

Teilprojekt B3

Titel

Prozessregelungsstrategien für eine hochsegmentierte
Werkzeugtemperierung im Spritzgießen

Projektleitung:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Hopmann, Christian (Leitung)

Dipl.-Ing. Mauritius Schmitz (Bearbeitung)

Lehrstuhl für Kunststoffverarbeitung

Seffenter Weg 201

52074 Aachen

Aufgabenstellung

Ziel des Teilprojektes B3 in der ersten Projektphase (Arbeitspaket 1, 2015 - 2016) ist die Entwicklung und Umsetzung eines Werkzeugkonzeptes für eine hochsegmentierte Werkzeugtemperierung eines Spritzgießwerkzeuges zur Herstellung einer einfachen Formteilgeometrie. Die Entwicklung des Werkzeugkonzeptes umfasst die Evaluation verfügbarer Temperiermethoden für Spritzgießwerkzeuge sowie die Untersuchung verfügbarer Sensoriken zur Erfassung lokaler Prozessdrücke und Prozesstemperaturen. Ziel des Arbeitspaketes 2 (2016 – 2018) ist die Entwicklung eines Regelungskonzeptes für die entwickelte Werkzeugtechnik, sodass eine effiziente Regelung der lokalen Formteilstemperatur ermöglicht wird.

Vorgehensweise

Aufbauend auf den Voruntersuchungen im Projektjahr 2015 zu geeigneten Temperiermethoden und Sensoriken sowie auf dem daraus resultierendem Werkzeugkonzept wurde die finale Konstruktion des Versuchswerkzeug zur gezielten lokalen Formteilstemperierung vorgenommen sowie die Fertigung durch einen Werkzeugbauer begleitet. Dabei stand die Einbringung der Heiz- (Heizkeramiken) sowie Kühlelemente (CO₂-Kühlung) hinsichtlich des thermischen Verhaltens sowie der mechanischen Belastung im Vordergrund. Um bereits vor Fertigung des Werkzeuges eine Aussage über die resultierenden Eigenschaften von Werkzeug und Formteil zu erhalten, wurden thermische Simulationen zur Bestimmung der

Temperaturverteilung während des Heizvorgangs durchgeführt sowie mechanische Simulationen zur Bestimmung der maximalen mechanischen Belastungen der kritischen Werkzeugelemente. Hierdurch soll ein sicherer Betrieb des Werkzeuges gewährleistet werden. Fokus der Simulationen lag dabei auf der mechanischen Belastung der keramischen Heizelemente. Dies können aufgrund eines Verdampfungsraumes, der zur Kühlung mittels flüssigem CO₂ erforderlich ist, rückseitig nicht vollständig abgestützt werden. Aufgrund der Simulationen wurde eine Dimensionierung der Bauelemente (insbesondere der Kavitätswanddicke) vorgenommen, sodass eine sichere Prozessdurchführung gewährleistet werden kann. Weiterhin wurde die geeignete Anschlusstechnik für den Betrieb des Versuchswerkzeuges entwickelt und umgesetzt. Zu den notwendigen Anschlussmitteln für das Versuchswerkzeug zählen unter anderem Temperieranschlüsse für 13 Kühlkanäle sowie die Zuleitung von flüssigem CO₂. Weiterhin wurde die Steuerungselektronik zur spannungsgeregelten Ansteuerung der 18 Heizelemente entwickelt sowie eine Ansteuerung der 18 Magnetventile für die Zuführung des flüssigen CO₂ umgesetzt und deren Anschluss an eine Echtzeitmaschine der Firma National Instruments, Austin Texas, USA vorgenommen. Zuletzt wurde die Messdatenerfassung der im Werkzeug verbauten 18 Sensoren (39 Messkurven pro Zyklus) umgesetzt. Parallel zur hardwaretechnischen Umsetzung der hochsegmentierten Werkzeugtemperierung wurde ein neuartiges Regelungskonzept für die 18 im Werkzeug verfügbaren Temperierzonen entwickelt. Dieses Regelungskonzept sieht aufgrund der Trägheit thermischer Prozesse eine modellprädiktive Regelung vor, mit der eine Regelung möglichst effizient umgesetzt werden kann. Durch die Verwendung einer Modellprädiktion auf Basis einer 1D-diskretisierten Wärmeleitungsgleichung mit Kopplung zu den Messdaten (in Form von Randbedingungen) kann eine hohe Vorhersagegenauigkeit erreicht werden. Versuche mit virtuellen Eingangsdaten haben bereits ein gutes Prädiktionsverhalten gezeigt. Dabei konnte eine Prädiktion von 18 Temperierzonen über einen Prädiktionshorizont von 5 s innerhalb von unter 8 ms umgesetzt werden. Weiterhin bietet dieses Regelungskonzept aufgrund der Modularität die Möglichkeit die

Vorhersagegenauigkeit durch die Implementierung weiterer Systemelemente und Materialmodelle deutlich zu steigern.

