

## Teilprojekt B2

### **Titel**

Numerische Modellierung und Kompensation des Schwindungs- und Verzugsverhaltens bei Spritzgussverfahren

### **Projektleitung/-bearbeitung**

Elgeti, Stefanie (Teilprojektleiterin)

Lehrstuhl für computergestützte Analyse technischer Systeme

Zwicke, Florian (Mitarbeiter)

Lehrstuhl für computergestützte Analyse technischer Systeme

### **Aufgabenstellung**

Das Primärziel des Teilprojekts ist die numerische Auslegung der Kavitätsgeometrie im Kunststoffspritzguss. Die Entwicklung einer solchen Methode erfordert zunächst eine zuverlässige Simulation des Spritzgussprozesses. Hierfür mussten in diesem Jahr neue Gleichungen für das Materialverhalten im flüssigen Zustand und während der Erstarrung implementiert werden. Wichtig war hierbei, dass auch Dichteänderungen voll unterstützt werden und beliebige Zustände zwischen Flüssigkeit und Festkörper sinnvoll abgebildet werden können. Des Weiteren musste auch die Simulation des Materialverhaltens nach dem Auswurfzeitpunkt erweitert werden. Diese Simulation musste um zeitabhängige Terme ergänzt werden, um alle Zwischenzustände betrachten zu können, und um Vorkehrungen für plastische Deformationen und Fließeffekte zu treffen.

### **Vorgehensweise**

Zur korrekten Abbildung des Materialverhaltens musste insbesondere der Einfluss der Temperaturänderung berücksichtigt werden. Hierzu wurden die Materialgesetze um entsprechende Terme erweitert. Zum einen wird thermische Ausdehnung und Kontraktion erlaubt indem temperaturabhängige konstitutive Gleichungen verwendet werden. Zum anderen werden auch die Parameter, welche das viskoelastische Materialverhalten beschreiben, abhängig von der Temperatur definiert. Hierdurch kann die langsame,

abkühlungsbedingte Transition vom flüssigen zum festen Verhalten in der amorphen Phase modelliert werden.

### **Ergebnisse**

Als Ergebnis der Erweiterungen ist es nun möglich, die meisten Bestandteile der Kunststoffspritzgussimulation in vereinfachter Form durchzuführen. Die neuen angepassten Fluidgleichungen können für die Nachdruckphase und den Zeitraum der Erstarrung, bis zum Auswurf der Geometrie verwendet werden. Anschließend kann die weitere Verformung durch den Auswurf und die Abkühlung bis zum fertigen Bauteil mit den Festkörpergleichungen simuliert werden. In Verbindung ergibt sich eine Simulation des größten Teils eines Spritzgussprozesses.

Die Fluid- und Erstarrungssimulation kann nun außerdem mit der inversen Formulierung der Festkörpersimulation verbunden werden. Durch eine iterative Anwendung beider Komponenten wurde eine erste Auslegungsmethode für die Kavitätsgeometrie geschaffen.

### **Zusammenfassung und Ausblick**

Die Simulationsmethoden wurden bisher auf einfachen Testgeometrien ausprobiert. Im nächsten Schritt wird es wichtig sein, näher an realistische Geometrien und Materialparameter heranzukommen. Grundlegend für dieses Ziel ist die Verbesserung der Gleichungen mit Blick auf Robustheit und Stabilität.

Zusätzlich zum beschriebenen iterativen Auslegungsverfahren werden außerdem übliche Methoden der mathematischen Optimierung verwendet werden, um basierend auf der gesamten Prozesssimulation eine Formoptimierung für die Kavitätsgeometrie durchzuführen.

### **Veröffentlichungen**

F. Zwicke, S. Eusterholz und S. Elgeti, *Boundary-Conforming Free-Surface Flow Computations: Interface Tracking for Linear, Higher-Order and Isogeometric Finite Elements*, *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 326 (2017) 175-192.

F. Zwicke, M. Behr und S. Elgeti, *Predicting Shrinkage and Warpage in Injection Molding: Towards Automated Mold Design*, *AIP Conference Proceedings*, 1896 (2017) 100001.