

Kurzfassung

Entwicklung von Prozessen und Optimierungsstrategien zur multidisziplinären Auslegung von Hochdruckturbinenschaufeln

Frank Freidank

Schlüsselwörter: Mehr-Ziel-Optimierung, Rotorschaufel, Hochdruckturbine, Turbinenkühlung, Schaufel-Scheibe-Verbindung, Antwortflächen, Robustheit

Bei der Rotorschaufel der Hochdruckturbine handelt es sich um das erste rotierende Bauteil nach der Brennkammer. Dementsprechend sind sowohl die thermischen als auch strukturellen Lasten durch die vorherrschende Temperatur beziehungsweise Rotation enorm. Die beteiligten Disziplinen zur Auslegung einer solchen Komponente sind die Struktur- und Lebensdauerberechnung, die Aerodynamik und die Kühlung der Turbinenschaufel, wobei die letzteren beiden Disziplinen auch oft unter dem Begriff *aerothermal* zusammengefasst werden.

Innerhalb dieser Arbeit werden unterschiedliche Teilgebiete der Rotorschaufel ebenso wie methodische Aspekte bearbeitet. Dies umfasst Untersuchungen zur Verbindung zwischen der Rotorschaufel und der dazugehörigen Turbinenscheibe, welche als Tannenbaumfuß bezeichnet wird. Dabei steht der Einfluss der verwendeten Parametrisierung auf den gesamten Auslegungsprozess im Vordergrund. Darunter fallen alle notwendigen Arbeitsschritte von der theoretischen Überlegung, wie die Parametrisierung gestaltet werden kann, die entsprechende Integration in die CAD-Software bis zu den Eigenschaften des besten Entwurfes des Tannenbaumfußes. Ziel ist es, durch Variation der vereinfachten zweidimensionalen Geometrie, die Spannung in kritischen Regionen zu reduzieren.

Ein wesentlicher Teil der vorliegenden Arbeit befasst sich mit der Verbesserung eines Arbeitsprozesses für die Turbinenkühlung und der Durchführung von Optimierungen mit den verwendeten Parametrisierungen für die interne Schaufelgeometrie. Ziel ist ebenfalls die Entwicklung von Optimierungsstrategien für den betrachteten Fall. Im Detail handelt es sich um Variationen der Filmkühlbohrungen und Turbulatoren (in diesem Fall interne Rippen), wobei der Massenstrom für die Filmkühlung und die Oberflächentemperatur der externen Schaufelflächen minimiert werden sollen. Es handelt sich um eine Optimierung mit mehreren Zielen und ein sogenanntes *Mixed-Integer-Problem*, bei dem Eingaben sowohl diskret, als auch kontinuierlich vorliegen.

Als letzter Schwerpunkt wird untersucht, wie stark die Rechenzeit durch Verwendung von Antwortflächen reduziert werden kann, um vor allem Aspekte von Robustheit mit in die Optimierung zu integrieren. Insbesondere die Vertrauenswürdigkeit der dazu benötigten Methoden ist von herausragender Bedeutung. Dies umfasst nicht nur die Methoden zur Erstellung von Antwortflächen, sondern auch die Methoden zur Qualitätsbewertung von Antwortflächen und zur Erstellung der verwendeten Stützstellen. Als Untersuchungsobjekt dient ein Arbeitsablauf für die Spannungs- und Lebensdauerberechnung der Hochdruckturbinenschaufel. Hierbei werden Geometrieparameter ebenso wie Materialparameter und Parameter für die Randbedingungen verändert. Zielgröße ist primär die Lebensdauer auf der Schaufeloberfläche. Es werden aber auch andere Größen, wie Masse und aerodynamischer Wirkungsgrad, einbezogen.