

Numerische Simulation von Kunststoffbauteilen unter Biegebeanspruchung mit Analyse der Schädigungsmechanismen nach dem Materialmodell von Camanho

Stephanie Hambsch

1. Einleitung

Für eine geeignete Dimensionierung von Bauteilen aus Faserverbundkunststoffen sollen Berechnungs- und Simulationsmöglichkeiten genutzt werden, wobei mit der Methode der Finiten Elemente gearbeitet wird. Um die Prognosegüte der numerischen Simulation abschätzen zu können, sind Untersuchungen von Prinzipbauteilen erforderlich. Im vorliegenden Fall wird das Verhalten von Hutprofilen aus einem Kohlenstofffasergewebe mit einer Epoxidmatrix unter einer dynamischen Biegebeanspruchung untersucht.

2. Experimentelle Simulation

Um physikalische Referenzwerte zu erhalten, werden Hutprofile mit verschiedenen Zielwanddicken, Grammatoren und Lagenaufbauten dynamischen 3-Punkt-Biegeversuchen im Fallturm unterzogen. Die infolge der Impaktbelastung auftretenden Bruch- und Beulvorgänge sind dabei stark von den Profileigenschaften abhängig.



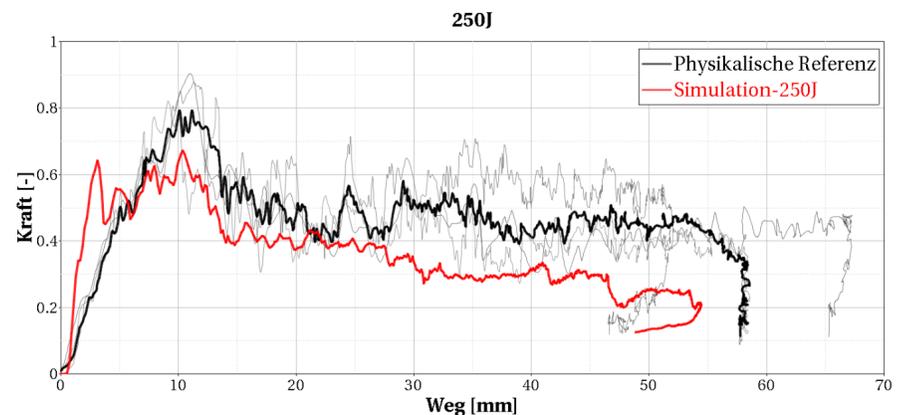
3. Numerische Simulation

Zur Beschreibung des Materialverhaltens wird in der numerischen Simulation das Materialmodell nach Camanho verwendet. Dies ist ein physikalisch basiertes Materialmodell und beschreibt den Beginn und die Ausbreitung von intralaminaren Versagensmechanismen bis hin zur vollständigen Schädigung. Camanho unterscheidet zwischen dem intralaminaren Zug- und Druckversagen von Faser und Matrix. Das interlaminare Versagen wird nicht berücksichtigt. Für die Modellierung der Hutprofile werden vollintegrierte Schalenelemente und vollintegrierte Solidschalenelemente verwendet. Beispielhaft werden die Ergebnisse von folgendem Profil vorgestellt:

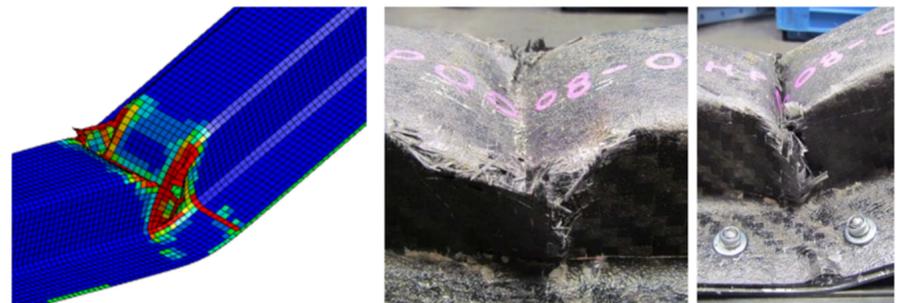
Zielwanddicke	Grammatur	Lagenaufbau	Impaktenergie
2 mm	380 g/m ²	[0°/45°/0°/45°/0°]	250 J

Simulation mit Schalenelementen

Ohne Anpassung der physikalischen Materialkennwerte der Materialkarte auf den spezifischen Lastfall liefern die Ergebnisse der Modellierung mit einem Schalenelement über die Dicke eine brauchbare Prognosegüte. Jedoch können die komplexen Bruchvorgänge nicht richtig abgebildet werden, was durch den unterschätzten Kraftpeak deutlich wird.



Die Versagensform der Delamination kann nicht berücksichtigt werden. Jedoch können über die Bereiche der Matrixschädigung die möglichen Delaminationsbereiche abgeschätzt werden. Vergleicht man diese mit den Versuchsergebnissen, so stellt die Matrixschädigung eine realistische Laminatdegradation dar.



Simulation mit Solidschalenelementen

Um das progressive Versagen in Dickenrichtung berücksichtigen zu können, wird ein sublaminarer Ansatz mit zwei angrenzten Solidschalenelementen über die Dicke angewendet. Dadurch unterscheidet sich der Schädigungsgrad im oberen und unteren Sublaminat. Dies führt zwar zu einer besseren Abbildung des Kraftniveaus, jedoch folgt eine Überschätzung in Bezug auf das elastische Bauteilverhalten. Mit Hilfe einer Kontaktdefinition zwischen den Schichten könnten die Sublaminat entkoppelt und die Delamination berücksichtigt werden.

