



Numerische Untersuchungen verschiedener Formulierungen der Finiten Viskoplastizität basierend auf Stoffmodellen vom vereinheitlichten Typ

Vertieferarbeit von cand.-ing. Michael Wenzel



Einführung

Große Deformationen treten oft bei der Formgebung von metallischen Werkstoffen auf, wobei die bearbeiteten metallischen Körper sehr dünn sind. Um elasto-viskoplastisches Materialverhalten beschreiben zu können, bedient man sich kontinuumsmechanischer Ansätze.

Kontinuumsmechanische Grundlagen

Eine zentrale Größe der Kontinuumsmechanik ist der Deformationsgradient $\mathbf{F}$. Um die gesamte Deformationsbreite eines Werkstoffes mit Hilfe eines einzigen Satzes von Gleichungen beschreiben zu können, geht man von der multiplikativen Zerlegung des Deformationsgradienten aus

$$\mathbf{F} = \mathbf{F}_e \mathbf{F}_p$$

Bei diesem sogenannten *vereinheitlichten Stoffmodell* erfolgt keine Unterscheidung zwischen dem elastischen und dem inelastischen Bereich der Deformation.

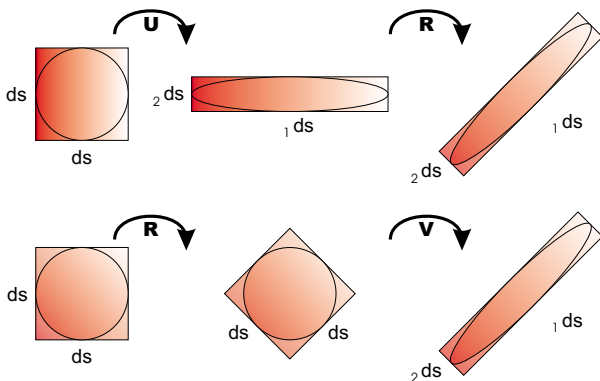


Abb. 1: multiplikative Zerlegung des Deformationsgradienten

Mit dieser Zerlegung lassen sich zwei Verzerrungstensoren bestimmen:

$$\begin{aligned} \mathbf{C} &= \mathbf{U}^2 = \mathbf{F}^T \mathbf{F} && \text{rechter Cauchy-Green Tensor} \\ \mathbf{b} &= \mathbf{V}^2 = \mathbf{F} \mathbf{F}^T && \text{linker Cauchy-Green Tensor} \end{aligned}$$

Für die Durchführung von Berechnungen muß das Materialverhalten charakterisiert werden. Der hier vorgestellte rechte Cauchy-Green Tensor bildet die Grundlage für das vereinheitlichte Stoffgesetz.

Die Elastischen Stoffmodelle

Bei dieser Arbeit wurde zwischen zwei unterschiedlichen Ansätzen in Hinblick auf den elastischen Anteil des Stoffgesetzes unterschieden. Ausgangspunkt für beide Modelle ist die Dissipationsungleichung in materieller Schreibweise

$$D = \mathbf{\Xi} : \mathbf{L} - \rho_0 \dot{\psi} \geq 0$$

ψ ist hierbei zum einen eine Funktion von $\psi(\mathbf{C}_{el})$ und zum anderen eine Funktion von $\psi(\ln \mathbf{C}_{el})$. Bei vorausgesetzter Isotropie eines Werkstoffes erhält man die beiden Ansätze für das elastische Modell

$$\begin{aligned} \mathbf{\Xi} &= 2(\alpha_0 + 2\alpha_1 \text{tr} \tilde{\mathbf{C}}_e)(\tilde{\mathbf{C}}_e) + 4\alpha_2(\tilde{\mathbf{C}}_e)^2 \\ \text{und} \\ \mathbf{\Xi} &= K \text{tr} \ln(\tilde{\mathbf{C}}_e) \mathbf{I} + \mu \text{dev} \ln(\tilde{\mathbf{C}}_e) \\ \text{mit} \quad (\tilde{\mathbf{C}}_e) &= \mathbf{C} \mathbf{C}_p^{-1} \end{aligned}$$

α_i sind Skalare, abhängig von K und μ . K stellt den Kompressionsmodul und μ den Schubmodul dar. Das inelastische Stoffmodell wurde weitgehend von Bodner und Partom übernommen.

Finite Element Berechnung einer Zylinderschale

Es wurde unter anderem der dargestellte Zylinder betrachtet. Ein Achtel des Zylinders wurde mit Hilfe von 1089 Knoten diskretisiert.

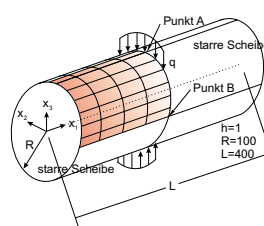


Abb. 2: Problemdefinition

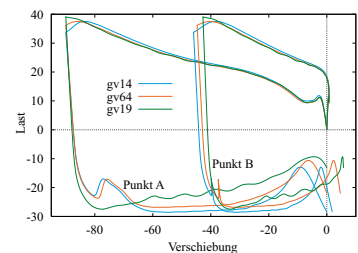


Abb. 3: Last-Verschiebungskurve

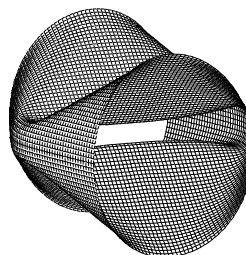


Abb. 4: max. Deformation

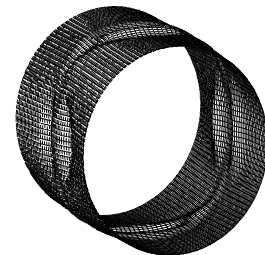


Abb. 5: Deformation nach
Zyklusende