

Elastisch-plastische Berechnung von
kurzfaserverstärkten Kunststoffbauteilen

Verbindung vom Spritzguss zur Strukturmechanik

Die Anforderungen an die wirtschaftliche Herstellung und optimale Qualität neuer Produkte wachsen kontinuierlich. Durch erhöhte Steifigkeits- und Festigkeitseigenschaften erfolgt der Einsatz kurzfaserverstärkter Thermoplaste in Bereichen, in denen bislang vor allem metallische Werkstoffe verwendet wurden. Dazu gehören beispielsweise die Konsumgüterindustrie, der Automobilbau, die Luft- und Raumfahrt, der Elektroindustrie und die Medizintechnik.

Bei der Entwicklung und Auslegung von Bauteilen aus kurzfaserverstärkten Kunststoffen spielen zwei Arten von Simulationen eine zentrale Rolle: Während die Spritzgießsimulation den Fertigungsprozess abbildet, ermöglicht die anisotrope Strukturanalyse in ANSYS eine genaue Beschreibung des Belastungsverhaltens kurzfaserverstärkter Spritzgussbauteile. Das von CADFEM entwickelte Produkt „*MoldSim NL inside ANSYS*“ verknüpft auf Basis eines integrativen Simulationskonzeptes beide Welten miteinander, um die Produktqualität zu optimieren.

Diese Vorgehensweise wird von BOSCH gezielt im Bereich der Autoelektronik für die durchgängige Simulation kurzfaserverstärkter Bauteile angewendet. Dadurch lässt sich das Werkstoffverhalten genau abbilden und somit eine realitätsnahe Aussage zum thermomechanischem Verhalten des spritzgegossenen Bauteils treffen (Bild 1).

Während der Simulation des Formfüllvorgangs beim Spritzgießen werden als Folge des Strömungsverhaltens der Polymer-schmelze auch die Faserorientierungen berechnet. Die unterschiedliche Ausrichtung der Fasern im ausgehärteten Bauteil führt zu einer signifikanten Richtungsabhängigkeit der Materialeigenschaften. Die Simulation des Formfüllvorgangs und die daraus resultierende lokal variierende Faserorientierungsverteilung werden in Bild 2 für das kurzfaserverstärkte Bauteil dargestellt.

Auf Grundlage der Spritzgussimulation ermöglicht *MoldSim NL* die direkte Berechnung der anisotropen Materialparameter in ANSYS. Damit können die Kunststoff-eigenschaften genauer beschrieben werden, als bei vereinfachten Ansätzen, die mit global isotropen und skalierten Kennwerten arbeiten. Dabei besteht eine komplette Integration in ANSYS Workbench, vom Import der Spritzgussdaten

über die effiziente Berechnung der anisotropen Materialeigenschaften bis hin zur Ergebnisauswertung, ohne dass der Anwender die gewohnte Benutzeroberfläche von ANSYS verlässt. Die Einbettung externer Spritzguss-Ergebnisdaten erfolgt über ein eigens konzipiertes Menü auf der Workbench Projektseite.

Einsatz von Tensor-Mapping-Routinen

Zur Übertragung der Faserorientierung und der Eigenspannungen vom Spritzgussmodell auf die Strukturmechanik-Vernetzung werden von *MoldSim NL* die Tensor-Mapping-Routinen der ANSYS Software verwendet. Diese ermöglichen eine von den Spritzgussdaten unabhängige Vernetzung und damit die Berechnung beliebiger Baugruppen sowohl von spritzgegossenen als auch von nicht-spritzgegossenen Bauteilen.

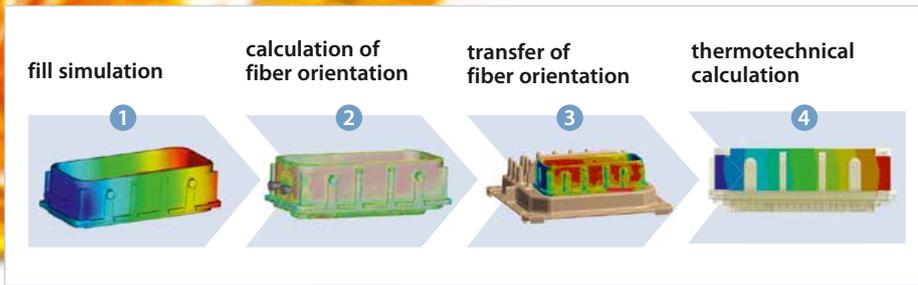


Bild 1: Gekoppelte Spritzguss-Struktursimulation mit MoldSim.

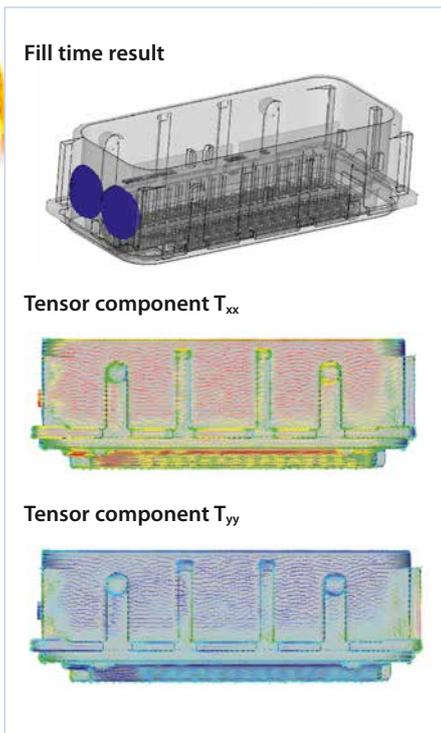


Bild 2: Formfüllung und berechnete Faserorientierungsverteilung.

