

Teilprojekt B 3

Titel

Selbstoptimierende Prozessregelungsstrategien für eine hochsegmentierte Werkzeugtemperierung beim Spritzgießen

Projektleitung/-bearbeitung

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Hopmann, Christian (Leitung)
Dipl.-Ing. Schmitz, Mauritius (Bearbeitung)
Lehrstuhl für Kunststoffverarbeitung
Seffenter Weg 201
52074 Aachen

Aufgabenstellung

Übergeordnete Zielstellung des Projektes ist es, die Temperaturführung im Spritzgießwerkzeug während der Abkühlphase im Spritzgießprozess aktiv regeln zu können, um so Einfluss auf das spezifische Volumen der Formteile nehmen zu können. Hierzu sind schnelllaufende Regelungsprozesse nötig, die zum einen die aufgenommenen Daten aus dem Prozess erfassen können und zum anderen diese direkt in einem geeigneten Regelungsansatz als Stellgrößen wieder ausgeben. In den vorangegangenen Projektjahren wurde eine geeignete Werkzeug- und Messtechnik entwickelt. Ziel zum Abschluss der ersten und zum Beginn der zweiten Förderperiode war es, erste praktische Validierungen durchführen zu können und die Theorie in ein reales modellprädiktives Regelungssystem umzusetzen. Dazu waren Kalibrierungen der Sensorik notwendig, um eine korrekte Datenerfassung sicherstellen zu können. Zur Aufstellung einer korrekten Regelung der Zielgröße spezifisches Volumen, musste eine Modellierung aufgebaut werden, die das komplexe Materialverhalten des Kunststoffs und die sich ausbreitenden Wärmeströme korrekt vorhersagen kann.

Vorgehensweise

In einem ersten Schritt wurden die kavitätsnahen Infrarotsensoren kalibriert. Hierzu wurde das Spannungssignal der Sensorik mit einem Temperaturwert der Schmelze

korreliert. Da das Emissions- und Absorptionsverhalten von Infrarotstrahlung materialabhängig ist, kann nicht auf Literaturwerte zurückgegriffen werden.

Parallel wurde zunächst für eine Seite des Spritzgießwerkzeugs die modellprädiktive Regelung implementiert. Basierend auf dem Tait-Ansatz kann das spezifische Volumen für ein teilkristallines Polypropylen mit den gemessenen Werten aus Temperatur und Druck bestimmt werden. Basierend auf Referenzkurven, die für den ungestörten Prozess aufgezeichnet wird, besteht nun die Möglichkeit für den Algorithmus das spezifische Volumen zu regeln und mögliche induzierte Störungen zu kompensieren. Dazu werden verschiedene Szenarien prädiktiv berechnet und das Szenario, welches der Referenzkurve am nächsten kommt, für den nächsten Zeitschritt ausgewählt. Diese Vorgehensweise ist sehr rechenintensiv und somit muss die Komplexität des Modells gut abgeschätzt werden, damit die Rechenzeit der Prädiktion 100 ms nicht überschreitet. Die Zeit von 100 ms wurde ausgewählt, da dies die relevante Schaltzeit der CO₂-Ventile ist. Eine schnellere Regelung der Ventile ist nicht zielführend, da unterhalb dieser Regelgröße die Ventile zur Kühlung nicht reagieren können.

Ergebnisse

Im letzten Projektjahr konnten die theoretischen Konzepte der Regelung in eine praktische Versuchsphase überführt werden. Hierbei wurden erste Vergleichsversuche zwischen der modellprädiktiven Regelung und einem konventionellen PID-Regler gefahren. Es zeigt sich, dass die modellprädiktive Regelung dem PID-Ansatz überlegen ist, weil der PID-Regler die Totzeit des Systems nicht entscheidend berücksichtigen kann. Der modellprädiktive Ansatz kann hingegen im Rahmen des Prädiktionshorizonts eine gute Vorhersage treffen. Die aktuelle Regelung der Auswerferseite führt zu Rechenzeiten von ca. 50 ms. Somit ist das Ziel einer Berechnung der Prädiktion für beide Seiten in 100 ms theoretisch erreichbar.

Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen des vierten Projektjahres konnte die modellprädiktive Regelung für eine Seite des Spritzgießwerkzeugs implementiert werden. Erste Versuchsreihen zeigen, dass eine reproduzierbare Regelung möglich ist.

In den nächsten Versuchsreihen wird ein präziser Vergleich des PID-Reglers gegenüber der modellprädiktiven Regelung durchgeführt. Weiterhin soll die modellprädiktive Regelung für die zweite Werkzeughälfte aufgebaut werden. Hier ist insbesondere der Rechenaufwand des Modells zu minimieren. In Kooperation mit weiteren Teilprojekten des SFBs soll außerdem an komplexeren Materialmodellen gearbeitet werden, um die Prädiktion zu verbessern.

Veröffentlichungen

HOPMANN, CH.; SCHMITZ, M.; DORNEBUSCH, H.: *Development of A Segmented Control For Targeted Solidification In Injection Moulding*. Journal of International Polymer Processing, 33 (2018) 2, S. 206-216

HOPMANN, CH.; SCHMITZ, M.: Controlling the local part properties using a segmented temperature control in injection moulding. *Proceedings of the SPE Annual Technical Conference*, Orlando, 2018.

KARYOFYLLI, V.; SCHMITZ, M.; HOPMANN, C.; BEHR, M.: Adaptive temporal refinement in injection molding. *Proceedings of the 21st International ESAFORM Conference on Material forming*: ESAFORM, Palermo 2018