

PROZESSSIMULATION BEIM PRESSHÄRTEN VON KAROSSERIEBAUTEILEN

Tailored Tempering

Kein Wunder, dass Automobilhersteller so intensiv an Alternativen zum Stahl forschen, ist das Material doch viel zu schwer für den modernen Automobilbau – doch weit gefehlt. Hochfester Stahl in Kombination mit neuen Fertigungsverfahren wie dem Tailored Tempering ist trotz oder gerade wegen der zunehmenden Forderung nach Leichtbau noch lange nicht am Ende.



Bei der neuen E-Klasse setzt Mercedes-Benz an zahlreichen Stellen hoch- und ultrahochfesten Stahl ein.

Bilder: Daimler AG

Bei der Reduzierung des Verbrauchs und der CO₂-Werte spielt der Leichtbau im Automobilbau eine zentrale Rolle. Hierzu muss nicht zuletzt die Rohkarosserie einen wesentlichen Beitrag leisten. Dazu braucht es den richtigen Werkstoff und dessen intelligente Verarbeitung. Tailored Tempering von hoch- und ultrahochfestem Stahl ist ein Schlüssel zum Erfolg – und eröffnet gleichzeitig viele knifflige Herausforderungen (siehe Kasten). Daimler löst diese mit Hilfe von Computersimulation durch Software von Autoform Engineering.

Anspruchsvoller Prozess

Die Ermittlung, wie das entsprechende Umformwerkzeug auszusehen hat und wie der Prozess des Tailored Tempering im Detail ablaufen soll, gestaltet sich anspruchsvoll. Gefragt ist ein umfassendes Verständnis, was Materialverhalten, Wärmefluss und Kinetik der Phasentransformation angeht. Um den Prozess des Tailored Tempering zu analysieren und schließlich zu kontrollieren, braucht es einen tief gehenden Einblick in die strukturelle Transformation des Materials.

Gerade wegen der Komplexität des Verfahrens ist die simulationsbasierte Prozessauslegung am Computer eine enorme Hilfe. Voraussetzung ist jedoch, dass die

Simulationssoftware Warmumform- und Abschreckprozesse realistisch abbildet, die endgültigen Bauteileigenschaften zuverlässig vorhersagt und damit das Werkzeug-Know-how für diesen speziellen Typ des Warmumformens liefert. Mit diesem Ziel hat die Autoform Engineering GmbH die Software Autoform-Thermosolver entwickelt, in der ein thermisch-mechanisch-metallurgisches Modell implementiert ist.

Die Software kann von jedem Materialpunkt im Blech gewissermaßen eine Temperaturgeschichte „erzählen“ und gewährt damit Einblick in das Materialverhalten während des Warmumformens und insbesondere des Abschreckens. Damit die Vorhersage mit angemessener Genauigkeit funktioniert, müssen alle relevanten Phänomene und ihre Wechselwirkung modelliert werden. Auf

thermischer Seite umfasst dies den Wärme- flux zwischen Blech, Werkzeug und Umgebung, wobei sowohl die Strahlung als auch die Konvektion Berücksichtigung finden.

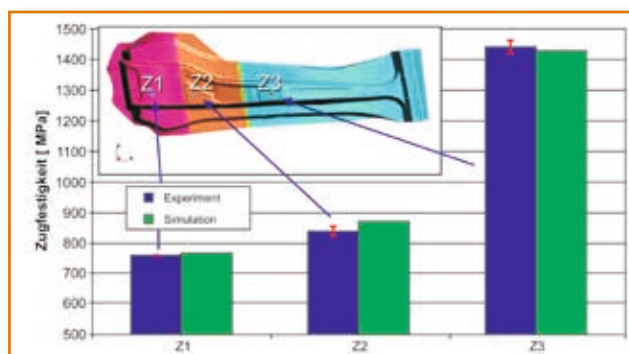
Mechanisch ist die plastische Deformation des Blechs zu beachten und aus metallurgischer Sicht die Phasentransformation aufgrund der Abkühlung einzuberechnen.

Tests verifizieren Modell

Experimente und Tests dienen Autoform dazu, das thermisch-mechanisch-metallurgische Modell zu verifizieren und weitere maßgebende Parameter zu identifizieren. In Kooperation mit der Daimler AG entstand ein Versuchswerkzeug, während am Lehrstuhl für Fertigungstechnologie der Universität Erlangen-Nürnberg systematische Tests durchgeführt wurden.

