

H2-TCF

Aerothermale Untersuchung eines aggressiven Turbinenzwischengehäuses im neuen Spannungsfeld der Wasserstoffverbrennung

Programm / Ausschreibung	FinVn 22/23, Mobilitätssystem, Take Off: LUFO Ausschreibung 2022	Status	laufend
Projektstart	01.01.2024	Projektende	31.12.2027
Zeitraum	2024 - 2027	Projektlaufzeit	48 Monate
Keywords	Turbinenzwischengehäuse; Wärmeübergang; Filmkühlung; Wasserstoffverbrennung, Hot-Streaks, Einströmbedingungen;		

Projektbeschreibung

H2-TCF ist eine experimentelle Versuchskampagne zur Messung des Wärmeübergangs und der Purge-Filmkühlung in einem aerodyn. aggressiven Turbinenzwischengehäuse mit geraden Stützschaufeln (TCF) im neuen Spannungsfeld der Wasserstoffverbrennung.

Aufgrund der immer weiter steigenden Turbineneintrittstemperatur in einem Triebwerk und der Hot-Streaks (=heißen Strahlen) aus der Brennkammer, welche durch den Einsatz von Wasserstoff wesentlich intensiver sein werden, wird der TCF in Zukunft zu einem thermisch kritischen Bauteil werden. Hot-Streaks sind, sehr vereinfacht ausgedrückt, die örtlichen Temperaturmaxima stromab der Brennkammerflammen. Diese Hot-Streaks sind auch noch am TCF Eintritt mit hoher Intensität vorhanden. Bereits heute betragen die TCF Eintrittstemperaturen 1000°C. Dies wird gerade noch ohne externe Kühlung vom Bauteil ertragen. Durch die steigende Turbineneintrittstemperatur und die von der Wasserstoffverbrennung verstärkten Hot-Streaks ist nun eine umfängliche Wärmeübergangsuntersuchung dieses Bauteils unabdingbar. Weiters soll das Kühlungspotential der bereits vorhandenen Hochdruckturbinensperrluft (=Purge) im TCF untersucht werden, vor allem wenn Hot-Streaks ebenfalls anwesend sind. Es gab bereits in der Vergangenheit ein Projekt (Opti-TCF) am ITTM zum Wärmeübergang in diesem TCF wo eine Turbine(HPT) stromauf betrieben wurde. Die Ergebnisse aus Opti-TCF waren so komplex, dass zwar eine quantitative Messung aber kein vollumfängliches Verständnis des Wärmeübergangs und der zugrundeliegenden Mechanismen möglich war. Dieses Verständnis ist jedoch für eine erfolgreiche Einführung von Wasserstoff in Flugzeugturbinen essentiell.

Dies soll mit H2-TCF gelöst werden. Der Prüfstand(AnCa) verfügt über modulare Einbauten vor dem TCF, die sich schrittweise an die komplexe Abströmung einer Turbine annähern. Zusätzlich wird ebenfalls ein modular einbaubarer Hot-Streak Generator eingesetzt, der es erlaubt, den Einfluss und die Migration von Hot-Streaks im TCF zu untersuchen.

Es wird erwartet, dass die Strömungsphänomene, die in Opti-TCF alle gleichzeitig und überlagert aufgetreten sind, sich schrittweise durch hinzufügen der modularen Einbauten in der AnCa einstellen und so ein tiefgründiges Verständnis des Wärmeübergangs und der Filmkühlung des TCFs ableiten lässt. Dieses Verständnis soll dann verwendet werden um CFD Simulationen zu kalibrieren und Modelle zu erstellen, die es erlauben das Verhalten dieser Komponente in Zukunft abzuschätzen. Weiters lässt sich eine Aussage treffen ob die aktuellen TCF designs überhaupt für intensivere Hot-Streaks,

verursacht durch Wasserstoffverbrennung, geeignet sind und ob daher Wasserstoff aus Sicht des TCFs in aktuellen Designs drop-in fähig ist.

