

Numerische Simulation des zyklischen Delaminationswachstums in faserverstärkten Kunststoffen mithilfe eines Kohäsivzonenmodells unter Verwendung einer impliziten Schädigungsintegration

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 des zyklischen Delaminationswachstums mit Hilfe der Finiten-Elemente-Methode (FEM) sind sogenannte Kohäsivzonenmodelle (CZM). Hierbei muss eine Schädigungsratenfunktion numerisch integriert werden, was i.d.R. mithilfe des expliziten Eulerverfahrens erfolgt. Die Größe des dabei entstehenden Approximationsfehlers wird durch die Schrittweite bestimmt. Implizite Mehrschrittverfahren wie die Trapezregel erreichen bei gleicher Schrittweite eine genauere Approximation und bieten daher das Potenzial, die Schrittweite zu vergrößern und damit Rechenzeit und –kosten zu sparen [1].

Zielsetzung

Im Rahmen dieser Arbeit soll ein implizites Mehrschrittverfahren (z.B. die Trapezregel) für die numerische Integration der Schädigungsrate in einem zyklischen CZM implementiert werden. Hierzu ist ein vorhandener Fortran-Code, der verschiedene ABAQUS Subroutinen umfasst, entsprechend anzupassen. Unter Verwendung des angepassten Codes sollen zwei einfache Modellprobleme (DCB- und ENF-Test) in ABAQUS simuliert werden. Die Ergebnisse sind mit entsprechenden Ergebnissen unter Verwendung des expliziten Eulerverfahrens in Hinblick auf die Rechenzeit zu vergleichen. Hierbei sollen die Verfahren auch mit unterschiedlichen Cycle-Jump-Techniken kombiniert werden.

Die Aufgabenstellung gliedert sich wie folgt:

1. Einarbeitung in die theoretischen Grundlagen der Kohäsivzonenmodellierung
2. Implementierung eines impliziten Mehrschrittverfahrens zur Integration der Schädigungsrate durch Anpassung eines Fortran-Codes
3. Durchführung numerischer Simulationen eines DCB- und ENF-Test in ABAQUS unter Verwendung des angepassten Codes.

4. Vergleich der Ergebnisse bei expliziter und impliziter Schädigungsintegration
5. Vergleich unterschiedlicher Cycle-Jump-Techniken

Voraussetzungen:

- Studium im Bereich Bauingenieurwesen, Maschinenbau o.ä.
- Programmierkenntnisse, vorzugsweise in Fortran
- Interesse an numerischen Simulationen

Quellen:

- [1] P. Hofman, F.P. van der Meer, L.J. Sluys. A numerical framework for simulating progressive failure in composite laminates under high-cycle fatigue loading. *Engineering Fracture Mechanics*, 295, 109786, 2024.

Kontakt:

Bei Interesse freue ich mich auf eine Bewerbung per Email mit Lebenslauf und aktuellem Notenspiegel

Gereon Hacker, M.Sc.

Institut für Statik und Dynamik

Appelstr. 9A

30167 Hannover

Email: g.hacker@isd.uni-hannover.de