



Christian Lennart Elsner, M.Sc.

Entwicklung und Modellierung der Wärmeleitfähigkeit von hochwärmeleitfähigen Kunststoffcompounds für das FDM Verfahren

Der vorherrschende Trend zu einer steigenden Variantenvielfalt und gleichzeitig kürzer werdenden Produktlebenszyklen stellt die Produktentwicklung vor die Herausforderung, immer schneller und kostengünstiger eine steigende Anzahl an Produktvarianten entwickeln zu müssen. Eine Möglichkeit diesen sich stetig ändernden Marktanforderungen gerecht zu werden ist das Rapid Tooling. Dieses beschreibt den Werkzeug- und Formenbau unter der Nutzung von Additiven Fertigungsverfahren. Einsatzgebiete sind vor allem im Spritzgieß- und Tiefziehformenbau zu finden. Additive Fertigungsverfahren schaffen bei dem Entwurfs- und Produktionsprozess im Formenbau eine große Bandbreite an Möglichkeiten, die auf die Flexibilität der Fertigungsverfahren zurückzuführen sind. Vorteile für den Spritzgießformenbau ergeben sich unter anderem durch die geringen Entwicklungs- und Produktionskosten von additiv gefertigten Formeinsätzen.

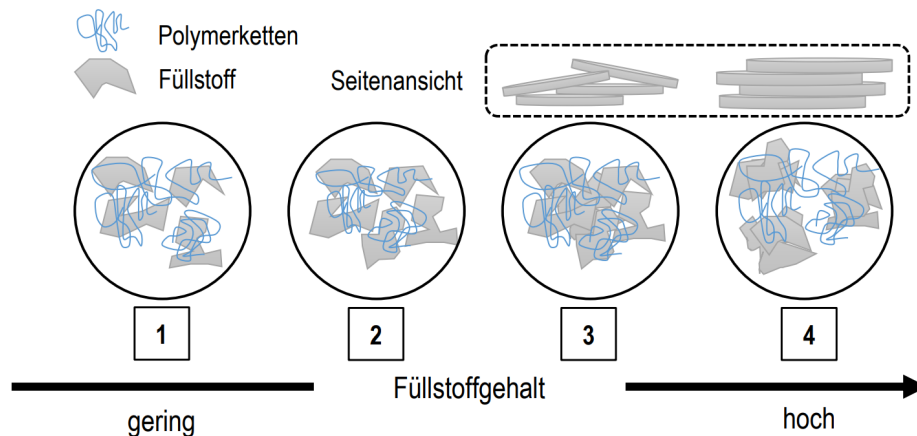
Die Verwendung von additiv gefertigten Spritzgießwerkzeugen aus Kunststoffen weist dabei gegenwärtig große Einschränkungen auf. Die Werkzeuge sind aufgrund der niedrigen thermischen Leitfähigkeit von Kunststoffen thermisch träge. Dies führt zu sehr langen Zykluszeiten, da die thermische Energie nur unzureichend abgeführt werden kann und die Formteile dadurch langsamer erstarren. In der Praxis ist ein Korrekturversuch des Abkühlprozesses sowie der Zykluszeiten nicht zielführend, da die Anpassung der Verarbeitungsparameter zu einer Abweichung der resultierenden mechanischen und physikalischen Eigenschaften führt. Weiterhin ergibt sich eine vergleichsweise kurze Standzeit der Formeinsätze durch die vorliegenden, hohen Schmelzetemperaturen und Einspritzdrücke.

Eine Verbesserung der thermischen Leitfähigkeit führt dazu, dass die Potenziale von konturnahen Kühlungen durch die Additive Fertigung ausgenutzt werden können. Die Material- und Gestaltungsfreiheit im Fused Deposition Modeling (FDM) Prozess ermöglicht die Konstruktion und Herstellung von Werkzeugen aus Kunststoff mit derartigen Kühlkanälen. Dadurch können homogene Temperaturverteilungen generiert und Hotspots vermieden werden. Die optimierte Temperaturverteilung stellt einen signifikanten Vorteil gegenüber bisherigen Kunststoffeinsätzen dar und bietet ebenfalls Vorteile gegenüber konventionellen metallischen Werkzeugeinsätzen. Insbesondere wird eine hohe Wärmeleitfähigkeit benötigt, um eine schnelle Abkühlung der Kunststoffschmelze zu erzielen. Hierdurch wird die Zykluszeit, als signifikanter Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit, maßgeblich beeinflusst.

Das Ziel des Projektes ist somit die Entwicklung von hochwärmeleitfähigen Kunststoffcompounds zur Herstellung und Verwendung von im FDM gefertigten

Spritzgusswerkzeugeinsätzen für Kleinserienproduktionen. Das Projektvorhaben soll es ermöglichen, die Vorteile des FDM Verfahrens für die Herstellung von Formwerkzeugen durch die Verwendung eines thermisch leitfähigen Kunststoffes deutlich besser auszunutzen. Dadurch soll das Potenzial der durch die Materialmodifikationen angepassten Materialeigenschaften sowohl im FDM Prozess (während der Herstellung des Spritzgießwerkzeugs) als auch im anschließenden Spritzgießprozess ausgeschöpft werden. Eine wesentliche Kenngröße ist dabei die Wärmeleitfähigkeit der verwendeten Materialien. Diese soll im Vergleich zu konventionellen Kunststoffen um mindestens das 10-Fache gesteigert werden.

Das Teilprojekt der Kunststofftechnik Paderborn umfasst im Allgemeinen die Entwicklung eines Modells zur Simulation der Wärmeübertragung in additiv gefertigten Werkzeugen. Dazu werden die entwickelten, wärmeleitfähigen Kunststoffcompounds zunächst in Filamentform gebracht. Hierbei steht insbesondere eine ausreichende Dispergierung der Additive im Matrixmaterial zur Realisierung homogener Filamenteigenschaften im Fokus.



Agglomeratbildung bei steigendem Füllstoffgehalt

Auf dieser Basis liegt der Schwerpunkt auf der experimentellen Überprüfung des Prozessverhaltens des thermisch leitfähigen Materials im FDM. Wichtige Einflussgrößen, wie die essenziellen Prozessparameter, werden dabei betrachtet sowie die resultierenden werkstoff- und verarbeitungsspezifischen Materialeigenschaften ermittelt. Die erfassten Daten werden für die angestrebte Modellbildung sowie dessen spezifische Anpassung genutzt.

Abschließend erfolgt in dem Projekt die Entwicklung eines prototypischen Spritzgießwerkzeugs zur Überprüfung der definierten Leistungsparameter des Filaments. Insbesondere die Zykluszeit sowie die Standzeit des Prototyps sind dabei von Interesse. Hierbei soll ebenfalls die erreichbare Dichtigkeit der im FDM gefertigten Strukturen gegenüber Fluiden untersucht und entsprechende Richtlinien definiert werden, um eine homogene Temperaturverteilung im Spritzgießprozess zu realisieren.

Danksagung

Dieses Forschungsvorhaben wird von dem Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) im Rahmen des Programms „Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM)“ unterstützt und in Zusammenarbeit mit dem Projektpartner ARGUS Additive Plastics GmbH bearbeitet. Wir danken dem BMWK und der Firma ARGUS Additive Plastics GmbH für Ihre Unterstützung.