

Teilprojekt B 1

Titel

Algorithmen zur Auslegung eines Temperierlayouts für Spritzgießwerkzeuge unter Berücksichtigung des lokalen Kühlbedarfs

Projektleitung/-bearbeitung

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Hopmann, Christian (Leitung)
Hohlweck, Tobias, M.Sc. RWTH (Bearbeitung)
Lehrstuhl für Kunststoffverarbeitung
Seffenter Weg 201
52074 Aachen

Aufgabenstellung

Das Ziel dieses Teilprojekts ist die Entwicklung einer Methodik zur automatisierten und präzisen Auslegung von Kühlkanalsystemen in Spritzgießwerkzeugen. In 2019 wurden verschiedene Aspekte der Methodik vertiefend untersucht. Eine Aufgabenstellung war die präzisere Beschreibung des lokalen Kühlbedarfs, also die Ermittlung der in das Werkzeug eingebrachten Wärme durch die Kunststoffschmelze. Zusätzlich wurde untersucht, inwiefern die Randbedingungen für die thermische Optimierung des Spritzgießwerkzeugs verbessert werden können, um eine geometrieunabhängige Bewertung sicherzustellen. Hier wurde insbesondere die umhüllende Formfunktion untersucht, welche das kavitätsnahe Werkzeugvolumen repräsentiert. Die Temperaturvorgänge in diesem Bereich sind qualitätsentscheidend für das Formteil. In einem auf die thermische Optimierung folgenden Schritt, werden basierend auf den vorangegangenen Berechnungen Kühlkanäle abgeleitet. Hier stand insbesondere die Entwicklung und Implementierung eines Algorithmus zur automatisierten Ableitung im Fokus der Arbeiten.

Vorgehensweise

Zur Ermittlung des lokalen Kühlbedarfs wurden Untersuchungen zum Einfluss der Kühlrate auf das Verhalten des spezifischen Volumens in Abhängigkeit von Temperatur und Druck (pV-T-Verhalten) durchgeführt. In einer Messzelle

wurden isotherme pvT-Messungen für thermoplastische Kunststoffe (amorph / teilkristallin) bei unterschiedlichen Druckniveaus und Kühlraten durchgeführt. Allerdings ist es bisher nicht möglich bei hohen Kühlraten zu messen, die den realen im Prozess entstehenden Kühlraten entsprechen. Aus diesem Grund muss auf eine Extrapolation der Daten zurückgegriffen werden, um eine Abschätzung des spezifischen Volumens im Prozess geben zu können. Um die Kühlrate in der Modellierung berücksichtigen zu können, wurde ein neues Modell entwickelt, da die bisherigen Modelle ausschließlich Temperatur und Druck berücksichtigen.

Bei den Untersuchungen zur umhüllenden Formfunktion wurden verschiedene Geometrien untersucht. Hier war das Ziel zu definieren, inwiefern eine Vereinfachung der Geometrie zu ungenaueren Berechnungsergebnissen führt. Hierbei wurden die in Bild 1 dargestellten Formfunktionen für eine Gehäusegeometrie untersucht. Hierbei wurden zum einen stark vereinfachte Konturen (Design „Box“ und „Schale“) sowie geometrieangepasste Konturen (Design „Konturierter Hüllkörper“ und „Minkowski-Hüllkörper“) analysiert.

