

# Maximale Belastbarkeit, minimales Gewicht

MICHAEL ANTONELLIS

**Ultraleichte, stabile Verbundwerkstoffmaterialien eignen sich ideal für Formel-Eins-Autos. Für Konstrukteure und Hersteller aber bieten sie zwei wesentliche Herausforderungen. Zum einen ist die Beschichtung eines Verbundwerkstoffteils ein komplexer manueller, zeitaufwändiger Prozess. Zum anderen ist die Überprüfung der Stärke eines entworfenen Teils vor der Beschichtung schwierig. Software für den Entwurf und die Herstellung von Verbundwerkstoffteilen beschleunigte die Schichtlaminierung bei Renault um 62 Prozent.**

Geschwindigkeit, Kraft und Kontrolle sind die Mantras der Teams, die Rennwagen herstellen. Um sicherzustellen, dass die Teams ein qualitativ hochwertiges Teil rechtzeitig abliefern können, ist eine genaue Fertigungskontrolle von überragender Bedeutung. „Wir müssen rigorose Fristen und Spezifikationen direkt beim ersten Mal einhalten“, sagt Alan Duerden, CAD-Konstrukteur bei Renault F1 Team Limited in Oxfordshire, Großbritannien. „Selbst wenn wir mit so komplexen Materialien wie Verbundwerkstoffen arbeiten.“

Um auf diese Herausforderungen einzugehen, wählte das Renault-F1-Team die Software FiberSIM von VISTAGY, Inc., aus, um seine Verbundwerkstoffteile zu entwerfen. Die Konstrukteure verwendeten die Software für die Entwicklung und Herstellung des Rennwagenchassis und des Frontflügels. Durch FiberSIM waren sie in der Lage, ihren Fertigungsprozess zu kontrollieren und so die erforderliche Qualität sicherzustellen und gleichzeitig das Tempo der Verbundwerkstoff-Schichtlaminierung um 62 Prozent zu steigern.

## Die Entwicklung des Rumpfs

Im Renault-F1-Team-Technikzentrum in Enstone, Großbritannien, finden das Design und die Entwicklung – und fast die gesamte Herstellung – der Rennwagen statt. In seiner Abteilung Advanced Digital Manufacturing verwendet das Zentrum mehrere CAD-Tools und Anlagen für Rapid Prototyping. „Eine bessere Ausstattung oder ein er-



Das Chassis verkörpert die Entwicklungsziele des Rennwagens: maximale Stärke bei minimalem Gewicht. Erreicht wird dies durch die Verwendung von Verbundwerkstoffteilen, deren Herstellung aufwendig ist. Bilder: Renault F1

fahreneres Team kann man sich nicht wünschen“, sagt Duerden. „Das trifft vor allem auf die Abteilung für die Konstruktion und die Herstellung von Verbundwerkstoffen zu.“

Aber auch mit dieser Ausstattung stößt diese Abteilung bei manchen Teilen an ihre Grenzen. Das Chassis, die größte Verbundwerkstoffkomponente, ist beispielsweise ein Kernverbund einer äußeren und inneren Verkleidung mit einem Kern, der aus einer Verbindung von Aluminiumwaben und Nomex (einem harzbeschichtetem Papier) besteht. Die äußere Verkleidung ist ein Schichtstoffverbund aus mehr als 200 Kohlenstofffaserschichten, die teils gleichlaufend, teils verwoben sind. Techniker tragen die Schichten nacheinander auf, wobei sie genaue Anweisungen für die Platzierung, Ausrichtung und den Ausgangspunkt der einzelnen Schichten befolgen müssen.

Die Software FiberSIM läuft innerhalb der CAD-Umgebung und steuert alle Aspekte der Musterzeichnung, der Analy-

se, des Konstruktionsplans und der Fertigung von Verbundwerkstoffteilen. Über FiberSIM können Ingenieure Konstruktionsprozesse automatisieren, die Teilebeschichtung simulieren und die Produzierbarkeit von Teilen abschätzen. Die Software erstellt auch Flachmuster für die einzelnen Schichten. Schließlich exportiert FiberSIM Daten für automatische Materialschneidegeräte, Faserpositionierungsmaschinen und Laserprojektoren zur Schichtlaminierung.

