

Abstract

Experimental tests for thermoplastics exhibit different behaviours for different loading types such as tension, compression and shear. This observation is called asymmetric effects. Also strain rate and temperature influence the mechanical behaviour of thermoplastics. One objective of this thesis is to formulate constitutive equations which can simulate the elasto-viscoplastic deformation of polymers taking into consideration the asymmetric, strain rate and temperature effects. Therefore different frameworks at small and large strains are presented. These frameworks are based on the concept of stress mode dependent weighting functions with a characteristic behaviour dependent on the loading state. In this concept, an additive decomposition of the flow rule is assumed into the sum of weighted stress mode related quantities. A main advantage of the concept is, that the stress modes can directly be associated to certain characteristic loading scenarios, such as tension, compression and shear, which are experimentally investigated in the laboratory. The capability of the proposed models is assessed by simulating a laser transmission welding process and a cold drawing process using a finite element programs such as ABAQUS. Another objective of this thesis is to model the induced anisotropic effects exhibited in the tensile/compressive tests using polymeric specimens. Thus another constitutive framework has been developed. In this framework a spectral decomposition is done for the inelastic strain tensor resulting into its eigenvalues and eigenvectors. Therefore the yield function can be formulated as a function of the maximum eigenvalue of the inelastic strain. The capability of the proposed approach is assessed by depicting the start of strain localization in the middle of a tension specimen and the propagation of plastic strain over the whole specimen.

Zusammenfassung

Experimentelle Versuche für die Thermoplaste zeigen verschiedene Verhaltensweisen für unterschiedliche Belastungstypen wie beispielsweise Zug-, Druck- und Scherversuche. Diese Beobachtung wird als Asymmetrie-Effekt bezeichnet. Auch die Dehnrates und die Temperatur beeinflussen das mechanische Verhalten für Thermoplaste. Ein Ziel dieser Arbeit ist die Formulierung von konstitutiven Gleichungen, welche die elasto-viskoplastische Deformation von Polymeren simulieren können, mit Berücksichtigung der Asymmetrie-, der Dehnrates- und der Temperatureffekte. Daher werden unterschiedliche frameworks von kleinen und großen Deformationen präsentiert. Diese basieren auf dem Konzept der Wichtungsfunktionen, deren charakteristisches Verhalten in Abhängigkeit zum Belastungszustand steht. In diesem Konzept wird die additive Dekomposition der Fließregel angenommen, als Summe von Spannungsmoden von abhängigen Anteilen. Der Hauptvorteil dieses Konzepts ist, dass die Spannungsmoden direkt mit bestimmten Belastungszuständen wie zum Beispiel Zug-, Druck- und Scherversuchen (die durch Experimente im Labor untersucht werden) assoziiert werden können. Die Fähigkeit des vorgestellten Modells wird bewertet durch die Simulation des Laserdurchstrahlschweiß-Prozesses und des Kaltziehen-Prozesses, in dem unter anderem das Finite-Elemente-Programm ABAQUS genutzt wird. Ein weiteres Ziel dieser Arbeit ist die Modellierung der induzierten Anisotropie-Effekte, welche durch Zug- und Druckversuche von polymeren Proben gezeigt werden sollen. Deshalb wurde ein weiterer konstitutiver Rahmen entwickelt. Dazu wird die spektrale Dekomposition für den inelastischen Verzerrungstensor durchgeführt, um seine Eigenwerte und -vektoren zu erhalten. Damit kann die Fließfunktion in Abhängigkeit von dem Maximum der Eigenwerte der inelastischen Verzerrung formuliert werden. Die Fähigkeit des vorgestellten Ansatzes wird bewertet durch die anschauliche Darstellung des Beginns der Dehn-Lokalisierung in der Mitte einer Zugprobe sowie die Ausbreitung der plastischen Verzerrung durch die ganze Probe.