

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

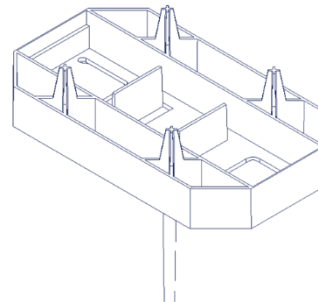
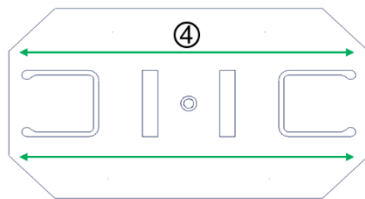
Das Ziel dieses Teilprojekts ist die Entwicklung einer Methodik zur automatisierten und präzisen Auslegung von Kühlkanalsystemen in Spritzgießwerkzeugen. Zum Ende der ersten Förderperiode und zu Beginn der zweiten Förderperiode standen zwei grundsätzliche Aspekte im Vordergrund der Forschungen. Zum einen wurden die praktischen Validierungsversuche fortgesetzt, um weitere Einflussfaktoren und deren Sensitivität aus der Praxis auf die Maßhaltigkeit zu analysieren, die in einer zukünftigen Erweiterung der Methodik berücksichtigt werden müssen. Hierbei wurde ein zweiter Probekörper verwendet, der zusätzliche typische Geometriemerkmale von Kunststoffformteilen, wie Wanddickensprünge und Zentrierrippen aufweist. Zum anderen wurde an einer Erweiterung der Methodik gearbeitet, um neben den realen Prozesseinflüssen auch numerische Einflüsse, wie z. B. die Wahl der Gewichtungsfaktoren oder des Offsets der umgebenden Werkzeuggeometrie zu berücksichtigen. Als eine zusätzliche Erweiterung zur besseren Abbildung der Abkühlphase in der thermischen Optimierung war es Ziel den Prozessdruck orts- und zeitaufgelöst in der Kavität abzubilden.

Vorgehensweise

Bereits im dritten Projektjahr der ersten Förderphase wurden Werkzeugeinsätze für ein Spritzgießwerkzeug beschafft, welche nun in praktischen Tests untersucht wurden. Basierend auf einem Standardmaterial der technischen Thermoplaste, einem unverstärkten Polybutylenterephthalat (PBT), wurden

Spritzgießbauteile für ein typisches Kunststoffbauteil mit verschiedenen kunststoffspezifischen Geometriemerkmalen im Spritzgießverfahren hergestellt. Das thermisch optimierte Kühlkanalsystem wurde mit einem konventionell ausgelegten System verglichen. Hierbei wurde ein für das Spritzgießen des Formteils optimaler Prozesspunkt bestimmt und Prozessparameter, wie die Schmelztemperatur und die Einspritztemperatur variiert, um deren Einflüsse und Auswirkungen auf die Kühlleistung quantifizieren zu können. Hierzu wurden die hergestellten Formteile über eine taktile Koordinatenmessmaschine präzise vermessen und Qualitätsmerkmale, wie z. B. ein Seitenwandeinfall oder eine Ebenheit der Bodenplatte definiert (s. Bild 1):

- Ebenheit der Bodenplatte



- Seitenwandeinfall / Rippenverzug

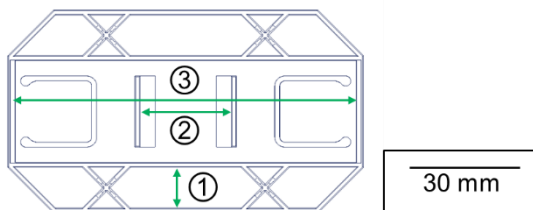


Bild 1: Messgrößen am Verzugsprobekörper

In weiteren Untersuchungen wurde eine simulative Sensitivitätsanalyse durchgeführt, um die Einflüsse der Randbedingungen quantifizieren zu können. Hierzu wurde ein repräsentatives Beispielbauteil erstellt und Variationen der Formteilwanddicke sowie des das Formteil umgebenden Werkzeugvolumens durchgeführt. Hierfür wurden insgesamt 60 thermische Optimierungen durchgeführt.