Um das Chassis zu erstellen, arbeiteten die Konstrukteure des Renault-F1-Teams mit dem nativen CATIA-Modell des Teils. Sie setzten FiberSIM ein, um eine detaillierte Bibliothek von Schichtspezifikationen zu erstellen, die etwa das Material, die Reihenfolge der Schichten und die Ausrichtung der Fasern der einzelnen Schichten enthält. Diese Informationen gaben sie in Formulare ein, die mit der relevanten Geometrie je-

der Schicht des CAD-Modells verknüpft sind. Die Konstrukteure verwendeten dann FiberSIM, um die Schichtlaminierung zu simulieren und nach Schwachstellen zu suchen, die durch Schichtabweichungen entstanden sein könnten. Diese könnten sich aus der Überlagerung des Verbundwerkstoffmaterials auf die Krümmungen des Teils ergeben. Die Ergebnisse der Simulationen konnten sie dann auswerten, um die optimalen Ursprungspunkte und Richtungen für die Laminierung zu bestimmen.

### Schnellere Erstellung von Mustern

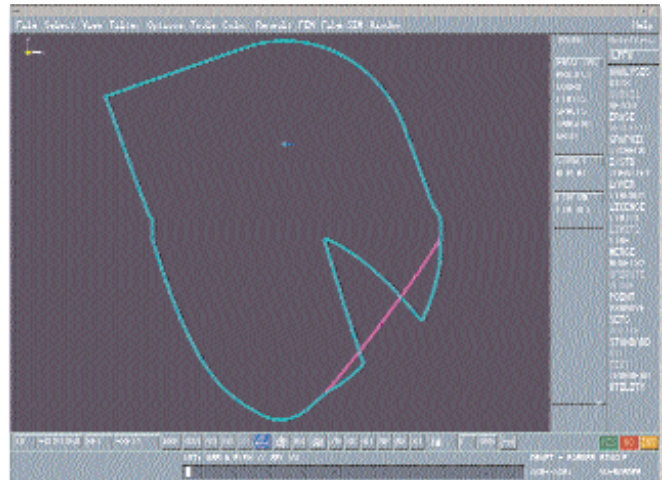
Während früher Techniker zur Erstellung von Flachmustern Papierblätter auf die fertige Chassisform auflegten und dann von Hand die Papiere auf die Form der verschiedenen Schichtmuster zuschnitten, konnten die Ingenieure mit FiberSIM die meisten Flachmuster direkt aus den fertigen Schichtdaten des CAD-Modells erstellen. Die Konstrukteure konnten die Flachmusterdaten dann auf einer Schablonenfolie plotten. Bevor die komplexen Schablonen an die automatische Schneidemaschine geschickt wurden, überprüften die Konstrukteure sie noch einmal mit ihrem Laserprojektionssystem. Am Ende verwendeten sie FiberSIM, um erfolgreich 40 Schablonen für 152 Schichten zu erstellen – 78 Prozent der Schichten der Außenverkleidung des Teils. „Angesichts der Komplexität eines Formel-Eins-Chassis ist diese Ziffer von 78 Prozent beeindruckend“, sagt Duerden. „Normalerweise würde ich erwarten, dass bis zu 50 Prozent der Schablonen umfangreiche Nacharbeiten am Werkzeug erfordern.“

FiberSIM wurde ebenfalls für die Herstellung des Frontflügels des Rennwagens eingesetzt. Der Frontflügel ist deutlich kleiner als das Chassis, aber seine Entwicklung und Herstellung stellen das Team vor einzigartige Herausforderungen. Um nach einer Änderung der Vorschriften so viel Anpresskraft wie möglich zu erzielen, hat das Renault-F1-Team sich für einen modifizierten V-Flügel entschieden.

Aber die Kerbe in der Mitte, kombiniert mit einem gewölbten ausgehöhlten Bereich an der Hinterkante, führt zu einer sehr komplexen Krümmung der Flügeloberfläche. „Dadurch wird die Teilefertigung deutlich schwieriger, da es bedeutet, dass sich Schichten bei der Laminierung auf unerwartete Art verschieben können“, betont Duerden. Die sich hieraus ergebende Änderung der Faserausrichtung könnte zu Schwachstellen am Teil führen.

