

Numerische Simulation von Verbund- sicherheitsglas unter Crashbeanspruchung



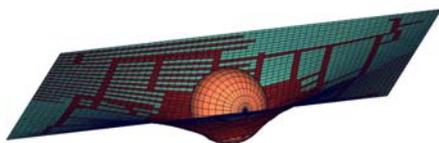
Lehrstuhl Statik und Dynamik
Prof. Dr.-Ing. Peter Osterrieder

DaimlerChryslerAG, Sindelfingen
Dr.-Ing. Stefan Kolling

Diplomarbeit Mario Timmel

WS 2002/2003

Im Rahmen der Diplomarbeit wurde die numerische Implementierung von Verbundsicherheitsglas bei Einsatz in einer Frontscheibenstruktur unter einer kurzzeitdynamischen Belastung für das explizite Finite-Elemente-Programm LS-Dyna vorgenommen. In den bisherigen Materialmodellen für VSG, welche keine Folie berücksichtigten, wurden die Eigenschaften der Kompositstruktur über eine modifizierte Werkstoffbeziehung für elastisch-plastisch definiertes Glas eingegeben. Die Ergebnisse derartiger Simulationen waren in qualitativer sowie quantitativer Hinsicht nicht zufriedenstellend, da die interaktive Wirkung zwischen der Folie und dem Glas nicht abgebildet werden konnte. Es wurden zunächst unterschiedliche Modellierungstechniken untersucht, wobei eine koinzidente Anordnung der Schalen- (Glas) und Membranelemente (PVB) numerisch stabile Berechnungen unter zufriedenstellenden Ergebnissen lieferte. Weiterhin wurden die Folienparameter anhand eines Validierungsmodells analysiert, welches auf hyperelastischen Stoffgesetzen basierte, um die großen Verformungen und Verzerrungen erfassen zu können. Unterstützt durch parallel durchgeführte analytische Betrachtungen dieser Validierung wurden die kontinuumsmechanischen Grundlagen dargestellt. Jene an einem einfachen Modell betrachteten Materialgesetze wurden darauffolgend in einem Anwendungsbeispiel angewendet, dem Impaktversuch. Hierbei wird eine Stahlkugel, der Impaktor, auf eine Platte geschossen. Die Platte bestand aus einem Verbundmodell, bei dem die koinzidenten Elemente unterschiedliche Tragwirkungen erhielten. Die Schalenelemente wurden auf Biegung beansprucht, die Membranelemente dagegen auf Zug.



Glas-Folie-Kugel-Modell mit realistischem Verhalten (Folie mitwirkend: stabile Rechnung)

In diesem Beispiel sind Sensitivitätsuntersuchungen durchgeführt worden, um die Konsequenzen hinsichtlich Parameteränderungen erkennen zu können, da infolge der sowohl physikalischen als auch geometrischen Nichtlinearitäten nur sehr grobe Vorabschätzungen gegeben werden können. Die Motivation dieser Studien lag zum einen darin, reproduzierbare Aussagen für numerische Crash-Simulationen treffen zu können, zum anderen sind variierende Materialangaben für die Folie aufzufangen, da vor allem die für eine kurzzeitdynamische Untersuchung maßgebenden Kennwerte in den Materiallabors nicht in einem vollen Umfang getestet werden können. In einem weiteren Anwendungsbeispiel wurden die aus dem Impaktversuch optimierten Größen der PVB-Folie verwendet und in einer Frontscheibenstruktur eines aktuellen Fahrzeugprojektes eingebaut.



Scheibenmodell ohne Versagensdefinition für die Glas-Aussenansicht, mit Vernetzung

Anhand des Dacheindrückversuches sind unter der Steuerung der Glasparameter unterschiedliche Bruchbilder und Kraft-Weg-Beziehungen analysiert worden. Die Ergebnisse wurden verglichen mit alten Modellierungstechniken wesentlich authentischer, sowohl qualitativ als auch quantitativ. Vor allem die Bruchmuster ergaben sehr gute Übereinstimmungen mit Versagensbildern durchgeführter realer Crash-Versuche. Hinsichtlich vergleichbarer Kraftverläufe über die Belastungsdauer beziehungsweise dem Belastungsweg werden in naher Zukunft Versuche durchgeführt. Aufbauend darauf können dann die Parameter für die Werkstoffe PVB und Glas aus der Vielzahl der durchgeführten Betrachtungen validiert werden. Für das Gesamtfahrzeug ist nunmehr für den Dachfalltest eine wesentlich realistische Abbildung des Fahrzeuges erzielt.