

Geometriegestaltung und Formfindung von CFK-Bauteilen durch simulationsbasierten Ansatz

Der Entwicklungsdienstleister ARRK|P+Z Engineering verfolgt bei der Produktentwicklung mit Verbundwerkstoffen eine simulationsgetriebene Strategie. Das macht nicht nur den Prozess transparenter, die Konzeption von Material und Design anhand der Lastpfade ermöglicht auch eine ideale Geometrieauslegung ohne unnötiges Gewicht.

Werden Bauteile aus faserverstärkten Werkstoffen mit klassischen Verfahren konstruktiv ausgelegt, entsteht ein zwar materialbedingt leichtes Bauteil, das aber nicht so leicht ist, wie es sein könnte, mithin seine Vorteile nicht optimal ausspielt. Die neue, auf Composites zugeschnittene Herangehensweise geht daher stattdessen vom Baubereich, den Entwicklungszielen und Anwendungsanforderungen aus und ermöglicht es, die speziellen Eigenschaften der Werkstoffe auch wirklich zu nutzen.

Geometrie und Material passend zu Lastpfaden

Zunächst werden dazu mittels Topologieanalyse die Hauptlastpfade festgelegt. So kann bereits sehr früh beurteilt werden, wo ein- oder multi-axiale Lasten anfallen, was die Zahl nötiger Entwicklungsschleifen minimiert. Bei der Gestaltung eines entsprechenden Designentwurfs werden bereits geeignete Werkstoffkonfigurationen und Faserverläufe gewählt, welche die wirkenden Kräfte im Idealfall auch ohne Verstär-

kungen ausgleichen können. Ein interdisziplinäres Vorgehen ist hierbei essentiell, da unter anderem über die Bauweise entschieden wird. Mit der Topologie als Basis können zudem die Kraftflüsse berücksichtigt und Geometrien so gewählt werden, dass Trennbereiche in weniger belastete Zonen fallen, was die Robustheit erhöht und den Verbindungsaufwand reduziert.

Detaillierung in mehreren Stufen

Für das Pre-Processing wird ein entsprechendes CAD-Modell erstellt. Dabei sollten Shell-Elemente in einer Netzfeinheit verwendet werden, die eine gleichmäßige Spannungsverteilung gewährleisten. Zusätzlich muss auf die Bauweise, die Element-Ausrichtung und den Lagenaufbau geachtet werden. Schraub-, Bolzen- und Klebeverbindungen werden im Grobmodell mittels Rigid-Body-, Balken- oder Solidelementen ausreichend getreu abgebildet. Für Detailbetrachtungen sollten versagenskritische Stellen jedoch separat verfeinert werden. Für das Post-Processing ist noch stärker auf

die richtigen Einstellungen zu achten: Die Auswertung sollte bei Verbundwerkstoffen immer in einem Material- oder einem darauf ausgelegten Elementkoordinatensystem erfolgen und bei Schalenelementen die Auswertungsstelle berücksichtigt werden. Generell sind Anstrengungen Fehlerindizes vorzuziehen, da sie eine linear skalierbare Aussage über die Belastung treffen.

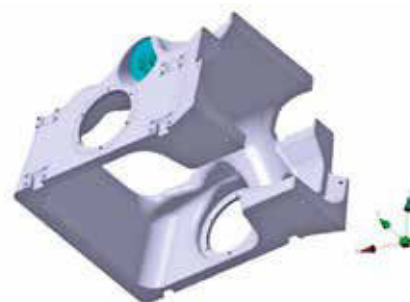
Ausgehend von der Simulation werden die Geometrie, der Lagenaufbau und die Faserorientierung optimiert und überprüft. Damit die finale Konstruktion alle Anforderungen erfüllt, ist zusätzlich das Know-how der Ingenieure erforderlich: Neben der Generierung eines Designkonzepts mit den nötigen Dicken und Faserausrichtungen und dessen Umsetzung bzw. Optimierung über die Gestaltung des Laminats und der Lagenbündel, sind insbesondere bei der Ermittlung der idealen Stapelreihenfolge manuelle Eingriffe angeraten, da aktuelle Solver hier noch nicht ausreichend unterstützen können. Ebenso ist zu entscheiden, ob die Verbindungstechnik ausreichend präzise abgebildet wurde. Zum Abschluss sollte alle



Das Verfahren führt zu ungewöhnlichen Designvorschlägen, die jedoch den Besonderheiten und der Anpassungsfähigkeit der Verbundwerkstoffe Rechnung tragen und so mit wenig Materialeinsatz eine hohe Funktionalität erreichen.



Bereits in der Konzeptphase spielen auch Erwägungen hinsichtlich des Materials, der Bauweise, der Verbindungen und der Fertigungstechnik eine wichtige Rolle, um eine ideale Geometrie zu finden, die alle Vorteile eines Verbundwerkstoffes nutzt.



Aus dem Konzeptvorschlag wird erst im zweiten Schritt eine realistische Geometrie abgeleitet. So wird beim simulationsbasierten Ansatz die Form direkt aus den Anforderungen entwickelt, statt sie umständlich anzupassen.

Lastfälle nochmals simuliert und zusätzlich auch praktische Tests des Bauteils vorgenommen werden.

Transparenz schaffen

Generell lässt sich sagen, dass mittels eines simulationsgestützten Ansatzes Composite-Bauteile heute schnell und unter Ausnutzung aller Vorteile entwickelt werden können. Ein mindestens ebenso wichtiger Aspekt ist, dass damit die Entwicklungsprozesse transparent werden, was zu ihrer Akzeptanz im industriellen Umfeld beiträgt. „Daneben brauchen wir aber auch feste Normen und einheitliche Toollandschaften, um Unternehmer, die die Berechenbarkeit von Stahl gewohnt sind, von der Verlässlichkeit faserverstärkter Kunststoffe zu überzeugen“, erklärt Monika Kreutzmann, CoC Composites-Leiterin bei ARRK|P+Z Engineering. Sie engagiert sich daher mit ihren Kollegen

auch in den internationalen Fach-Netzwerken MAI Carbon und dem Carbon Composites e.V., die daran arbeiten, die Standardisierung voranzutreiben.

Weitere Informationen:

Dr. Thomas Burkhart,

Gruppenleiter Technische Berechnung & Simulation,

Monika Kreutzmann,

Leiterin des Center of Competence (CoC) für Composites,

ARRK|P+Z Engineering, München,

Telefon +49 (0) 89/31 85-70,

E-Mail: info@puz.de,

www.puz.de



Die Eigenschaften des Verbundwerkstoffs basieren unter anderem auf dem Faservolumen, der Halbzeugart, der Matrix und dem Fasertyp. Alle Variablen bis hin zur Verarbeitungsweise lassen sich passend zu den ermittelten Anforderungen und Lasten wählen, um den am besten geeigneten Werkstoff zu verwenden.