Ein elasto–plastisches 3D–Stoffgesetz mit orthotroper Fließbedingung und Verfestigung

Universität Karlsruhe (TH)

Jan Schütt

BAUSTATIK

Orthotrope Plastizität mit skalarer Verfestigung

Besitzen die Eigenschaften eines anisotropen Werkstoffes drei orthogonale Symmetrieebenen, so spricht man von einem orthotropen Materialverhalten.
Liegt eine skalare Verfestigung vor, dann verändern sich die Fließspannungen y_{ij} der Materialhauptrichtungen bei plastischen Verzerrungen so, daß deren Verhältnisse konstant bleiben.

Grundlegende Zusammenhänge

Fließbedingung für orthotropes Materialverhalten:

$$\Phi(,\alpha) = \sqrt{::} - y(\alpha) \leq 0 \qquad \begin{cases} \Phi < 0 & \text{elast.} \\ \Phi = 0 & \text{plast.} \end{cases}$$

mit Projektionstensor :

$$= \begin{pmatrix} 2a_1 & -a_{12} & -a_{13} & 0 & 0 & 0 \\ -a_{12} & 2a_2 & -a_{23} & 0 & 0 & 0 \\ -a_{13} & -a_{23} & 2a_3 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 2a_4 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 2a_5 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2a_6 \end{pmatrix}$$

wobei zum Beispiel gilt: $a_1 = \dfrac{y^2}{{y_{11}}^2}$, $a_4 = \dfrac{y^2}{{y_{12}}^2}$

und der Verfestigungsfunktion:

$$y(\alpha) = y_0 + K\alpha + (y_\infty - y_0)\,(1 - e^{(-\delta\alpha)})$$

Zur Ermittlung des aktuellen Spannungs–Verzerrungs–Zustandes wird ein elastischer Prädiktorschritt angenommen.

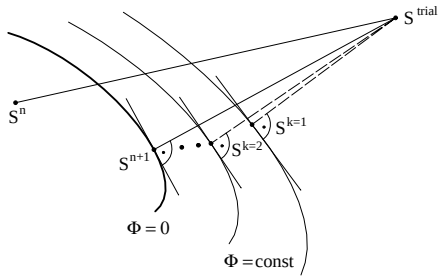

Abb. 1: Prädiktor–Korrektor–Verfahren

Bei der Rückskalierung muß die komplementäre Energie I zwischen dem $trial$ und dem tatsächlichem Zustand minimal werden.

Finite–Element–Implementierung

Implementierung in ein konvektiv formuliertes geom. nichtlineares 3D–Volumenelement

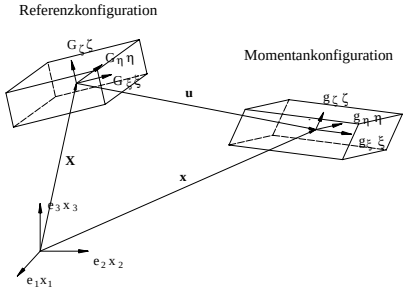

Abb. 2: Basissystem in isoparametrischer Darstellung

Die Reduzierung der $locking$–Effekte erfolgt mit:

- ANS Interpolation der Querschubverzerrungen
- ANS Interpolation in Dickenrichtung
- 5 EAS Parameter

Numerische Beispiele

Untersucht wird eine allseitig gezogene Quadratscheibe mit Kreisloch, eine Materialrichtung ist um den Faktor zwei verstärkt. In Abb. 3 sind die Last–Verschiebungskurven für verschiedene Verfestigungsarten dargestellt, Abb. 4 zeigt die plast. Vergleichsdehnungen bei unterschiedlicher Materialorientierung.

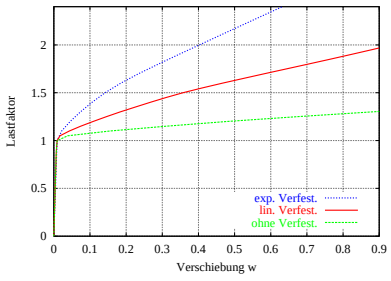

Abb. 3: Verschiebung von Punkt A

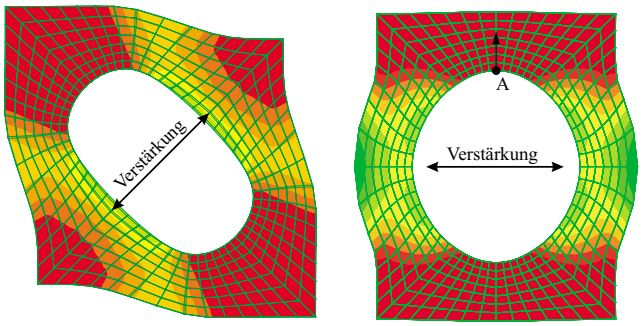

Abb. 4: plast. Vergleichsdehnungen bei gedrehtem Material