

Systematische Aufbereitung von Werkstoffdaten für die Blechumformsimulation

Gese, H. (V), Dell, H. und Oberhofer, G.

MATFEM Partnerschaft Dr. Gese & Oberhofer, München

1 Motivation

Die geometrische Diskretisierung der Werkzeuge und der Platine in der industriellen Blechumformsimulation mit der Finite-Elemente-Methode hat heute bereits einen sehr hohen Stand erreicht. Das größte Potential zur Verbesserung der Vorhersagegenauigkeit steckt im Moment in der Entwicklung und im Einsatz von höher entwickelten Materialmodellen. Das Materialmodell umfasst dabei die Beschreibung der elastoplastischen Eigenschaften des Bleches und dessen Versagensgrenzen.

2 Fließortmodelle

Neben dem bisher überwiegend in der Blechumformsimulation verwendeten Fließort nach Hill-1948, welcher nur für eine begrenzte Gruppe von Stahlblechen ausreichend genau ist, wurden zwischenzeitlich höher entwickelte Fließorte in LS-DYNA implementiert (Barlat-Lian-1989, Barlat-1996, Barlat-2000). Diese erlauben eine Beschreibung von Al-Blechwerkstoffen und eine differenzierte Beschreibung von unterschiedlichen Stahlblechgüten. Während für die Definition des Fließortes nach Hill-1948 die Angabe von R-Werten in 3 Orientierungen zur Walzrichtung (R-Wert beschreibt die plastische Anisotropie des Bleches) ausreichend ist, erfordert die Anpassung der höherentwickelten Fließorte ein erweitertes Prüfprogramm. Neben dem uniaxialen Fließwiderstand müssen auch Fließgrenzen bei anderen Spannungszuständen herangezogen werden. Im Vortrag wird ein Versuchsprogramm vorgestellt, welches die Messung des äquibiaxialen Fließwiderstandes und des Schubfließwiderstandes beinhaltet. Mit einem Optimierungsprogramm können aus allen Versuchsdaten die Parameter des Fließortmodells abgeleitet werden. Beispielhaft wird dieses Vorgehen im Vortrag anhand des Fließortes nach Barlat-2000 (*Mat_Barlat_Yld2000 in LS-DYNA) beschrieben. Die Unterschiede zum Fließort nach Hill-1948 werden diskutiert.

3 Verfestigungsmodelle

Wie sich der Fließwiderstand mit zunehmender Formänderung und in Abhängigkeit der Dehnrate entwickelt, wird durch das Verfestigungsmodell beschrieben. Üblicherweise wird bei Tiefziehsimulationen ein isotropes Verfestigungsmodell ohne Dehnrateneinfluss verwendet – was eine proportionale Aufweitung des anfänglichen Fließortes mit zunehmender Vergleichsformänderung bedeutet. Für einige Blechwerkstoffe (z.B. weiche Tiefziehstähle) ist die Berücksichtigung des Dehnrateneinflusses für ein brauchbares Simulationsergebnis jedoch notwendig.

Bei Blechumformoperationen (Tiefziehen, Innenhochdruckumformen u.a.) können lokal sehr große plastische Vergleichsdehnungen auftreten. Um diese Prozesse mittels FEM-Simulation genau abbilden zu können, müssen Fließwiderstandskurven bis zu den maximal auftretenden Vergleichsformänderungen vorgegeben werden. Typischerweise wird hierzu die Fließwiderstandskurve aus dem uniaxialen Zugversuch in Walzrichtung mit analytischen Verfestigungsmodellen approximiert und für hohe Formänderungen extrapoliert. Diese Vorgehensweise ist mit entsprechenden Unsicherheiten behaftet. Im Vortrag werden experimentelle Methoden behandelt, welche es erlauben die Verfestigung eines Blechwerkstoffes auch bei hohen Formänderungen zu beschreiben.

4 Versagensmodelle

Ein wesentliches Ziel der Umformsimulation ist die Prognose eines Werkstoffversagens und dessen Vermeidung durch iterative Optimierung der Prozeßparameter. Deshalb ist es notwendig, dass die verwendeten Materialmodelle auch geeignete Versagenskriterien beinhalten. Insbesondere bei Al-Blechwerkstoffen und höherfesten Stählen muß ein potentielles Versagen in Betracht gezogen werden. Bei der monotonen plastischen Verformung von Blechen sind grundsätzlich zwei unterschiedliche Versagensarten festzustellen – der duktile Trennbruch (ausgelöst durch Porenbildung, -wachstum und -vereinigung) und der Scherbruch (ausgelöst durch Scherbandlokalisationen).

Darüberhinaus kann in dünnwandigen Strukturen – beispielsweise Blechen - eine lokale Einschnürung (Zuginstabilität) dem Bruchversagen unmittelbar vorausgehen. Da die Breite der lokalen Einschnürung aber in der Größenordnung der Blechdicke liegt, kann die Einschnürung bei Verwendung von

Schalenelementen im Simulationsmodell nicht direkt abgebildet werden. Deswegen muß die Instabilität als eigenständiges Versagenskriterium behandelt werden.

Die bisher in kommerziellen FEM-Programmen verfügbaren Materialmodelle sind hinsichtlich der Versagenbeschreibung noch sehr eingeschränkt. Meist wird bei der Blechumformsimulationen nur das konventionelle Grenzformänderungsschaubild herangezogen. Dieses gilt eingeschränkt nur für den Fall linearer Dehnungspfade. Für die Bewertung eines Versagens durch duktilen Trennbruch oder Scherbruch liegen keine umfassenden Modelle vor. Ein für alle Versagensarten der Blechumformung maßgeschneidertes Versagensmodell wurde von MATFEM mit der Software CrachFEM realisiert, welche als User-Materialmodell an LS-DYNA gekoppelt wurde. Im Vortrag werden die notwendigen Versuche zur Kalibrierung des Versagensmodells von CrachFEM diskutiert.

5 Anwendungsbeispiele

Anhand von einigen Umformbauteilen wird im Vortrag der Einfluß der Qualität des Materialmodells auf die Wiedergabegenauigkeit der Dehnungsverteilung und der Prognose des Versagens aufgezeigt.