Die effiziente Berechnung der richtungsabhängigen Materialeigenschaften des kurzfaserverstärkten Spritzgussbauteils erfolgt direkt durch das in „MoldSim NL inside ANSYS“ implementierte Materialgesetz. Dabei werden die Mikrostruktur, die importierten Daten der Faserorientierung sowie die Eigenspannungen berücksichtigt und neben der anisotropen Steifigkeit auch die anisotrope Wärmeausdehnung ermittelt. Um quantitative Aussagen treffen zu können, muss das synthetisch erzeugte Materialmodell mit dem realen Werkstoffverhalten aus Versuchen abgeglichen werden. Für diesen als Reverse Engineering bezeichneten Abgleich kann die Parametrisierung von ANSYS Workbench effizient eingesetzt werden. So lassen sich die Eingangsmaterialdaten von Matrix, Faser und Mikrostruktur automatisiert mit den Versuchsdaten kalibrieren. Die dadurch kalibrierten Daten können anschließend für die eigentliche Bauteil-

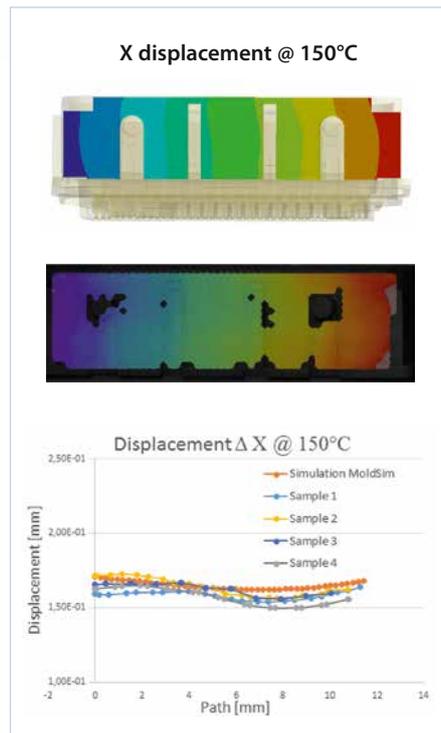


Bild 3: Der Vergleich von Messung und Simulation zeigt gute Übereinstimmung.

simulation verwendet werden. Die Definition von Kontakten, Analyseinstellungen, Randbedingungen und Ergebnisgrößen erfolgt wie gewohnt in ANSYS Mechanical.

Übereinstimmung von Messung und Simulation

Eine entscheidende Ergebnisgröße der integrativen Simulation von dem BOSCH-Bauteil ist die genaue Berechnung der Verformung (thermischer Verzug) unter Temperaturbelastung. Hierzu wurde von BOSCH die Verformung sowohl global als auch entlang ausgewiesener Pfade als Referenzlösung über bildgebende Verfahren an mehreren Probekörpern gemessen. Durch die Berücksichtigung der Kurzfaserverstärkung in der thermo-mechanischen Simulation mit MoldSim konnte eine gute qualitative und quantitative Übereinstimmung von Messung und Si-

mulation in ANSYS Mechanical erzielt werden (Bild 3).

Mit dem MoldSim-Modul für ANSYS Mechanical wird somit die Prozesskette zwischen Spritzguss und strukturmechanischer Simulation geschlossen. Die Nutzung der damit verbundenen Methodik in der täglichen Praxis unterstützt die Auslegung von spritzgegossenen Kunststoffteilen. Nicht zu simulieren bedeutet in diesem Zusammenhang die Vernachlässigung einer sehr wichtigen Erkenntnisquelle, mit der die Bewertungsweise Vorauslegung von Bauteilen und damit deren Optimierung deutlich erleichtert und aussagekräftiger wird.

Ab ANSYS Version 18 hat CADFEM mit „MoldSim NL inside ANSYS“ eine neue Lösung entwickelt, mit der nun auch eine elastisch-plastische Materialbeschreibung unterstützt wird, um dem nichtlinearen Werkstoffverhalten vieler Matrixwerkstoffe des Verbunds Rechnung zu tragen. Die Bestimmung der plastischen Verfestigungsparameter erfolgt bei MoldSim NL über robustes Curve-Fitting von Testdaten mit Algorithmen der optiSLang-Software von Dynardo. Die Implementierung eines ANSYS Wizards ermöglicht dabei dem Anwender ein schrittweise geführtes Vorgehen vom Einlesen der experimentellen Daten über das Curve-Fitting bis hin zum Abspeichern der gefitteten Parameter für künftige Simulationsanwendungen.

Um die Leistungsfähigkeit dieses neuen Produkts noch weiter zu steigern, wurde eine Erweiterung auf ANSYS Distributed Memory Parallelization (DMP) durchgeführt. Neben der Simulation statisch-mechanischer Aufgabenstellungen besitzt der Anwender mit MoldSim NL zudem die Möglichkeit der Durchführung von Modalanalysen und harmonischen Analysen kurzfaserverstärkter Kunststoffbauteile in der linearen Dynamik.



InfoAutor | BOSCH
Matthias Werner
matthias.werner@de.bosch.com

InfoAutor | CADFEM
Ralph Echter
rechter@cadfem.de

InfoSoftware
www.cadfem.de/extensions

InfoWebinar
Mit MoldSim NL inside ANSYS haben Sie Ihre Kunststoffe im Griff
www.cadfem.de/moldsim-webinar