

IDOMENEO

Influence of temperature distributions on modern engine centre frames optimization

Programm / Ausschreibung	TAKE OFF, TAKEOFF Ausschreibung 2018	Status	abgeschlossen
Projektstart	01.01.2020	Projektende	30.06.2023
Zeitraum	2020 - 2023	Projektlaufzeit	42 Monate
Keywords	Hot streaks, aerodynamics, heat transfer, turbine centre frame		

Projektbeschreibung

Im Zuge derzeitiger Bemühungen, die Schadstoffemissionen von modernen Turboluftstrahltriebwerken, allen voran das Treibhausgas CO₂, zu verringern und die neuen Grenzwerte - durch die s.g. ACARE Ziele vorgegeben - zu erreichen, wird versucht, drastisch Gewicht einzusparen um damit den Treibstoffverbrauch zu verringern. Dies gelingt durch leichtere, d.h. im wesentlichen kürzere Triebwerke, durch Verringerung des axialen Schaufelabstandes. In weiterer Folge bedeutet dies auch kürzere und leichtere Gehäuseteile. Aufgrund dieser Entwicklung haben Bereiche mit extrem hohen Temperaturen (s.g. heiße Strähnen), wie sie typisch sind für den Brennkammeraustritt, weniger Zeit sich auszumischen. Deshalb ist zu erwarten, daß auch die typische ungleichförmige Temperaturverteilung aus der Brennkammer (Overall Temperature Distribution Factor OTDF von typischerweise 25%) sich stärker auf weiter stromabwärtsliegende Bauteile wie die direkt an die Hochdruckturbine angrenzenden Schaufeln des Turbinenzwischengehäuses (engl. "turbine centre frame" TCF) und auf die Strömung durch eben diese Bauteile selbst auswirken kann. Da auch beim TCF versucht wird, Gewicht durch immer "aggressivere" Ausführungen einzusparen, ist es von großem Interesse, den Einfluß von diesen s.g. heißen Strähnen auf die ohnedies schon ablösegefährdete Strömung zu untersuchen. Außerdem ist man bestrebt, den Kühlluftbedarf zu reduzieren und das Druck- und Temperaturniveau am Brennkammeraustritt weiter anzuheben, um den Wirkungsgrad weiter steigern zu können. Bei einem gleichbleibenden OTDF steigt somit auch die maximale Strähnentemperatur an. Die Wechselwirkung zwischen diesen heißen Strähnen und den Bauteilen kann zur Reduktion der Lebensdauer bzw. zum Totalausfall der heißgasführenden Teile führen. Daher ist es aus Sicherheits-, Umwelt- und Wirtschaftlichkeitsgründen unumgänglich, diese Wechselwirkung und deren Risiken zu quantifizieren, um sie schon im Auslegungsprozess entsprechend berücksichtigen zu können. In diesem Projekt wird eine Sektor-Ringgitterkaskade aufgebaut, in der der Einfluss von heißen Strähnen auf die Aerodynamik und den Wärmeübergang (bestimmend für die Bauteillebensdauer bzw. Kühlluftbedarf) an der TCF Schaufel und den Seitenwänden experimentell untersucht wird. Als experimentelle Eintrittsrandbedingung soll das Strömungsfeld, bekannt aus Messungen, nachgebildet werden. Die Untersuchung erfolgt bei verschiedenen radialen und azimuthalen Positionen dieser heißen Strähnen in Bezug auf die TCF Vorderkante. Die Untersuchung dieses realen Effektes unter triebwerksrelevanten Bedingungen hebt dieses Vorhaben deutlich vom Stand der Technik ab, wobei die Experimente durch numerische Simulationen unterstützt werden.

Abstract

In today's attempt to reduce the emissions of pollutants, especially the greenhouse gas CO₂, and to achieve more strictly limits, aero engine manufacturers try to reduce weight of their engines in order to reduce fuel consumption. This is done by lightweight designs and shorter engines due to smaller axial distance between blade and vanes. These measures also lead to shorter casing parts. Due to this development, the available time for hot streaks to mix out is reduced. Such hot streaks are typical for combustion chamber outlets and can be found in every engine. Therefore, it is assumed that such non-uniform temperature distribution from the outlet of the combustor (OTDF of app. 25%) will affect more downstream parts such as the Turbine Centre Frame (TCF) as well as the flow through these components. Because of aggressive TCF designs to additionally save weight of the engine, it is crucial to know the influence of hot streaks onto the flow through the TCF and the boundary layer that is close to separation. Further, the amount of cooling air should be reduced together with an increase of temperature level and pressure ratio to achieve higher efficiencies. But this leads to higher temperatures of the streak if the OTDF is nearly the same. The interaction of that hot streak with engine components reduces engine life time drastically or leads to fatal malfunctions of components in the hot gas path. Therefore, it is crucial to quantify these interactions and risks for the sake of safety, economics and environmental protection. These risks must be considered already during the design process.

Within this project an annular sector cascade is designed, manufactured and brought into service in order to experimentally study the effect of hot streaks onto the aerodynamics and heat transfer to the TCF struts surfaces and end walls. As inlet condition an engine realistic flow field is simulated. The investigation is conducted for several radial and circumferential positions of the hot streak regarding to the leading edge of the TCF strut. The experimental investigation of this realistic effect under engine representative conditions goes beyond state-of-the-art.

Projektkoordinator

- Technische Universität Graz Institut für Thermische Turbomaschinen und Maschinendynamik (TTM)

Projektpartner

- bionic surface technologies GmbH