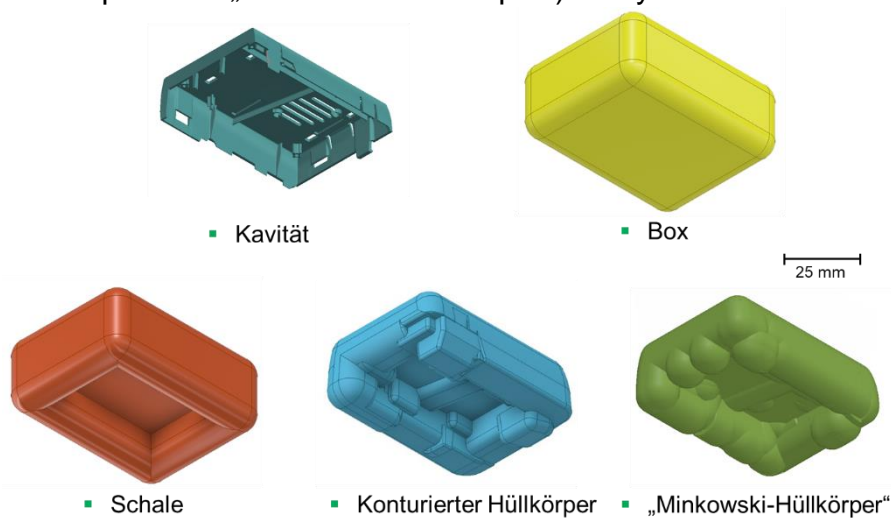


Bild 1: Bauteil und untersuchte Formfunktionen

Aus der Optimierung werden Iso-Oberflächen gleicher Temperatur extrahiert, welche die optimale Position der Kühlkanäle repräsentieren. Aktuell wird dazu ein Skript erstellt, welches Kühlkanäle mit minimalem Abstan zwischen der Kühlkanalwand und den Iso-Oberflächen generiert. In vorherigen Arbeiten wurden so einzelne Abschnitte von

Kühlkanälen manuell generiert. Diese Einzelstücke sollen nun über den aus der Robotik bekannten Algorithmus „Rapid-exploring random tree“ verbunden werden.

Ergebnisse

Basierend auf den pvT-Messungen wurde ein neues Modell entwickelt, welches auf dem Tait-Modell basiert und dieses an drei Parametern (b_{1s} , b_{1m} , b_5) um den Einfluss der Kühlrate ergänzt. Weiterhin wurde die diskontinuierliche Formulierung durch eine kontinuierliche ersetzt. Das Modell ist in Bild 2 zusammengefasst:

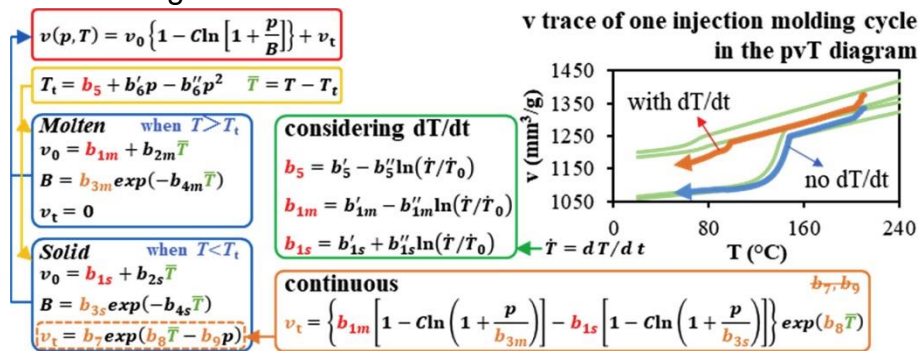


Bild 2: Modell zur Beschreibung des kühlratenabhängigen pvT-Verhaltens

Für niedrige Kühlraten zeigt das Modell eine gute Übereinstimmung mit den Messdaten. Bisher ist es allerdings nicht möglich das Modell für hohe Abkühlraten zu validieren, da hier die Messdaten nicht verfügbar sind. Durch die kontinuierliche Formulierung des neuen Modells, können nun Unstetigkeiten und Sprünge in den Modellkurven vermieden werden.

Die Untersuchungen zu den unterschiedlichen Formfunktionen sind noch nicht vollständig abgeschlossen. Erste Untersuchungen zeigen eine große Abhängigkeit der Iso-Oberflächen von der gewählten Formfunktion (s. Bild 3).

