

Teilprojekt B2

Titel

Numerische Modellierung und Kompensation des
Schwindungs- und Verzugsverhaltens bei Spritzgussverfahren

Projektleitung/-bearbeitung

Behr, Marek (Teilprojektleiter)

Lehrstuhl für computergestützte Analyse technischer Systeme
RWTH Aachen

Elgeti, Stefanie (assoziierte Teilprojektleiterin)

Institut für Leichtbau und Struktur-Biomechanik
Technische Universität Wien

Zwicke, Florian (Mitarbeiter bis 2020)

Lehrstuhl für computergestützte Analyse technischer Systeme
RWTH Aachen

Eusterholz, Sebastian (Mitarbeiter ab 2021)

Lehrstuhl für computergestützte Analyse technischer Systeme
RWTH Aachen

Aufgabenstellung

Im Spritzgussprozess wird zur Fertigung von Kunststoffbauteilen flüssiges Polymer in eine Kavität eingespritzt und anschließend durch Abkühlung zur Erstarrung gebracht. Durch erstarrungsbedingte Restspannungen und inhomogenes Abkühlverhalten kommt es zu geometrischem Verzug im Bauteil, sodass die Form des Bauteils nicht zwangsweise mit der Form der Kavität übereinstimmt. Im Wesentlichen wird die Bauteilform dennoch durch die Kavitätsform bestimmt. Aus diesem Grund wird im Teilprojekt B2 nach einer Methode gesucht, welche es erlaubt, die Kavitätsform derart zu wählen, dass eine gewünschte Bauteilform erzielt werden kann.

Bisher wurde im Projekt dabei hauptsächlich auf inverse Formulierungen gesetzt. In diesem Jahr wurden effiziente Methoden untersucht, um die Problematik als mathematisches Optimierungsproblem zu behandeln.

Vorgehensweise

Um das Problem in den Rahmen eines Optimierungsproblems zu fassen, müssen bestimmte Werkzeuge bereitgestellt werden. Eines davon ist ein Zielfunktional, welches die skalare Quantisierung von Formabweichungen zwischen Ist- und Soll-Zustand bzw. von Fehlern der Bauteilform ermöglicht. Des Weiteren wird eine diskrete mathematische Beschreibung der zu optimierenden Kavitätsform benötigt. Die Effizienz der Optimierungsmethode profitiert dabei maßgeblich von einer geringen Dimensionalität dieser Formbeschreibung.

Zu den effizienteren Methoden, insbesondere im Bereich der Formoptimierung, gehören die gradientenbasierten Verfahren. Wenn der Gradient, d.h. die Ableitung, des Zielfunctionals nach den Formparametern bekannt ist, erlaubt dies sowohl die Bewertung des Ergebnisses als auch die schrittweise Verbesserung der Kavitätsform.

Neben den Arbeiten an der Formbeschreibung und dem Zielfunktional standen in diesem Jahr insbesondere die Methoden zur effizienten Gradientenbestimmung im Vordergrund.

Ergebnisse

Für eine sparsame Beschreibung der Kavitätsform bieten sich Splines an, da diese es erlauben gekrümmte Formen anhand weniger Kontrollpunkte zu beschreiben. Um diese Art der Beschreibung zu ermöglichen, sind in diesem Projekt Methoden entstanden, welche die Erzeugung oder Manipulation von Simulationsnetzen anhand von Spline-Geometrien erlauben. Im Bereich der Gradientenbestimmung sollen adjungierte Verfahren zum Einsatz kommen, wie sie häufig bei PDE-beschränkten Optimierungsproblemen verwendet werden. Die Komplexität der Spritzgusssimulation, mit einer großen Zahl an relevanten physikalischen Phänomenen und unterschiedlichen Prozessschritten, erfordert hier besondere Vorkehrungen. Zur Vorbereitung der Optimierungsmethode wurde mit der Ausarbeitung einer adjungierten Formulierung zur Gradientenbestimmung und Optimierung begonnen.

Zusammenfassung und Ausblick

Zusätzlich zu den schon untersuchten inversen Formulierungen werden nun außerdem mathematische Optimierungsmethoden untersucht. Auf diese Weise können diese Methoden zukünftig verglichen oder auch kombiniert angewendet werden. Da insbesondere die mathematischen Optimierungsverfahren von einer effizienten Vorwärtssimulation profitieren, werden im Projekt künftig außerdem Modellreduktionsmethoden erforscht werden, welche insbesondere eine Performancesteigerung im Bereich der transienten Simulation der Füll- und Erstarrungsvorgänge ermöglichen sollten.

Veröffentlichungen

F. Zwicke, "Inverse Shape Design in Injection Molding Based on the Finite Element Method" (PhD diss., RWTH Aachen University, 2020).

Markus Frings, et al. "SplineLib: A modern multi-purpose C++ spline library." *Advances in Engineering Software* **146** (2020).