

CARBOBRAKE

Development of a Thick-walled Carbon Fiber Reinforced Brake Caliper for High Performance Automotive Applications

Programm / Ausschreibung	Produktion der Zukunft, 35. AS PdZ transnationale Projekte 2020	Status	abgeschlossen
Projektstart	01.07.2021	Projektende	30.06.2024
Zeitraum	2021 - 2024	Projektlaufzeit	36 Monate
Keywords	Carbon Fiber Composites; Brake Caliper; Vibro-acoustics; Integrated Computational Materials Engineering; Life Cycle Analysis		

Projektbeschreibung

Energieeffizienz und Ressourcenschonung sind die treibenden Kräfte in der Entwicklung von Design- und Simulationsmethoden für Leichtbaustrukturen und der intensiven Nutzung von Leichtbaumaterialien in automotiven Anwendungen. Neben konventionellen Metallen und Legierungen, wurden auch Faserverbundwerkstoffe auf Basis verschiedener Kunststoffe und Faserarchitekturen für hochbeanspruchte Anwendungen entwickelt. Allerdings ist die einzige Nutzung von Designmethoden und Materialien für den Leichtbau nicht ausreichend, um die industriellen und gesellschaftlichen Herausforderungen der Zukunft zu meistern.

Leichtbau muss effizient mit Funktionsintegration über weite strukturelle Längenskalen und Komplexitätsgrade kombiniert werden. Außerdem muss eine flexible und günstige Großserienproduktion zur Erfüllung von industriellen Kostenanforderungen möglich sein. Carbonfaser verstärkte Kunststoffe haben das Potential gleichzeitig hohe strukturmechanische und funktionale Anforderungen zu erfüllen und sind dadurch ideal für effiziente High-Performance Bauteile.

Die Entwicklung einer Methode zur Kopplung von Prozess- Struktur-Eigenschaften, auch genannt Integrated Computational Materials Engineering (ICME), ist ein Schlüssel um diese Herausforderungen zu adressieren. Dabei wird das Design und die Bauteilperformance mit dem Verarbeitungsprozess durchgängig miteinander verknüpft. Das Ziel des Projekts ist die Entwicklung einer ICME Methode zur Optimierung von dickwandigen Carbonfaser-Verbundwerkstoffen für komplexe, funktionale Anforderungen. Als visionärer Demonstrator wird ein Bremssattel-Prototyp hergestellt. Betriebsbremsen in Automobilen, Nutz- und Schienenfahrzeugen werden hauptsächlich als Scheibenbremsen ausgeführt. Die Hauptkomponenten sind die Bremsscheibe und der Bremssattel mit den Bremsbelägen. Die Forschungsarbeiten werden sich neben den thermomechanischen Belastungen auch auf das vibroakustische Verhalten (Reduzierung von Geräusch durch reibungs-induzierte Vibrationen) konzentrieren. Der Bremssattel bietet ein hohes theoretisches Potential zur Gewichtsreduzierung, welches mit konventionellen Designmethoden, Materialien und Kostenüberlegungen weitgehend erschöpft ist. Ein Carbonfaser verstärkter Bremssattel könnte die geforderten Bauteilsteifigkeit und Ermüdungsfestigkeit bei hohen Anwendungstemperaturen erfüllen. Dadurch könnten erhebliche Gewichtseinsparungen und Funktionsintegration erzielt werden. Außerdem wird durch das viskoelastische Verhalten des Carbonfaser verstärkten Kunststoffes eine

signifikante Verbesserung des vibroakustischen Verhaltens erwartet.

Schließlich werden die Projektergebnisse den Weg für die Anwendungserweiterung von (Recycling-) Verbundwerkstoffen von klassischen, dünnwandigen zu dickwandigen Strukturen ebnen. Das wird zur zukünftigen Nutzung von Verbundwerkstoffen in nichtkonventionellen Anwendungen führen, wo diese stark zur Reduzierung der CO₂ und NO_x Emissionen beitragen können. Die ökologischen Aspekte werden mittels quantitativer Ökobilanzierung im Projekt berücksichtigt und in das entwickelte ICME tool integriert.

Abstract

Energy and resource efficiency are the driving forces for the development of design and simulation methods for lightweight structures and the intense use of lightweight materials in automotive applications. In addition to the conventional metals and metal alloys, fiber reinforced composites with various polymeric matrix materials and fiber architectures have been developed and applied for demanding applications. However, the only use of lightweight design methods and materials is not sufficient to master the industrial and societal challenges of the future. Lightweight must be efficiently combined with function integration over wide structural length scales and over a wide complexity. Furthermore, to fulfil cost requirements, flexible and efficient large-batch production methods should be implemented for these components. Carbon fiber reinforced composite materials with polymer matrices have the potential to simultaneously meet high structure-mechanical as well as complex functional requirements and therefore to be turned into efficient as well as high-performance parts and structures with outstanding multifunctional properties.

The development of a Process-Structure-Properties linkage methodology, also called Integrated Computational Materials Engineering (ICME) methodology, which takes all of the interrelations between construction, processing and manufacturing into account, is a key to address these challenges. This project will develop an ICME approach and a visionary prototype part to optimize the manufacturing process and the structural design of thick-walled high-performance composite components for complex functional requirements. As a demonstrator, a composite brake calliper will be developed and prototyped. Service brakes in automobiles, utility and rail vehicles are implemented mostly as disc brakes. The main parts are the brake disc and the brake calliper with the brake pads. The research and development activities will not only focus on the thermo-mechanical loads, but also on the vibro-acoustic behavior (optimization and the suppression of noise and friction-induced vibration). The brake calliper offers a high potential for weight saving, which is, however, mostly exhausted with conventional constructional methods, materials and cost considerations. A carbon fiber reinforced brake calliper (CFR brake calliper) could have the required component stiffness at high operating temperatures, it would be considerably lighter than competitive metal parts, a function integration would be possible and it should also fulfil high durability requirements. Furthermore, a significant improvement regarding the vibro-acoustic behavior is also expected due to the viscoelastic behavior of the CFRP's composites.

Finally, the results of the project will pave the way for an extension of use of (recycled) composite materials from classical thin-walled to thick-walled structures. This will lead to future use of composite materials in nonconventional applications, where these lightweight and highly performant materials will contribute to strongly decrease CO₂ and NO_x emissions. The ecological aspects will be considered in a quantitative Life Cycle Analysis which is integrated into the developed ICME tool.

Projektkoordinator

- Johannes Kepler Universität Linz Institute of Polymer Product Engineering (IPPE)

Projektpartner

- iPoint-Austria GmbH
- SECAR Technologie GmbH
- Technische Universität Graz Institut für Fahrzeugtechnik