

Anforderungen an den Lower Bumper Stiffener

Im Bezug auf den Fußgängerschutz muss das zu konstruierende Bauteil steif und fest genug sein, um den Beinform-Impaktor abzustützen (Bild 2). Für den Versicherungseinstufungstest ist im Gegensatz dazu eine gezielte Deformation erwünscht, so dass beim Aufprall auf die Barriere keine zusätzlichen Bauteile beschädigt werden. Der Lower Bumper Stiffener soll soviel Gestaltungsfreiheit bieten, dass er sich optimal in das Vorderwagen-Package integrieren lässt und noch genügend Freiraum für Montage und angrenzende Komponenten vorhanden ist. Und natürlich muss das Bauteil kostengünstig herstellbar und die Gesamtzahl der Teile so gering wie möglich sein. Diese Vielzahl von Anforderungen lassen sich nur mit Spritzgieß-Thermoplasten erfüllen. Als Werkstoff wurde Ultramid B3WG6 CR eingesetzt, ein eigens für Crashfälle optimiertes, glasfaserverstärktes Polyamid 6 der BASF.

Materialmodellierung und Materialdatenermittlung

Eine der größten Herausforderungen in der Crashberechnung für thermoplastische Bauteile ist die numerische Beschreibung des kunststofftypischen Verhaltens. Dieses Verhalten ist meist stark abhängig von der Dehnrage. BASF hat deshalb mit der Integrativen

Simulation eine neue, umfassende numerische Materialbeschreibung entwickelt, die nicht nur das komplexe nichtlineare, viskoplastische, sondern auch das anisotrope, das heißt richtungsabhängige Verhalten von kurzglasfaserverstärkten thermoplastischen Kunststoffen berücksichtigt. Damit ist der Einfluss, den Bauteilgeometrie und Fertigungsprozess auf die Materialeigenschaften haben, vollständig erfasst. Dieses Materialmodell überschreitet die noch vor einigen Jahren gestellten Anforderungen bei weitem [4; 5]. In Bild 3 ist schematisch dargestellt, dass über die Integrative Simulation zunächst die inhomogene Orientierungsverteilungsdichte (ODF) $\psi(p)$ der Fasern im Bauteil ermittelt wird [3; 6; 7]: Sie beschreibt die Anzahl Fasern, die an jedem Materialpunkt des Kunststoffbauteils in jeder Richtung zu finden sind und sie muss in einer FE-Analyse an jedem Element-Integrationspunkt ausgewertet werden. Aufbauend auf der ODF erfolgt auch die Homogenisierung von Faser- und Matrixmaterial zu einem homogenen Modell für den Materialverbund.

Jedes Materialmodell kann jedoch nur so gut sein wie die zu Grunde liegenden Messdaten. Um die anisotrope und dehnratenabhängige Natur des Polymers zu erfassen, wurde daher bei BASF ein optisches Messsystem inklusive Steuer- und Auswertungssoftware entwickelt. Die optisch speziell vorbereiteten Probekörper [8] wer-

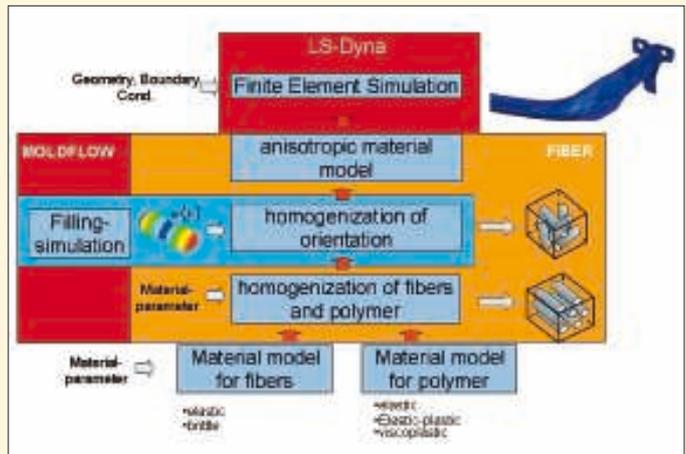


Bild 3

Integrative Simulation – Implementierung

den einem Hochgeschwindigkeits-Zugversuch unterzogen und dabei von einer Hochgeschwindigkeitskamera gefilmt [9; 10].

Integration der Simulation und Konstruktionsausführung

Nach dem Mapping der Faserorientierungen aus dem Füllprozess auf das FE-Netz für die Crashanalyse mit der BASF Software Fiber wird direkt die Crashanalyse mit LS-Dyna gestartet. Mithilfe von speziellen Include-Dateien, die nach Füllanalyse und Ergebnismapping zusätzlich zum FE-Netz auch die kompletten Materialdaten für alle Elemente enthalten, konnte eine nahtlose Integration in den Opel-internen Entwicklungsprozess erreicht werden (Bild 4)

Ausgeführt wurde der Lower Bumper Stiffener als nach hinten offenes C-Profil mit horizontalen und vertikalen Verrippungen. Die

Seitenbereiche sind als nach außen geöffnetes verripptes Profil ausgebildet. Er hat je Seite eine Befestigung zum Vorderrahmen und eine Befestigung zum Stoßfänger-Formteil. An drei Stellen je Seite wurden gezielt Schwächungen ausgebildet. An diesen Sollbruchstellen versagt das Bauteil bei der Versicherungseinstufungsprüfung, hat aber eine ausreichende Festigkeitsreserve für den Beinform-Impakt. Durch das gezielte Versagen des Lower Bumper Stiffeners im Versicherungstest wird zusätzlicher Deformationsraum frei, wodurch die Beschädigung weiterer Komponenten verhindert werden kann (Bild 5).