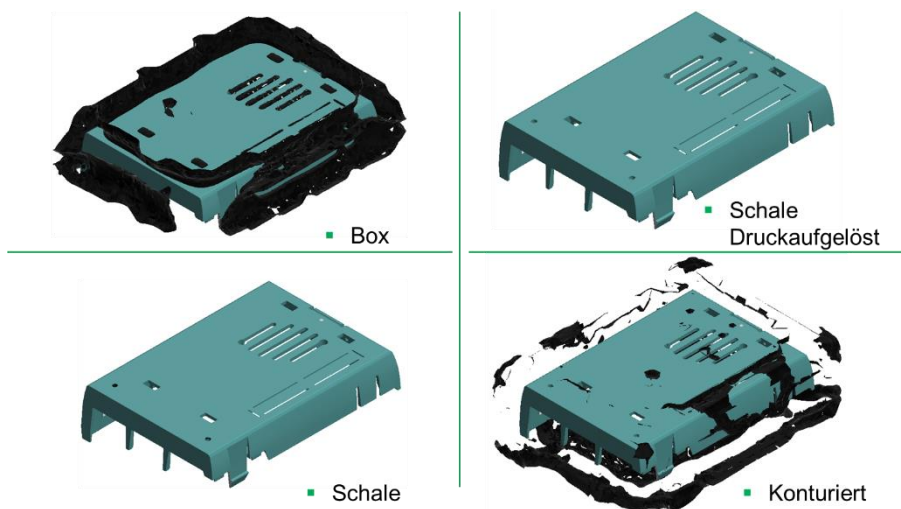


Bild 3: Auswertung der unterschiedlichen Formfunktionen

In den Arbeiten zur automatisierten Kühlkanalableitung konnte erstmalig ein zusammenhängendes Kühlkanallayout vollständig automatisiert abgeleitet werden. Problematisch sind aktuell noch die Kollision des Kanals mit der Kavität an einzelnen Stellen sowie stark geknickte Verläufe, die strömungstechnisch nicht optimal sind und für zukünftige Anwendungen noch geglättet werden müssen.

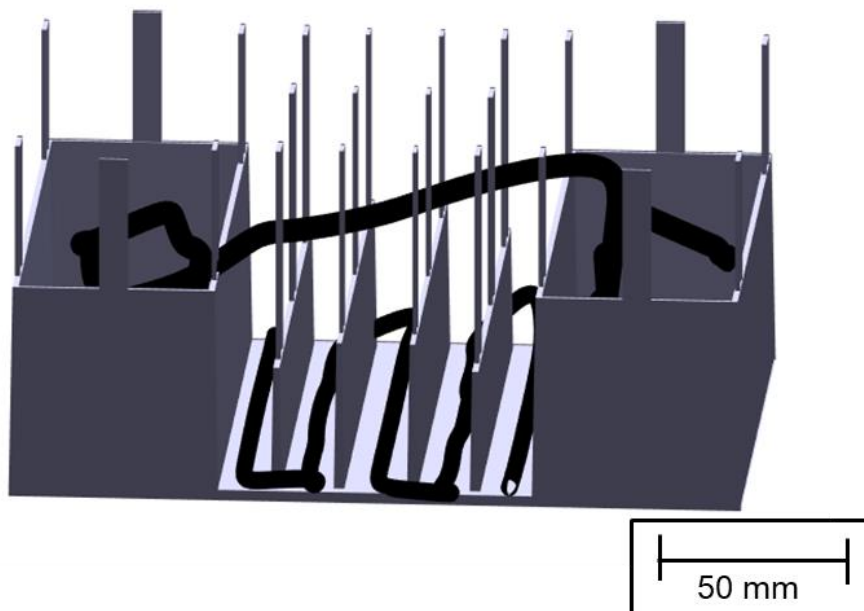


Bild 4: Automatisch generiertes Kühlkanallayout

Zusammenfassung und Ausblick

In zweiten Jahr der zweiten Phase des SFB1120 konnte eine Präzisierung der Berechnung des lokalen Kühlbedarfs

vorgenommen werden. Das neue Modell ist sehr vielversprechend und wird aktuell in die thermische Optimierung implementiert. Anschließend wird ein Vergleich zum bestehenden Modell angestrebt. Der nächste Ansatz der automatisierten Kühlkanalableitung ist die Überführung der Berechnung in ein fertigbares Design, welches zunächst simulativ geprüft werden soll.

Im Rahmen des nächsten Projektjahres soll die Formulierung der Gütefunktion der thermischen Optimierung weiterentwickelt werden, sodass hier eine geometrisch und numerisch unabhängige Bewertung durchgeführt werden kann.

Veröffentlichungen

WANG, J.; HOPMANN, C.; SCHMITZ, M.; HOHLWECK, T.; WIPPERFÜRTH, J.: *Modeling of pvT behavior of semi-crystalline polymer based on the two-domain Tait equation of state for injection molding*. *Materials & Design* 183 (2019), S. 108149.

WANG, J.; HOPMANN, C.; SCHMITZ, M.; HOHLWECK, T.: *Influence of measurement processes on pressure-specific volume-temperature relationships of semi-crystalline polymer: Polypropylene*. *Polymer Testing* 78 (2019), S. 105992

HOPMANN, CH.; FISCHER, T.; HOHLWECK, T.: *Simulative and Experimental Validation of an Inversed Cooling Channel Design for Injection Moulds*. *Proceedings of the ANTEC Conference*. 18.-21. März 2019. Detroit, 2019.