

Robert Fleischhauer

A boundary value driven approach to computational homogenization

Eine randwertgesteuerte Methode der
numerischen Homogenisierung

Summary

The thesis at hand firstly provides quantities for solving thermomechanical problems. The evolution equations for kinematic and thermal unknown fields, following from fundamental balance laws, are derived and processed in terms of the finite element method. Different finite element formulations are derived and successfully compared against experimental data as well as against numerical benchmark problems.

Secondly, a novel multiphysical homogenization method, namely the boundary value driven approach to computational homogenization (BVDH), suitable for fully coupled thermomechanical problems, is developed and consistently presented for use within a finite element framework. The reliability of BVDH solutions is verified for semi-analytical and reference solutions, and its efficiency is also successfully proved against standard computational homogenization methods. The predictive capabilities of BVDH are demonstrated in structural investigations.

Considering the results presented, one can declare BVDH to be a reliable and an efficient technique and to be suitable to model purely mechanical as well as coupled thermomechanical problems in terms of finite element method solutions. The comparison of the thermomechanical results against semi-analytical solutions demonstrate its reliability. As illustrated in deformation driven mechanical examples, solutions obtained by BVDH do not violate the theoretical limits of homogenization. Therefore, it can be concluded that BVDH is a reliable method for computing homogenized structural responses.

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit stellt zuerst thermomechanische Feldgrößen für die weitergehende Lösung von Problemstellungen bei Kopplung zwischen dem Verschiebungs- und Temperaturfeld bereit. Die Evolutionsgleichungen der kinematischen und thermischen Felder werden konsistent aus den fundamentalen Erhaltungssätzen der Kontinuumsmechanik hergeleitet und für die Nutzung im Rahmen der finiten Elemente Methode aufbereitet. Verschiedene finite Elementformulierungen werden eingeführt und erfolgreich mit Experimentdaten, sowie mit numerischen Benchmark-Tests verglichen.

Weiterhin führt die Arbeit die neue randwertgesteuerte Methode der Homogenisierung ein, die sich zum numerischen Lösen gekoppelter thermomechanischer Aufgabenstellungen eignet. Die mit dieser Methode erzeugten Lösungen sind hinsichtlich Zuverlässigkeit an halbanalytischen bzw. Referenzlösungen verifiziert. Die Effizienz der neuen Methode ist durch Vergleiche mit Standardmethoden überprüft. Das Prognoseverhalten bezüglich Strukturanwendungen ist ebenfalls untersucht und dargestellt.

Bezugnehmend auf die dargelegten Ergebnisse, lässt sich folgendes Fazit ziehen. Die entwickelte randwertgesteuerte Methode der Homogenisierung stellt eine zuverlässige und effiziente Technik dar, rein mechanische sowie gekoppelt thermomechanische Problemstellungen mittels der finiten Elemente Methode zu lösen.