Ergebnisse und Fazit

Auf Basis der hier angewendeten integrativen Simulation konnte das Bauteil Lower Bumper Stiffener entwickelt werden und die Fußgängerschutzanforderungen konnten im gesamten Testbereich erfüllt

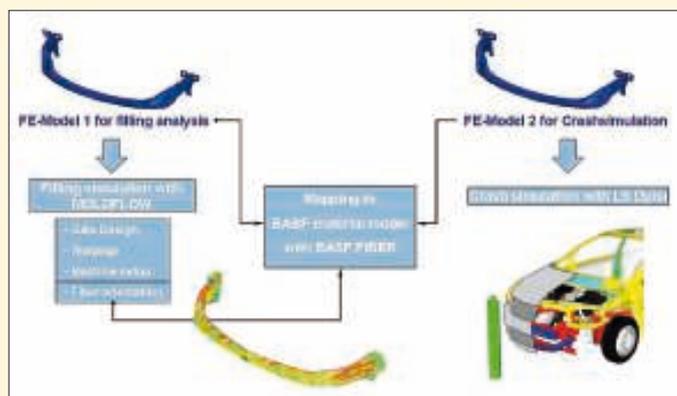


Bild 4

Integrative Crashsimulation – Datenfluss: Das FE-Modell der Füllanalyse kann aus dem vorhandenen FE-Modell für die Crashberechnung abgeleitet werden. Die Prozesssimulation für das Bauteil LBS ermöglicht die Bestimmung der erforderlichen Maschinenparameter und hilft, wichtige Werte wie Druckverluste, Einspritzzeiten und resultierende Schwindung (Verzug) zu verbessern.

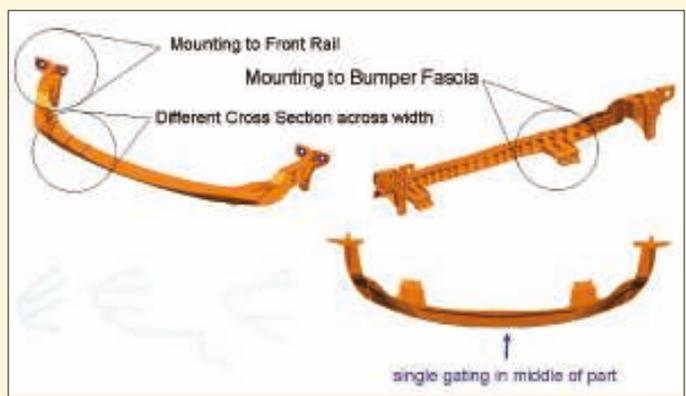


Bild 5

Konstruktionsausführung Lower Bumper Stiffener: Aus den Rechnungen ergibt sich, dass die optimale Faserorientierung für die mechanischen Lasten im Beinform-Impaktortest nur über einen einzelnen, mittigen Anspritzpunkt gewährleistet werden kann.

werden. Aufgrund der genauen Beschreibung der Materialeigenschaften ist die Übereinstimmung zwischen den Simulationsergebnissen und der physischen Prüfung sehr gut. Das durch BASF entwickelte Materialmodell stellt eine bemerkenswerte Weiterentwicklung dar. Die Charakteristik und der Maximalwert der Beschleunigung werden durch die Simulation sehr gut abgebildet, der Biegewinkel ist geringfügig überzeichnet. Die Scherung liegt im Mittel der Teststreuung. So hat das gemeinsame Projekt der Adam Opel AG und der BASF das Vertrauen in die Ergebnisse der Simulation von Kunststoffbauteilen erheblich gesteigert. Der Lower Bumper Stiffener wird in der neuen Modellgeneration des Opel Corsa serienmäßig eingesetzt.

Fakuma, Halle B4, Stand 405

Literatur

- [1] EU-Richtlinie 2003/102/EG.
- [2] EuroNCAP, Prüfprotokoll; EEVC, WG 17, Abschlussbericht.
- [3] Glaser, S.; Wüst, A.: *Integrative Crash Simulation of Composite Structures – The importance of process induced material data*. 4. LS-Dyna Forum 2005, Bamberg.
- [4] Glaser, S.; Wüst, A.: *Modellierung am Computer*, Kunststoffe (2005), Nr.3.
- [5] Glaser, S.; Wüst, A.; Völker, M.: *Kunststoff-Metall-Hybride und Crashesimulation*. Konstruktion 57 (2005), Nr.3, Fachteil Ingenieur-Werkstoffe, S. IW12-IW13.
- [6] Glaser, S.: *SFR Parts, FEM Computation of Dynamic Behavior*. Kunststoffe 91 (2001), Nr.7.
- [7] Glaser, S.: *Integrative Simulation. Vom Polymer über den Prozess zum Bauteilverhalten*. VDI-Tagung Baden-Baden, 2004.
- [8] Junginger, M.: *Charakterisierung und Modellierung unverstärkter thermoplastischer Kunststoffe zur numerischen Simulation von Crashvorgängen*. Dissertation, Fraunhofer-Institut für Kurzdynamik, EMI, Freiburg, 2002.
- [9] Frik, S., Erzgräber, M., Wüst, A., Glaser, S.: *Entwicklung eines thermoplastischen Lower Bumper Stiffeners für den Fußgängerschutz*. VDI-Tagung „Kunststoffe im Automobilbau“, Mannheim, März 2006.
- [10] Glaser, S., Wüst, A., Jansen, D.: *Crashbelastete Bauteile virtuell entwickeln*, Kunststoffe (2006), Nr. 9.