Im internationalen Vergleich mit anderen Untersuchungen und vor Allem im Vergleich mit dem FFG-Projekt IDOMENEO (874530) ist H2-TCF das erste Vorhaben, in dem ein State-of-the-Art TCF mit modularen Einströmungsbedingungen, Purge Kühlung und einem modularen Hot-Streak Generator untersucht wird. Es wird hier also auch die Interaktion der Hot-Streaks mit den Purge Kühlfilm und den modularen Einbauten untersucht. Dies ist ein absolutes Novum. Es ist neben Opti-TCF überhaupt die erste Untersuchung, in der die Kühlwirkung der Purge Luft aus der Turbine berücksichtigt und untersucht wird. Wir erwarten uns, dass vor allem die Interaktionen zwischen Hot-Streak, Purge Luft und modularen Einbauten höchst nicht-triviale Strömungseffekte und Phänomene hervorrufen wird. Deren Kenntnis wird die Auslegung des wasserstofffähigen TCFs der Zukunft äußerst beschleunigen.

Abstract

H2-TCF is an experimental test campaign to measure heat transfer and purge film cooling in an aerodynamically aggressive turbine center frame with non-turning structural Vanes (TCF) in within the new field of tension of hydrogen combustion. Due to the ever increasing turbine inlet temperature in an engine and the hot streaks from the combustor, which will be much more intense due to the use of hydrogen, the TCF will become a thermally critical component in the future. In very simplified terms, hot streaks are the local temperature maxima downstream of the combustion chamber flames. These hot streaks are also still present at the TCF inlet with high intensity. Already today, TCF inlet temperatures are 1000°C. This is just about tolerated by the component without external cooling. Due to the increasing turbine inlet temperature and the hot-streaks intensified by hydrogen combustion, a comprehensive heat transfer investigation of this component is now indispensable. Furthermore, the cooling potential of the already existing high-pressure turbine purge air, primarily used to seal the cavities of the turbine, in the TCF shall be investigated, especially in the presence of hot-streaks. There was already a previous project (Opti-TCF) at ITTM on heat transfer in this TCF where a turbine (HPT) was running upstream. The results from Opti-TCF were so complex that only the quantification of the heat transfer was possible but not a full comprehension of the underlying mechanisms. This understanding, however, is essential for the successful introduction of hydrogen in aero engines.

This will be solved with H2-TCF. The used test rig (AnCa) has modular components or inserts upstream of the TCF that gradually approximate the complex downstream flow of a turbine. In addition, a hot-streak generator that can be installed in a modular fashion will also be used, allowing to study the influence and migration of hot-streaks in the TCF.

It is expected that the flow phenomena, which all occurred simultaneously and superimposed in Opti-TCF, will gradually adjust by adding the modular components and inserts in the AnCa, allowing a deep understanding of the heat transfer and purge film cooling of the TCF to be derived. This understanding will then be used to calibrate CFD simulations and create models that will allow to estimate the behavior of this component in the future. Furthermore, a statement can be made as to whether the current TCF designs are at all suitable for more intense hot-streaks caused by hydrogen combustion and whether hydrogen is therefore drop-in capable from the point of view of the current TCFs.

In international comparison with other investigations and especially in comparison with the FFG project IDOMENEO (874530), H2-TCF is the first project to investigate a state-of-the-art TCF with modular inflow conditions, purge cooling and a modular hot-streak generator. Thus, the interaction of the hot streaks with the purge cooling films and the modular inflow conditions is especially investigated here. This is an absolute novelty. Besides its predecessor Opti-TCF, it is the first investigation ever to consider and investigate the cooling effect of purge air from the upstream turbine. In particular, we anticipate that the interactions between hot-streak, purge air, and modular internals will produce highly non-trivial flow effects and phenomena.

Knowledge of these will greatly accelerate the design of the hydrogen-capable TCF of the future.

Projektkoordinator

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

Projektpartner

- bionic surface technologies GmbH