

Versagensvorhersage in heterogenen Materialien

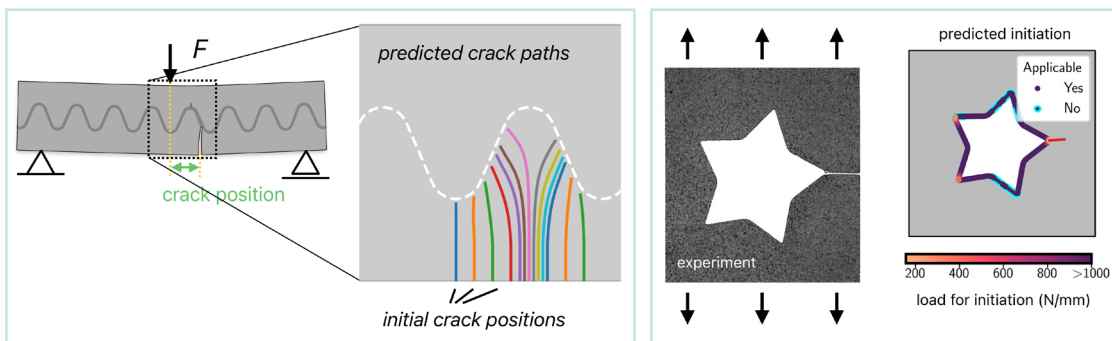
Predicting fracture in heterogeneous materials

Bei spröden Polymeren können Defekte die Festigkeit eines Bauteils drastisch verringern. In der additiven Fertigung entstehen jedoch immer Defekte, was die Verwendung solcher Bauteile einschränkt. Sobald ein Defekt in einem spröden Polymer zu wachsen beginnt, führt er meist zu katastrophalem Versagen. Das Einbringen von Eigenspannungen oder die Verwendung inhomogener Steifigkeit oder inhomogener Fließspannung kann Risse stoppen. Die Belastung muss dann erhöht werden, damit ein neuer Riss initiieren kann,

Ansätze zur Vorhersage der Rissinitiierung, wie das gekoppelte Kriterium von Leguillon, berücksichtigen nicht nur die Spannungen, sondern auch die Energiefreisetzungsraten eines initiiierenden Risses. Ein zuvor entwickelter mehrskaliger Ansatz, der die Durchführung von FEM-Modellen mit Rissen an allen möglichen Initiationspositionen vermeidet, wurde in Experimenten an Hohlräumen mit komplexen Formen (wie einem Stern, siehe Abb.) getestet (Ref. 2).

Predicting crack paths

Incremental crack propagation approaches in finite element models have been evaluated and extended (Ref. 1). The fast approach can predict effects such as crack deflection near holes or the influence of the initial crack position on the crack path in a three-point bending beam with an elastomeric interlayer (see fig.). General approaches to predicting crack initiation, such as Leguillon's coupled criterion, consider not only the stresses but also the energy release rates of an initiating crack. A previously developed multi-scale approach, which avoids running FEM models with cracks at all possible initiation positions, has been tested in experiments on cavities with complex shapes (such as a star, see fig.) (Ref. 2).



was zur Erhöhung der Zähigkeit führt. Bei Polymeren kann die inhomogene Steifigkeit ausgenutzt werden, indem Löcher oder elastomere Phasen in das spröde Grundmaterial eingebracht werden. Um die Zähigkeit heterogener Strukturen zu verstehen und möglicherweise zu optimieren, müssen die Mechanismen der Rissausbreitung, des Rissstopps und der Rissinitiierung – sowohl im Grundmaterial als auch an den Grenzflächen – in effizienten numerischen Modellen erfasst werden.

Vorhersage von Risspfaden

Inkrementelle Rissausbreitungsansätze in Finite-Elemente-Modellen wurden bewertet und erweitert (Ref. 1). Der Ansatz kann die Rissablenkung durch Löcher oder den Einfluss der anfänglichen Rissposition auf den Risspfad in einem Biegebalken mit einer elastomeren Zwischenschicht vorhersagen (siehe Abb.). Allgemeine

In brittle polymers, defects can drastically reduce the strength of a component. However, using methods such as additive manufacturing, defects are always created, which limits the use of such components. Once a defect starts to grow in a brittle polymer, it usually leads to catastrophic failure. Introducing residual stresses or using inhomogeneous stiffness or inhomogeneous yield stress can arrest propagating cracks. The load then needs to be increased for a new crack to initiate, which corresponds to an increase in toughness. In polymers, the inhomogeneous stiffness can be exploited by introducing voids or elastomeric phases into the brittle base material. To understand and possibly optimize the toughness of heterogeneous structures, the mechanisms of crack propagation, crack arrest, crack initiation – both in the bulk material and at interfaces – need to be captured in efficient numerical models.

References

- M. Pletz, S.M. Frankl, C. Schuecker, Evaluation of existing and introduction of new incremental crack propagation approaches in FEM, Theoretical and Applied Fracture Mechanics 131 (2024) 104452.
- M. Rettl, C. Waly, M. Pletz, C. Schuecker, Validation of a FEM-Based Method to Predict Crack Initiation from Arbitrary-Shaped Notches, Journal of Composites Science 9 (2025) 102.

at a glance & contact

Funding: Montanuniversität Leoben
Partners: MUL-KKV / WPK



Dipl.-Ing. Dr. Martin Pletz
martin.pletz@unileoben.ac.at
+43 3842 402 2507