

Kurzfassung

Multikriterielle Optimierung am Beispiel einer Turbinenbaugruppe

Die Leistungsfähigkeit eines Flugtriebwerks wird vom Spaltverhalten des Verdichters und der Turbine nachhaltig beeinflusst. Die Spaltgrösse ist abhängig von auftretenden Belastungen und der konstruktiven Gestaltung der beteiligten Baugruppen. Letzteres ist die Grundlage der Dissertation, in der das Verhalten einer Baugruppe einer Hochdruckturbinen durch eine optimierte Gestaltung der Bauteile verbessert werden soll. Es sind dabei einander widersprechende Anforderungen umzusetzen, weshalb eine hohe Entwurfsvielfalt evaluiert werden muss. Eine klassische, manuell ablaufende Entwurfsgestaltung und -berechnung ist hier bei nicht zielführend. Ein integrierter, automatisierter Entwurfsprozess, der den CAD-Modellaufbau und die strukturmechanische Berechnung umfasst, bietet hier vielfältige Vorteile und wird im Rahmen der Arbeit erstellt. Der Entwurfsprozess ist dann die Basis für einen Optimierungsprozess, der die Vorteile genetischer Algorithmen trotz zeitintensiver FE Analysen nutzt. Die Lösung liegt in der Verwendung adaptiver Antwortflächen, die zunächst aufgestellt und dann im Prozessverlauf gezielt angepasst werden.

Eine hohe Variantenvielfalt in den umsetzbaren Entwürfen in Verbindung mit einer hohen Prozessstabilität im CAD- und FE-System sowie eine optimierungsrechte Gestaltung der Parametrisierung mit frei wählbaren Parameter und nur wenigen Nebenbedingungen bilden den Kern einer erfolgreichen Optimierung in der Strukturmechanik. Mit der Parametrisierung, die statt auf viele CAD-Variablen auf nur wenige, dafür aber dimensionslose Parameter zur Entwurfsgestaltung setzt, wurde eine effektive Strategie zum Erreichen der Ziele entwickelt und umgesetzt. Die gewonnene hohe Variantenvielfalt ist ein Vorteil für die Suche nach dem Optimum. Um diese auch bei stark restringierten Problemen in Verbindung mit Antwortflächen nutzen können, wurde ein Algorithmus entwickelt, der in der Definition der initialen Stützstellen bereits einzelne Nebenbedingungen des Optimierungsproblems aufnimmt. Die Suche kann so auf die interessierenden Bereiche fokussiert und beschleunigt werden.

Abstract

Multi-Objective Optimisation of a Turbine Component

The performance of an aero engine is significantly affected by the tip clearance behavior of the compressor and turbine. Its impact depends on the loads and the design of the involved components. The design is the basis for the present thesis where the behavior of a high pressure turbine shall be improved by an optimised design. Due to contradicting requirements, a high quantity of designs needs to be evaluated. In this case, an integrated and automated design process including the CAD modeling and the structural mechanics analysis provides many advantages. The thesis presents such a design process which is then the basis for the subsequent optimisation process using the advantages of genetic algorithms even in the presence of time-consuming FE calculations. The solution is an adaptive response surface algorithm.

A high variant diversity in the design together with a high process stability in the CAD- and FE-system and a suitable structure of the parametrisation with optimisation-oriented design parameters and less constraints is the key for a successful optimisation in structural mechanics. To reach the targets, an effective parametrisation strategy was developed which contains a small quantity of dimensionless parameters instead of many CAD variables. This leads to the high variant diversity and is an advantage for the optimisation. To use this strategy also for highly constraint problems in combination with response surfaces, an algorithm was developed to consider the constraints of the optimisation problem in the definition of the initial sample points already. The optimisation is less time-consuming due to its focus on the interesting areas.