

Numerische Untersuchung des Delaminationsverhaltens von Faser- verstärkten Kunststoffen mithilfe eines Kohäsivzonenmodells mit geometrie-unabhängiger Traktions-Separations-Winkel-Beziehung

Hintergrund:

Strukturbauteile aus faserverstärkten Kunststoffen (FKV) haben sich in den letzten Jahren zunehmend in diversen Ingenieurdisziplinen (z. B. allgemeiner Maschinenbau, Luft- und Raumfahrt, Automobilbau) etabliert. Besonders ihre hervorragenden mechanischen Eigenschaften (z.B. hohe Festigkeiten bei geringer Dichte) bieten Vorteile gegenüber metallischen Werkstoffen.

Um schadenstolerante Strukturen aus FKV zu konstruieren, ist es notwendig, detaillierte Kenntnisse über die Schadens- und Ermüdungsmechanismen zu besitzen, die zum Versagen führen können. Aufgrund der schwachen interlaminaren Festigkeit der FKV sind Delaminationen eine häufige und kritische Art der auftretenden Schäden.

Eine geeignete Methode zur numerischen Untersuchung von Delaminationen mit Hilfe der Finiten-Elemente-Methode (FEM) sind sogenannte Kohäsivzonenmodelle (CZM). Hierfür werden Schichtinterfaces mit Kohäsivzonenelementen modelliert, deren mechanisches Verhalten durch eine Traktions-Separations-Beziehung beschrieben werden kann. Mithilfe dieser Beziehung kann neben dem Bruchvorgang auch der Effekt des Fiber Bridgings modelliert werden. Die Herleitung der Traktions-Separations-Beziehung erfolgt i.d.R auf Basis von Double Cantilever Beam (DCB)-Tests (Abb.1). Experimentelle Untersuchungen haben jedoch gezeigt, dass die resultierenden Beziehungen eine Abhängigkeit von der Probengeometrie aufweisen, welche mikromechanisch durch unterschiedliche Krümmungswinkel erklärt werden kann. Pappas und Botsis [1] schlagen daher die Einbeziehung des Rissöffnungswinkels in einer Traktions-Separations-Winkel-Beziehung zur Eliminierung der Geometrieabhängigkeit vor (Abb.2).

Zielsetzung

Im Rahmen dieser Arbeit soll eine solche geometrie-unabhängige Traktions-Separations-Winkel-Beziehung hergeleitet und über ein vorhandenes benutzerdefiniertes Element (UEL) in ABAQUS implementiert werden. Für die Herleitung ist der Rissöffnungswinkel mithilfe eines geeigneten Balken-Ersatzmodells aus experimentellen Daten abzuschätzen. Die Implementierung erfolgt in der Programmiersprache Fortran. Das neu entwickelte CZM soll anschließend in ABAQUS für die Simulation statischer und zyklischer DCB-Tests angewendet werden. Für die zyklischen Simulationen sind weitere Materialparameter durch den Vergleich mit experimentellen Daten invers zu bestimmen. Die Simulationsmodelle werden hierfür zur Verfügung gestellt. Weiterhin stehen zum Vergleich Simulationsergebnisse auf Basis eines CZM mit einfacher Traktions-Separations-Beziehung zur Verfügung.

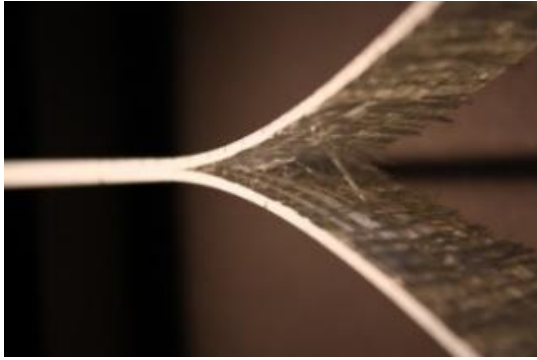


Abb.1: DCB-Test

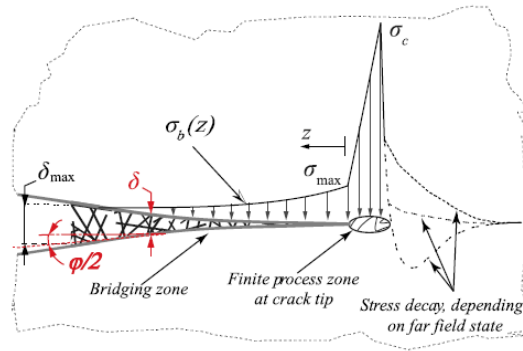


Abb.2: Spannungsverlauf an Risspitze [1]

Die Aufgabenstellung gliedert sich wie folgt:

1. Einarbeitung in die theoretischen Grundlagen der Kohäsivzonenmodellierung.
2. Herleitung einer Traktions-Separations-Winkel-Beziehung auf Basis experimenteller Daten
3. Implementierung der Beziehung in ein vorhandenes ABAQUS User-Element (UEL)
4. Durchführung statischer und zyklischer Simulationen mit ABAQUS
5. Vergleich der Traktions-Separations-Winkel-Beziehung mit einer einfachen Traktions-Separations-Beziehung

Voraussetzungen:

- Programmierkenntnisse, vorzugsweise in Fortran
- Grundkenntnisse der FEM

Quellen:

- [1] Pappas GA, Botsis, J: Towards a geometry independent traction-separation and angle relation due to large scale bridging in DCB configuration. Composites Science and Technology 197, 108172 (2020).

Kontakt:

Gereon Hacker, M.Sc.
 Institut für Statik und Dynamik
 Appelstr. 9A
 30167 Hannover
 Email: g.hacker@isd.uni-hannover.de