

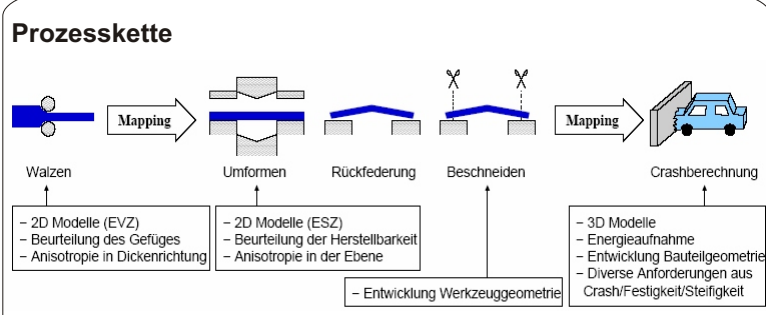
Untersuchungen zur Berücksichtigung der Materialschädigung bei der integralen Prozesskette von der Umform- zur Crashsimulation

Diplomarbeit von cand. ing. Teresa Buckel

Ziel: Steigerung der Vorhersagegenauigkeit von Crashsimulationen mit Finite Elemente Programmen (LS-DYNA)

Problem: Häufiger Einsatz von höher- und höchstfesten Stählen zur Reduzierung des Gewichts (und damit des Kraftstoffverbrauchs)
 → Starke Abhängigkeit der Materialeigenschaften von der Belastungsgeschichte

Lösung: Übertragen der Ergebnisse vorangehender Prozesse (Mapping) und damit gemeinsame Betrachtung aller Bearbeitungsschritte (Prozesskette)



Starke Veränderung der Materialeigenschaften beim Umformen
 → Nähere Betrachtung des Mapping vom Umform- auf das Crashnetz

Materialmodelle

Umformen:

Barlat '89 → *MAT_36 (LS-DYNA)

$$\Phi(\sigma) = a |K_1 + K_2|^M + a |K_1 - K_2|^M + c |2K_2|^M - 2\sigma_y^M = 0$$

$$K_1 = \frac{\sigma_{11} + h\sigma_{22}}{2}$$

$$K_2 = \sqrt{\left(\frac{\sigma_{11} - h\sigma_{22}}{2}\right)^2 + p^2\sigma_{12}^2}$$

a, c, h, p werden über Anisotropiekoeffizienten (r -Werte) ermittelt

- Anisotropie abbildbar
- Materialbeschreibung in einem vollständig ebenen Spannungszustand (2 Normalspannungen, 1 Schubspannung)
- Beliebiges Koordinatensystem
- Im Sonderfall $M = 2$ entspricht Barlat '89 der Fließbedingung von Hill

Crash:

Gurson (1977) → *MAT_120 (LS-DYNA)
 mit Erweiterung nach Tvergaard und Needleman (1984)

$$\Phi(\sigma, \sigma_M, f) = \frac{\sigma^2}{\sigma_M^2} - 1 + 2q_1 f^* \cosh\left(\frac{q_2 3\sigma_m}{2\sigma_M}\right) - (q_1 f^*)^2 = 0$$

effektive Porosität $f^*(f) = \begin{cases} f & \text{für } f \leq f_c \\ f_c + \frac{1-f_c}{f-f_c}(f-f_c) & \text{für } f > f_c \end{cases}$

Schädigungsevolution $\dot{f} = \dot{f}_W + \dot{f}_N = \dot{\varepsilon}_{kk}^p (1-f) + A \frac{\dot{\varepsilon}_M^p}{S_N}$

mit $A(\dot{\varepsilon}_M^p) = \frac{f_N}{S_N \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{\dot{\varepsilon}_M^p - \dot{\varepsilon}_N}{S_N} \right)^2}$ (Gaußsche Normalverteilung)

$f = f_f (f_f < 1) \rightarrow$ Versagen

Versagenskriterium nach Johnson und Cook (1985)

$$D = \sum \frac{\Delta \varepsilon_i^p}{\varepsilon_f} \quad \text{mit} \quad \varepsilon_f = \left[D_1 + D_2 \cdot e^{D_3 \frac{\sigma_m}{\sigma_v}} \right] (1 + D_4 \ln \dot{\varepsilon})$$

$$D \geq 1 \rightarrow \text{Versagen}$$

- Oft als Ergänzung des Gurson-Modells eingesetzt → *MAT_120_JC (LS-DYNA)
- Durch die Akkumulation der Schädigung wird die Wegabhängigkeit berücksichtigt

Übertragung (Mappen) der Schädigungsinformation

Ziel: • Information über die Schädigung als Ergebnis der Umformsimulation

- Kein grundlegendes Eingreifen in die Umformsimulation

	Bisher	Johnson-Cook (D)	Gurson (f)
t=0 (Beginn Crashsimulation)		0	f ₀
Versagen		1	f _f
Jetzt			
t=0		D	?
Versagen		1	f _f

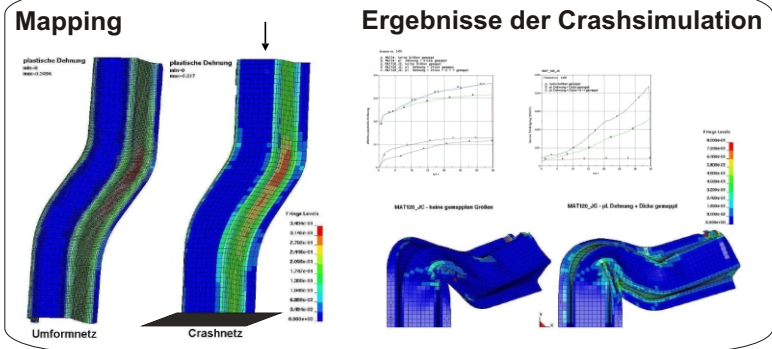
Berechnungen mit LS-DYNA

Umformsimulation	Mapping	Crashsimulation	plastische Dehnung	Dicke	JC-Schädigung	Gurson-Schädigung
MAT 36 + JC (Barlat 89)		MAT 24	-	-	×	×
		MAT 24	✓	✓	×	×
		MAT 120_JC	-	-	-	-
- plastische Dehnungen - Dicke - JC-Schädigung (D) - Gurson-Schädigung (f) aus D abgeleitet		MAT 120_JC	✓	✓	-	-
		MAT 120_JC	✓	✓	✓	✓

$f = f_f + D (f < f_c)$

✓ gemappt
 - nicht gemappt
 × Größe in Materialmodell nicht vorhanden

- Ausgangslänge: 270 mm
- 230 kg schwere Platte fällt mit einer Anfangsgeschwindigkeit von 5 m/s auf den Träger
- Simulationszeit: 35 ms



Fazit:

- Unterschiedliche Annahmen in der Umform- und der Crashberechnung bezüglich des Materialverhaltens
- Sehr unterschiedliche Materialmodelle für die Umform- bzw. die Crashberechnung (anisotrop/isotrop)
- Johnson-Cook Schädigung kann nicht ohne weitere Überlegungen 1:1 gemappt werden
- Bei Betrachtung der gesamten Prozesskette ergibt sich ein (großer) Mehraufwand

Ausblicke / Ziele:

- Allgemein gültige Arbeitsweise für die Berechnungen aller Prozesse entwickeln
- Entwicklung eines universal einsetzbaren Materialmodells
- Datenbank mit vollständigen Materialinformationen, auf die bei jeder Berechnung zugegriffen werden kann, zur Verfügung stellen