Autoform steuerte eine Vorserienversion von Autoform-Thermosolver bei. Aus dieser Zusammenarbeit entwickelte sich ein grundlegendes Expertenwissen für den Prozess und die resultierenden Materialeigenschaften in Abhängigkeit der relevanten Prozessparameter.

Um die Untersuchungsergebnisse auf ein reales Bauteil für die Produktion zu übertragen und die Qualität der Simulationsergebnisse zu überprüfen, baute Daimler ein Werkzeug für eine B-Säule. Im Werk Sindelfingen wurde anschließend ein kleines Los der B-Säule produziert und eingehend auf die mechanischen Eigenschaften hin unter die Lupe genommen. Proben aus



Ein Vergleich zwischen Testergebnissen zur Zugfestigkeit und den Berechnungen aus dem Thermosolver von Autoform.

verschiedenen Zonen des Bauteils wurden im Zugversuch getestet und die Ergebnisse unter den Experten von Daimler und Autoform eingehend diskutiert.

Alle physikalischen Einflüsse, die entscheidend für die Genauigkeit der Ergebnisse sind, mussten in das Simulationsmodell einfließen. Ein Entschluss, den die Kooperationspartner im Verlauf der Untersuchungen fassten, betraf die latente Wärme, die während des Abkühlprozesses berücksichtigt werden muss.

Im Anschluss berechnet der Autoform-Thermosolver die endgültigen Bauteileigenschaften. Resultate wie Zugfestigkeit, Bruchdehnung, Dicken- und Spannungsverteilung sowie die Härte- und Martensitverteilung lassen sich grafisch anschaulich darstellen. Die zusätzliche Rechenzeit für Tailored-Tempering-Prozesse gegenüber konventioneller Kaltumformung betrug im Mittel lediglich 5 Prozent. Dieser ohnehin bescheidene Mehraufwand wird durch das verbesserte Prozessverständnis mehr als gerechtfertigt.

Ziele erreicht

Die im Rahmen der Kooperation von Daimler und Autoform gesetzten Ziele wurden

erreicht. Nach einer einjährigen Testphase ist der Autoform-Thermosolver bei Daimler seit 2012 im produktiven Einsatz; die Qualität der Simulation auf Bauteilebene hat Daimler überzeugt. Selbst aufwändige Prozessstrategien lassen sich mit Autoform-Thermosolver berechnen. Thermomechanische Einflüsse auf das Materialverhalten bei der Bauteilherstellung werden nun noch besser berücksichtigt.

Die zusätzlichen Informationen des metallurgischen Berechnungsmodells steigern dabei die Aussagekraft und den Informationsgehalt der Simulation. Nicht zuletzt liefert die intensive Betrachtung des Tailored-Tempering-Prozesses auch wichtige Erkenntnisse für das konventionelle Presshärten.

Zukünftige Entwicklungen

Entwicklungsbedarf besteht bei der Berechnung des thermischen Verzugs. In den letzten Monaten wurde daran intensiv gearbeitet. Der nächste Schritt im Rahmen der Kooperation besteht darin, die Praxistauglichkeit der jüngsten Weiterentwicklung nachzuweisen, um sie anschließend als künftige Produktivversion des Autoform-Thermosolver zu veröffentlichen. **JBI |**

TAILORED TEMPERING

Beim Presshärten, einem Spezialverfahren der Warmumformung, entstehen aus Bor-Mangan-Stahl ultrahochfeste Karosseriebauteile. Dazu haben sich verschiedene Verfahrensvarianten herausgebildet. Gewissermaßen als Krönung gilt das Verfahren „Tailored Tempering“.

Der Vorteil des Tailored Tempering gegenüber geschweißten Tailored Blanks besteht darin, dass ein Bauteil quasi nahtlos aus einem Stück entsteht. Statt „digitalen“ Übergängen zwischen den zusammengeschweißten Bereichen ergeben sich fließende Übergänge zwischen Zonen hoher Festigkeit und Zonen hoher Duktilität.

Das sind ideale Bedingungen, um funktionsoptimierte Bauteile zu designen, also Bauteile, die gezielt an die Anforderungen im Crash angepasst sind. Damit sind signifikante Gewichtseinsparungen im Vergleich zu Konzepten mit konventionell kaltumgeformten Bauteilen realisierbar. Gegenüber der Herstellung durch konventionelles Presshärten lässt sich etwa die B-Säule eines Fahrzeugs mit verbesserten Crash-Eigenschaften und dünneren Wandstärken herstellen.