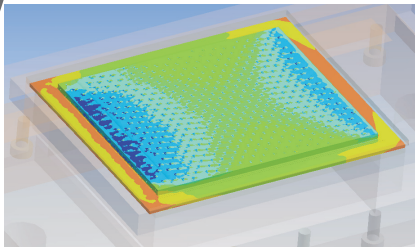




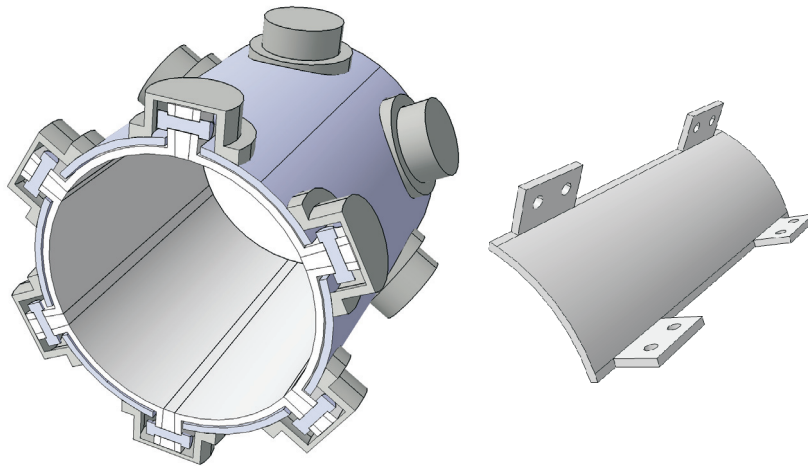
Design und Auslegung von CMC-Bauteilen



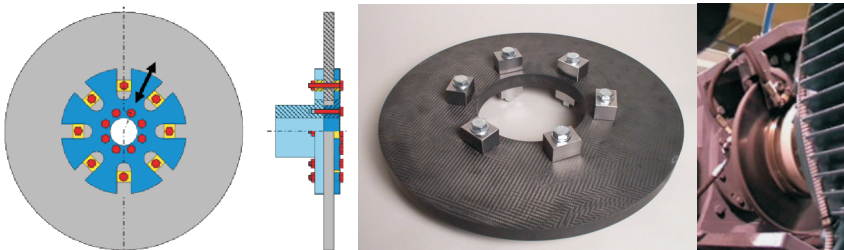
Hauptspannungsverteilung in einer oxidischen CMC Brennkammerschindel

Design

Schwerpunkte der Auslegung liegen in der Integration von CMC-Komponenten (Ceramic Matrix Composites) in konventionellen metallischen Tragstrukturen mittels numerischen Analysen. Hierbei sind vor allem die stark unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten und Betriebstemperaturen von keramischen Bauteilen und metallischer Tragstruktur zu berücksichtigen. Befestigungskonzepte wurden beispielsweise für die C/C-SiC Bremscheibe und für CMC Brennkammerauskleidungen zur Anbindung an die umgebende metallische Struktur entwickelt.



CMC Brennkammer in metallischer Tragstruktur und eine gekrümmte Brennkammerschindel



C/C-SiC Bremscheibe mit Befestigungskonzept an metallischer Tragstruktur

Numerische Analysen

Mit Hilfe von numerischen Analysen werden kostenaufwändige Serientests verringert. Die Finite Element Methode (FEM) wird genutzt, um CMC-Bauteile und umgebende Strukturen zu modellieren. Zunächst wird mit Unigraphics ein 2D oder 3D Modell konstruiert und anschließend mit der FEM Software ANSYS vernetzt. In Zukunft werden auch verstärkt Bauteile und Werkstoffe simuliert werden, deren Strukturen durch Computertomographie-Scans ermittelt wurden.

In ANSYS liegen verschiedene, für CMCs geeignete, Netz-Elemente vor: mit den Solid Elementen von ANSYS können orthotrope Materialien wie CMCs relativ einfach berechnet werden. Mit den Laminar Elementen können auch Schichten von keramischen Verbundwerkstoffen mit unterschiedlichen Faserorientierungen, z.B. gewickelte Werkstoffe, simuliert werden.

Nach der Auswahl von werkstoffgerechten Modellen werden Materialeigenschaften, Lasten und Randbedingungen definiert. Die CMC Materialeigenschaften erhält man von thermischen bzw. mechanischen Tests von Werkstoffproben oder aus bereits existierenden Material-Datenblättern.

Thermische Lasten können, wie im Falle der Brennkammerauskleidung, von Strömungssimulationen (Fluent, ANSYS CFX) importiert werden. Hierbei spielt die Vernetzung der einzelnen DLR-Institute in den Bereichen Strömungs- und Strukturmodellierung eine entscheidende Rolle.

Alle Randbedingungen müssen so realitätsnah wie möglich aufgebracht werden, zusätzliche Testergebnisse können hierfür hilfreiche Informationen (Zugkraft, Druckstelle) liefern.

Anschließend werden die Simulationsergebnisse analysiert. Hierfür stehen verschiedene Versagenskriterien (Maximum der Hauptspannung, Tsai-Wu u. ä.) zur Verfügung. Durch abschließende Tests an Prüfständen des DLR werden die Berechnungsergebnisse validiert.