Untersetzungen ermöglichen den Einsatz von kleinen Motoren, die auch weniger Leistung benötigen um große Massen zu bewegen, zB Solarpaneele. Harmonic Drive® gears werden heute zumeist mit Fett geschmiert um die notwendigen Lebensdauern zu erreichen. Dies limitiert aber den Einsatzbereich auf „Umgebungstemperaturen“ durch die Gefahr des Outgassing und damit der Kontamination von sensible Oberflächen (Optiken).

Um die Anforderungen der Raumfahrtindustrie zu erfüllen, ergeben sich drei Ziele für das HARMADES-Projekt: Erhöhung der Drehmomentdichte um einen Faktor 2,5 durch Design eines neuen kleineren Getriebes mit höherer Untersetzung 160:1 (HDAG,D), Entwicklung einer Oberflächenbehandlung um die Lasttragkraft in der Verzahnung zu erhöhen (AAC und HMW), und Entwicklung einer Testmethode um Tests über den gesamten extremen Temperaturbereich zu ermöglichen (AAC). Am Ende des Projektes sollten Getriebe gefertigt werden, die alle diese Verbesserungen beinhalten und unter Thermalvakuum geprüft werden. Ein Erfolg ergibt die technologische Basis welche Europa weltweite Führerschaft in trockengeschmierten Wellgetrieben bringen würde.

Diese Ziele stellen einen deutlichen Innovationsschub dar, dessen technologische Lösung heute nicht existiert. Zum Erreichen des hohen Impacts muss also auch ein hohes Risiko in Kauf genommen werden. Die Überzeugung, dass das Projekt erfolgreich sein kann, wird in schrittweise bisherigen Erfolgen gesehen: im EU-Projekt harmLES wurde gezeigt, dass mit Trockenschmierung aussichtsreiche Lebensdauern erreicht werden können. Hier war ein wesentlicher Schritt die Design-Optimierung des Getriebes. Ein neues MoS<sub>2</sub> coating wurde entwickelt und kann auch hier eingesetzt werden. Weiterhin wiesen erste Ergebnisse darauf hin, dass durch Einführung einer Wärmebehandlung eine deutliche Steigerung der Lebensdauer zu erwarten ist. Im Rahmen von NISSCO wird derzeit die Oberflächen-behandlung optimiert, das Projekt endet aber auf „Materialebene“ (erst hier im HARMADES könnten Getriebe geprüft werden). Die Prüfung von Harmonic Drive® Getrieben unter Thermal-Vakuum wird derzeit schon bei AAC durchgeführt. Ein Konzept für eine Messmethode bei extremen Temperaturen sollte auf Basis dieser Erfahrungen möglich sein.

Eine Kooperation zwischen D und Ö würde die vollen Synergien ermöglichen: aus öst. Sicht sind Getriebeteile zur Entwicklung der Prozesse und Testmethoden unumgänglich. Andererseits profitiert HDAG (D) von bereits bestehendem Know-how bei AAC und HMW (Ö). Durch die im Projekt abgebildete vertikale Produktionskette, sind aber auch eine klare

Trennung der IPR und Verwertungsmöglichkeiten darstellbar. Schließlich ist zu sagen, dass HARMADES die bisherigen Einzelschritte zusammenführen würde und damit die bereits eingesetzten Fördermittel nachhaltig nutzt.

## **Abstract**

Harmonic Drive gears are used for more than four decades for space applications. They provide low or zero backlash in combination with excellent precision. The large gear ratio enables the use of a small actuator motor (low mass and low power consumption) to move large components like solar panels. Today, Harmonic Drive® gears are mainly used in liquid lubricated condition in order to satisfy the operational requirements. This limits their use to only “ambient” temperature in space, as greases bear the risk of outgassing. This leads to loss of lubrication, but also to contamination of sensible surfaces (optical components). This may even lead to loss of a full mission, e.g. in earth observation.

To serve the needs of space industry, the development targets of HARMADES are threefold: to reduce size (increase torque density), to implement surface treatments to improve load bearing capacity and life time of solid lubrication, and to setup testing capacities for the whole extreme temperature range. These targets are transferred to the three main development activities of the proposed project: design of a new gear towards smaller size “14-160” (HDAG,D) increasing the torque density by a factor of 2,5, develop a surface treatment that increases the load bearing capacity especially of the gear teeth (AAC, HMW) and to design a test device that enables in future to characterise those gears in the whole temperature range (AAC). Finally, all improvements shall be implemented to gears of these new size being tested under thermal vacuum. Being successful in those three actions, would give the technological basis to push Europe up to worldwide leadership in solid lubricated strain wave gears.

Those objectives are very demanding, without having a final solution on the table. Hence, to achieve this high impact, high risk has to be accounted. The confidence of the project consortium is based on step-by-step-successes in the recent past on selected topics: within EU-harmLES the feasibility of a solid lubrication in such gears in size “20-100” was shown with reasonable life times. A novel composite coating based on MoS<sub>2</sub> was developed (and will be used for the current project as it is). Results indicate that surface treatments improve lifetime and/or load bearing capacity. An optimisation of surface treatments for such components was started in the NISSCO-project: the basic process parameters could be identified, but development ended on sample level only. The ability to improve performance by design was demonstrated in harmLES: the re-design of the gear by HDAG led to an increase of lifetimes under solid lubrication from a few hundred output revolutions to more than 20.000 (not yet including surface treatments). AAC is already running devices to test Harmonic Drive(R) gears under thermal vacuum. Based on that experiences, concepts to solve the problems of testing at extreme temperatures can be regarded as feasible. Those recent stepwise successes underline the confidence that the ambiguous technical targets can be achieved, bearing in mind that the risk is high. Running this project in German-Austrian-cooperation offers the most highest synergies as the targets are closely related. On the other hand, the exploitation can be clearly outlined for each country. HARMADES also will join the results of all previous development projects into this new gear, making those public funds become beneficial to the employees.

## **Projektkoordinator**

- Aerospace & Advanced Composites GmbH

## **Projektpartner**

- Härterei Michael Welsch GmbH