Ergebnisse

Gemäß der beschriebenen Vorgehensweise liegt zu diesem Projektstand ein Spritzgießwerkzeug vor, das mittels keramischen Heizelementen sowie CO₂-Kühlung eine lokale Temperierung an 18 Positionen des Formteils ermöglicht. Dabei haben Untersuchungen gezeigt, dass für den angestrebten Werkzeugaufbau eine kombinierte Temperiermethodik aus Heizkeramiken und CO₂-Kühlung die leistungsfähigste lokale Temperierung erlaubt. Hinzu kommt eine in 8 Zonen unterteilte Grundtemperierung mittels Wasser als Temperiermedium. Zudem verfügt das Werkzeug über 18 Sensoren, die es ermöglichen an 18 Positionen im Werkzeug die Schmelztemperatur sowie die Werkzeugtemperatur zu erfassen. Entlang des Fließweges wird darüber hinaus an 3 Positionen der Werkzeuginnendruck erfasst. Weiterhin liegt ein erstes modellprädiktives Regelungskonzept vor, das in der folgenden Projektzeit als Ausgangsmodell für die zu entwickelnden Regelungsstrategien dienen soll. Dieses zeichnet sich durch eine gute Prädiktionsqualität und geringe Rechenzeiten aus. Weiterhin bietet die entwickelte Regelungsstrategie eine hohe Modularität, sodass eine Weiterentwicklung hinsichtlich der Regelungsgüte gewährleistet ist.

Zusammenfassung und Ausblick

Im Projektjahr 2016 wurde die notwendige Werkzeug- und Anlagentechnik zur Untersuchung der Kernthematik des Arbeitsprojektes umgesetzt und dient nun den Untersuchungen zu den Regelungskonzepten, die eine optimale Temperaturführung ermöglichen sollen, um einen minimalen Formteilverzug im Spritzgießprozess zu erreichen und die Bauteilqualität maßgeblich zu beeinflussen. Weiterführend werden Versuchsreihen zum Vergleich der Leistungsfähigkeit des ersten Regelungskonzeptes zu etablierten Regelungen durchgeführt. Aufbauend darauf werden die Schwachstellen der

Regelungsmodelle identifiziert und die Präzision der Regelung durch Einführung weiterer Systemelemente gesteigert.

Veröffentlichungen

BOBZIN, K.; ÖTE, M.; LINKE, T. F.; ALKHASLI, I.; HOPMANN, C.; NIKOLEIZIG, P.; SCHMITZ, M.: Development of Simulative Approaches for Precisely Designing the Properties of Plasma Sprayed Coatings for Application in Injection Moulding. *Proceedings of the 4th ECCOMAS GACM Young Investigators Conference (YIC)*. Aachen, 2015

HOPMANN, C.; FILZ, P.; NIKOLEIZIG, P.; SCHMITZ, M.: Präzision aus Schmelze – Beherrschung der Erstarrung im Spritzgießen. In: Hopmann, C. (Hrsg.): *Integrative Kunststofftechnik 2016*. Aachen: Shaker Verlag, 2016 - ISBN: 978-3-8440-4033-3

HOPMANN, C.; THEUNISSEN, M.; SCHMITZ, M.; NIKOLEIZIG, P.: Development of a highly segmented temperature control in injection moulding for reduced warpage and increased process stability. *Proceedings of the 32nd International Conference of Polymer Processing Society, Lyon, 2016*
(Posterbeitrag)

HOPMANN, C.; THEUNISSEN, M.; SCHMITZ, M.; NIKOLEIZIG, P.: Development of a highly segmented temperature control in injection moulding for reduced warpage and increased process stability. *Proceedings of the PPS-32: The 32nd International Conference of the Polymer Processing Society – Conference Papers, 2017*
(eingereicht)