

SpaceNDT

Advanced Non-Destructive Testing Techniques for Damage Characterization of Space Materials and Components

Programm / Ausschreibung	ASAP, ASAP, ASAP 14. Ausschreibung (2017)	Status	abgeschlossen
Projektstart	01.07.2018	Projektende	30.09.2021
Zeitraum	2018 - 2021	Projektlaufzeit	39 Monate
Keywords	Additive Manufacturing, Composites, Micro-CT, Phase-contrast-CT, Infrared Thermography, FEA		

Projektbeschreibung

Moderne Materialien und Fertigungstechniken sind ein wesentlicher Bestandteil der europäischen Bemühungen um eine strategische Unabhängigkeit im Raumfahrtbereich (ESA Cross-Cutting Initiatives). Sowohl additiv gefertigte (AM) Bauteile als auch Faserverbundwerkstoffe/Composites (Technischer Bereich 24: Materialien & Prozesse) haben hohe Prioritäten in der ESA-Technologieharmonisierung.

Raumfahrthardware stellt hohe Anforderungen an die Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit der eingesetzten Leichtbaustrukturen, die durch die Missionsziele definiert werden. Dabei müssen die Stabilität und Zuverlässigkeit über die Lebensdauer der Komponente garantiert werden. Die wichtigsten Herausforderungen bei der Herstellung von ausfallsicheren Strukturen für die Raumfahrt umfassen eine detaillierte strukturelle Charakterisierung, die optimale Auslegung von Komponenten, die Untersuchung der thermomechanischen Wechselwirkungen und ein systematisches Structural Health Monitoring. Zur Erreichung dieser Ziele sind ein simulationsbasiertes Engineering, die thermomechanische Analyse sowie eine umfassende zerstörungsfreie Prüfung (ZfP) unerlässlich.

Im Zuge von SpaceNDT (FWH, AAC, FOTEC, PEAK) werden wir einen multimodalen und skalenübergreifenden ZfP-Ansatz entwickeln, der Röntgen-Computertomographie (XCT), Phasenkontrast-Röntgenbildgebung (PCI) und Infrarot-Thermografie kombiniert (IRT). Digitale Shearografie (DS), akustische Emission (AE) und Ultraschallprüfung (US) ergänzen diese Bildgebungstechnologien für definierte Bauteile. Mit dieser Kombination verschiedener Verfahren untersuchen wir die Defektausbreitung, z.B. von Rissen oder Delamination, in AM, Composite- und Hybridbauteilen während statischen und zyklischen in-situ und ex-situ Belastungstests. Das erste Ziel ist die Erstellung eines umfassenden Fehlerkatalogs. Dies ist speziell für AM-Komponenten essentiell, da spezifische ECSS-Standards noch nicht vollständig etabliert sind. Das zweite Ziel ist die Anwendung der Finite-Elemente-Methode (FEM), um den Einfluss von Defekten auf die Ermüdungslebensdauer in ausgewählten Komponenten vorherzusagen.

Durch die Kombination fortgeschrittener NDT-Techniken werden wir detaillierte Informationen über die Defektinitiierung und -fortpflanzung sammeln, die bestehende Standardmethoden wie US bei weitem übertreffen. In einem Feedback-Ansatz sollen die Ergebnisse aus Ermüdungsanalysen direkt zur Optimierung von Konstruktionskriterien der untersuchten Komponenten beitragen, um letztendlich allgemeine Empfehlungen zur Optimierung der Bauteilauslegung, z.B. für AM-Komponenten basierend auf der Untersuchung von Referenz- und realen Bauteilen zu formulieren.

Das Hauptziel dieses Projekts ist die Erstellung von ZfP-Protokollen zur Überprüfung der Schadenstoleranz in bruchkritischen Komponenten, um schließlich "Best Practice Analysis Guidelines" für AM-, Composite- und Hybridbauteile zu entwickeln. Der multidisziplinäre Ansatz von SpaceNDT ergänzt europäische Raumfahrtaktivitäten und stärkt gleichzeitig die Rolle Österreichs als leistungsstarken und kompetenten ESA-Partner im Raumfahrtbereich in Bezug auf ZfP und High-Tech-Komponenten.

Abstract

Advanced manufacturing and materials are a crucial part of European efforts for strategic non-dependence (ESA Cross-Cutting Initiatives). Both additively manufactured (AM) parts and polymer matrix composites (PMC) (Technical domain 24: Materials & Processes) have high priorities in the ESA technology harmonisation.

Space flight hardware premises high demands on performance and reliability of applied lightweight structures. Material limitations of flight structures are defined by the mission goals and stability and strength have to be guaranteed over the component's lifetime. The main challenges in the manufacturing of failure safe aerospace materials and structures involve a detailed structural characterization, component design and optimization, thermo-mechanical behaviour, and structural health management. To achieve these goals, simulation based engineering as well as non-destructive (NDT) and thermo-mechanical testing are essential.

In the course of SpaceNDT (FHW, AAC, FOTEC, PEAK) we will establish a multi-modal and multi-scale NDT approach combining X-ray computed tomography (XCT), phase-contrast X-ray imaging (PCI), and infrared thermography (IRT). Digital shearography (DS), acoustic emission (AE), and ultrasound testing (US) complement those imaging technologies for specified components. Using this combination, we quantify defect propagation, e.g. of cracks or delamination, in advanced materials including AM, PMC, and multi-material parts. The first goal is to establish a comprehensive defect catalogue and NDT based protocols for the probability of defect detection. This is particularly valuable for AM components, since ECSS standards for the detailed characterization of metallic 3d printed parts are still not fully established. The second goal is to apply finite element analysis (FEA) to predict the influence of detected defects on fatigue life in selected AM, PMC, and multi-material components.

In SpaceNDT, we will quantify material properties during static and cyclic thermo-mechanical testing using XCT, PCI, IRT, and DS. Loading experiments will be carried out both in- and ex-situ. Using advanced NDT techniques we will gather detailed information about defect initiation and propagation that by far excel existing standard methods, e.g. in relation to sub-pixel micro-cracks and delamination. We will use this information to improve damage models by means of FEA simulations. Using this feedback approach, results from fatigue analyses can directly be used to optimize design criteria of components, also for the combination of AM with advanced composites in integrated structures. Eventually, our objective is to formulate general recommendations to optimize production parameters based on reference and real parts that are investigated in this project.

The ultimate goal of this project is the establishment of NDT protocols for the verification of damage tolerance in fracture-critical components in order to develop "Best Practise Analysis Guidelines" for AM, PMC, and multi-material parts. The cross-cutting, multi-disciplinary approach of SpaceNDT complements European space activities while simultaneously strengthening Austria's role as a powerful competitor and competent partner in the space sector in relation to advanced manufacturing and NDT.

Projektkoordinator

- FH OÖ Forschungs & Entwicklungs GmbH

Projektpartner

- FOTEC Forschungs- und Technologietransfer GmbH
- Peak Technology GmbH
- Aerospace & Advanced Composites GmbH