Die Konstrukteure von Renault verwendeten die Schichtdaten aus den zuvor hergestellten Fertigungszeichnungen für den Flügel und erstellten mithilfe eines bestehenden 3D-Modells des Flügels die notwendigen Geometrien, um die Schichtgrenzen in FiberSIM zu definieren. Dann generierten sie Flachmuster und exportierten diese Daten direkt zur Laserprojektionsanlage, wo sie die projizierten Muster auf den komplexen Oberflächen der oberen und unteren Flügelinstrumente verwendeten, um die Komponenten zu beschichten. In diesem Fall wurde eine Laserprojektionsmaschine von Assembly Guidance Systems (Chelmsford, Mass., USA) eingesetzt. FiberSIM funktioniert mit allen bedeutenden Marken für Lasermusterprojektionsgeräte.

**Die Software FiberSIM beschleunigt die Erstellung von Flachmustern von Verbundwerkstoffen. Früher mussten Techniker Papierblätter auf die fertige Chassisform auflegen und die Papiere auf die Form der verschiedenen Schichtmuster zuschneiden.**



### Chassis und Frontflügel im Zeitplan

Das Chassis und der Frontflügel wurden innerhalb des Zeitplans fertiggestellt. Sie entsprachen allen Konstruktionszielen, was das Gewicht betrifft, ebenso wie allen von der FIA vorgeschriebenen Stärke- und Aufprallspezifikationen. Und nun herrscht eine größere Konsistenz zwischen allen Teilen, die mit FiberSIM und dem Laserprojektionssystem beschichtet wurden. Die Laserdaten aus FiberSIM werden auch weiterhin für die Chassiskonstruktion verwendet.

Obwohl die Implementierung von FiberSIM aufgrund der Komplexität des Teils zu einem leichten Anstieg der Konstruktionszeit für das Chassis führte, konnte durch den verbesserten Entwurf die Fertigungszeit so stark gesenkt werden, dass der gesamte Produktentwicklungszyklus beschleunigt wurde. Für den Frontflügel, ein weniger komplexes Teil als das Chassis, gingen die Konstruktionszeiten durch den Einsatz von FiberSIM und der Laserprojektionsmaschinen um 25 Prozent zurück, die Zeit bis zur Fertigungsreife um 20 Prozent. Während der Herstellung des neuen Chas-

sis führte das Renault F1-Team eine Vergleichsstudie der Fertigungszeiten gegenüber dem vorherigen Chassis durch. Sie konnten die folgenden Einsparungen verzeichnen:

- Reduzierung der Zeit zum Erstellen von Flachmusterschablonen von 30 Prozent.
- Reduzierung der Beschichtungszeiten der Außenverkleidung des Chassis um 20 Prozent.
- Reduzierung der Beschichtungszeiten der Innenverkleidung um 25 Prozent.

Obwohl das neue Chassis 27 Prozent mehr Schichten hat als das vorherige, waren die Techniker von Renault dennoch in der Lage, die Gesamtbeschichtungszeiten für das

ganze Teil deutlich zu senken. Die Techniker konnten durchschnittlich 40 Schichten pro Tag auftragen, verglichen mit nur 25 unter Verwendung der vorherigen Methoden. Die gesamte Zeitersparnis gegenüber dem Vorjahr belief sich durch den Einsatz der Laserprojektionsanlagen zusammen mit FiberSIM schließlich auf 15 Prozent. Und das, trotz anderer Fertigungsprobleme, zum Beispiel einer komplexeren Kernlaminierung, die die Fertigung des Chassis verlangsamte, sowie einer höheren Anzahl von Schichten.

FiberSIM bildet einen Teil einer Gesamtstrategie bei Renault F1 Team Limited zur effizienten Herstellung qualitativ hochwertiger Teile. Für den nächsten Rennwagen wird das Team FiberSIM noch intensiver einsetzen. Duerden betont: „Viele der von uns hergestellten Komponenten, etwa das Chassis und der Flügel, müssen strenge FIA-Tests bestehen. Durch den Einsatz von FiberSIM sind wir zuversichtlich, dass jeder Entwurf und jedes Ersatzteil den Anforderungen entsprechen wird.“

KENNZIFFER: DEM14411