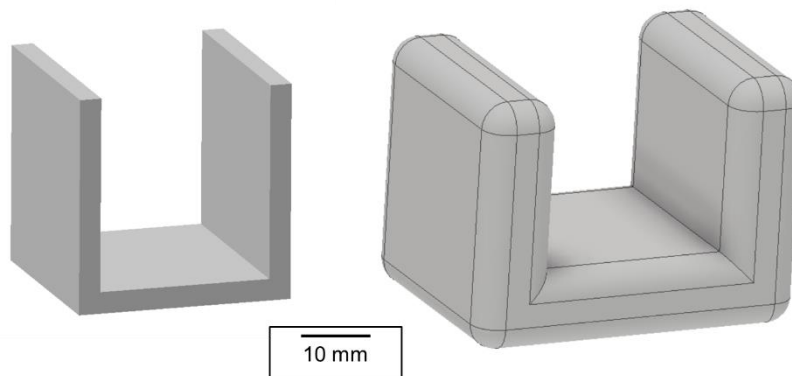


Bild 2: Einfaches Beispielbauteil und Offsetgeometrie von 6.5mm

Da abkühlende Kunststoffschmelzen kompressibel sind, ist es notwendig den lokal vorherrschenden Druck in der Optimierung zu berücksichtigen. Die Daten wurden vorher simulativ berechnet und liegen vierdimensional (x,y,z,t) vor. In der Folge wurde eine effiziente Interpolation entwickelt, welche für jeden Knotenpunkt zu einem definierten Zeitpunkt den Druck in der Schmelze berechnet.

Ergebnisse

Die praktischen Validierungsversuche haben gezeigt, dass es möglich ist mithilfe der thermisch optimierten Kühlung eine Verbesserung des Bauteilverzugs zu erreichen. Allerdings zeigen die Versuche auch einen erheblichen Einfluss der Durchflussgeschwindigkeit auf. Dies ist in Bild 3 anhand der Durchbiegung der Bodenplatte visualisiert:

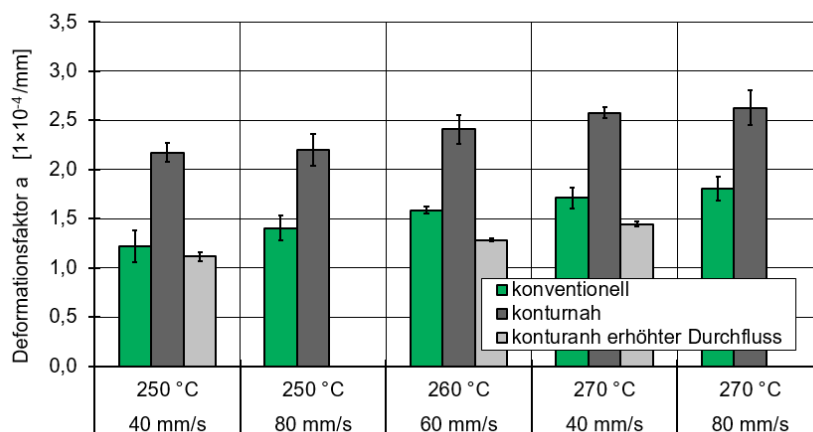


Bild 3: Durchbiegung der Bodenplatte

Wie in vorherigen Versuchen zeigt sich, dass die Kühlwirkung in komplex zu temperierenden Bereichen überschätzt wurde. Die Feinheit der Kühlkanäle, der komplexen Windungen sowie fertigungsbedingter erhöhter Oberflächenrauheit an der Kühlkanalwand führen in der Konsequenz zu einem erhöhten Druckverlust. Um diesem Effekt entgegenzuwirken wurde ein stärkeres Temperiergerät eingesetzt, welches diese Probleme zum Teil ausgleichen konnte. Allerdings führte die Erhöhung des Durchflusses nicht in allen Fällen zu einer Verbesserung des Verzugs, wenn bereits ausreichend Kühlleistung vorhanden war. Der Aspekt des Kühlmitteldurchflusses wurde bisher unterschätzt, da in erster Näherung in der thermischen Optimierung von einer gleichmäßigen Wärmeabfuhr durch den Kühlkanal ausgegangen worden ist. Neben den praktischen Arbeiten wurden die methodischen Arbeiten fortgeführt. Als Ergebnis der Sensitivitätsanalyse ist nun ein Tool vorhanden, mit dem ein optimaler Offset bei gegebener Wandstärke abgeleitet werden kann. Die simulative Validierung dieser Arbeiten findet im Moment statt.

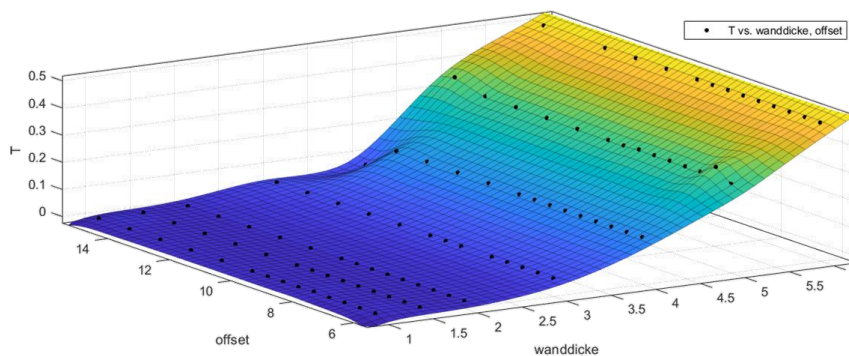


Bild 4: Zusammenhang zwischen Optimierungsqualität, Wanddicke und Werkzeugoffset

Für die vierdimensionale Abbildung des Prozessdrucks konnte gezeigt werden, dass die mit diesen Rechnungen ausgelegten Kühlkanalsystemen einen geringeren Verzug erreichen. Dies muss durch eine Erhöhung der Rechenzeit um maximal 10% erkauft werden.

Zusammenfassung und Ausblick

Im Verlauf des vierten Projektjahres konnten praktische Versuche durchgeführt werden, die die Stärken und aktuell vorhandenen Herausforderungen der Auslegung gezeigt haben. Hierbei wurde offensichtlich, dass strömungsmechanisch optimierte Herausforderungen aktuell

noch manuell geprüft werden müssen, ob die in den Berechnungen genutzten Vereinfachungen (wie z. B. konstant hohe Abkühlleistung eines Kühlkanals) wirklich gelten.

Auf Basis der durchgeführten Sensitivitätsanalyse können im nächsten Schritt flexible Offsets für die zu berechnenden Formteile generiert werden, sodass eine bessere Vorhersage des Abkühlverhaltens möglich ist. Weiterhin sollen komplexere Materialmodelle zur besseren Abbildung der real im Formteil vorliegenden Wärmemenge entwickelt werden und Anwendung finden.

Veröffentlichungen

HOPMANN, CH.; NIKOLEIZIG, P.; DORNEBUSCH, H.; SCHNEPPE, T.: *Minimization of Warpage for Injection Molded Parts by Inverse Thermal Mold Design*. International Journal of Polymer Processing. 33 (2018) 1. S. 110-116

ZWICKE, F.; SCHNEPPE, T.; HOPMANN, CH.; ELGETI, S.: Numerical Design for Primary Shaping Manufacturing Processes. *Proceedings in Applied Mathematics and Mechanics*. 22. Mai 2018. München, 2018.