

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) war 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

In den Projektjahren 2015 und 2016 wurde ein neuartiges Spritzgießwerkzeug entwickelt, das über eine hochsegmentierte Werkzeugtemperierung in 18 hochdynamischen Temperierzonen sowie 13 Kühlkreisläufen verfügt. Darüber hinaus verfügt das entwickelte Spritzgießwerkzeug über Temperatur- und Drucksensorik, sodass an jeder Temperierzone der lokale Formteilstand identifiziert werden kann. Weiterhin wurde ein Regelungskonzept entwickelt, das auf Basis eines modellprädiktiven Ansatzes eine möglichst hohe Regelgüte erzielen soll, sodass eine lokale effiziente lokale Anpassung der Formteileigenschaften möglich wird.

Im Projektjahr 2017 wurden aufbauend auf einem Prädiktionsmodell für den formteilinneren Schmelzezustand weitere Systemelemente des Prädiktionsmodells entwickelt. Im Fokus der Untersuchungen stand ein Modell zur Vorhersage der Temperaturverteilung innerhalb des Spritzgießwerkzeuges, das die zeitabhängige Temperaturentwicklung zwischen Formteil und Temperierelementen beschreiben kann. Mithilfe dieser Modellierung kann eine Verknüpfung zwischen der Leistungsstellung der Aktuatoren (Heizkeramiken und CO₂-Kühlung) und Werkzeugwandtemperatur sowie zwischen Werkzeugwandtemperatur und Formteiltonperatur erreicht werden. Nur bei Verknüpfung der Aktuatoren mit den qualitätsbestimmenden Sensordaten kann eine effektive Temperaturregelung erreicht werden.

Es wurden Referenzversuchen der Temperaturregelung mittels PID-Reglern für die Temperierung durchgeführt. Dazu wurde für jede Temperierzone ein individueller Sollwert definiert, der anhand eines PID-Reglers eingeregelt werden sollte. Die verwendeten PID-Koeffizienten wurden dazu an vorherigen Sprungversuchen identifiziert. Die mittels dieser Methode hergestellten Probekörper wurden anschließend mittels des optisch-taktilen Koordinatenmessgerätes O-Inspect der Firma Carl Zeiss AG, Oberkochen, Deutschland vermessen. Zur Auswertung der Regelgenauigkeit wurden Koordinatenmesswerte an verzugskritischen Messpositionen ermittelt, sodass der Bauteilverzug quantifiziert werden konnte.

Derzeit wird die Reproduzierbarkeit des eingestellten Verzuges anhand größerer Messreihen untersucht.

Ergebnisse

Zum Ablauf des Projektjahres 2017 liegt ein Versuchswerkzeug mit einer hochsegmentierten Werkzeugtemperierung sowie die dafür entwickelte Regelungstechnik vor. Somit steht die notwendige Anlagentechnik zur Analyse und Entwicklung neuer Regelungssystemen zur Verfügung. Darüber hinaus wurde ein Prädiktionsmodell auf Basis numerischer Berechnung für die Vorhersage des thermischen Systemzustandes entwickelt, das die Regelungsgenauigkeit in Hinblick auf die Regelung des Formteilverzugs im Spritzgießen signifikant erhöhen soll. Untersuchungen unter Verwendung eines PID-Regelungsansatzes zur Führung der lokalen Werkzeugtemperatur wurden

durchgeführt und die resultierenden Formteile sowie die Reproduzierbarkeit hinsichtlich des Formteilverzugs analysiert. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen zeigen, dass unter Verwendung dieser Regelungsmethode ein Bauteilverzug eingestellt werden kann, der jedoch nicht reproduzierbar generiert werden kann. Diese Reproduzierbarkeit soll im Folgenden durch die neuartige Regelungsstrategie erreicht werden.

Zusammenfassung und Ausblick

Im Projektjahr 2017 wurde die Anlagentechnik zur Untersuchung von Regelungsstrategien finalisiert, sodass ein modulares Versuchswerkzeug zur Untersuchung von geeigneten Regelungsstrategien für das Projektjahr 2018 zur Verfügung steht. Weiterhin wurde anhand von Regelversuchen mittels PID-Reglern der Referenzprozess und dessen Reproduzierbarkeit analysiert. Darüber hinaus wurde ein modellprädiktiver Regelungsansatz entwickelt, der im Folgenden auf seine Leistungsfähigkeit in Bezug auf die Verzugsmanipulation analysiert wird.

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

BOBZIN, K.; HOPMANN, C.; ÖTE, M.; KNOCH, M. A.; ALKHASLI, I.; DORNEBUSCH, H.; SCHMITZ, M.: Tailoring the heat transfer on the injection moulding cavity by plasma sprayed ceramic coatings, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 181* (2017) 1, S. 1 – 9

HOPMANN, CH.; THEUNISSEN, M.; SCHMITZ, M; NIKOLEIZIG, P.: *Development of a highly segmented temperature control in injection moulding for reduced warpage and increased process stability*. AIP Conference Proceedings 1914 (2017) 140003

KARYOFYLLI, V.; SCHMITZ, M.; HOPMANN, CH.; BEHR, M.: *Novel Discretization Methods for Improved Simulation Precision in Injection Molding*, Material Science and Engineering Technology 48 (2017) 12

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

C. HOPMANN, M. SCHMITZ: *Gezielte Erstarrung durch eine selbstoptimierende hochsegmentierte Werkzeugtemperierung im Spritzgießen*, GAK Gummi Fasern Kunststoffe, 70 (2017) 6

C. HOPMANN, M. SCHMITZ: *Targeted solidification through self-optimising, highly segmented mould temperature control in injection moulding*, International Polymer Science and Technology, 44 (2017) 8