

Simulation en miniature

Mikrospritzgieß-Füllsimulation mit angepassten Materialdaten in die Praxis umgesetzt

Miniaturisierte Spritzgussteile sind in Optik, Elektronik, Automobil-, Medizin- und Nachrichtentechnik etabliert. Die Simulation solcher Teile unterliegt bisher noch Grenzen, wird aber zunehmend für die Beschreibung einer anspruchsvollen Mikrostrukturabformung und Morphologiebildung angewandt. Hier werden Besonderheiten der Mikrofüllsimulation anhand von Arbeiten des KUZ Leipzig, der TU Chemnitz und des IPF Dresden mit praxisbewährten Lösungen diskutiert.

Es ist offensichtlich, dass beim Mikrospritzgießen die wesentlich größere Prozessdynamik und das im Vergleich zum Standardspritzgießen ungünstigere Oberflächen/Volumen-Verhältnis zu komplexen Randbedingungen für die Simulation führen. Dabei bleibt in der Praxis meist die Frage unbeantwortet, welchen Einfluss nicht prozessgerecht ermittelte Materialdaten, eine ungenaue Abbildung

thermischer und strömungstechnischer Randbedingungen, Wandgleiteneffekte sowie dimensionsbedingte Effekte der Viskosität und Kapillarwirkung haben [1, 2].

Von der einfachen Simulation zur Optimierungsstrategie in der Praxis

Die Simulation des Spritzgießprozesses setzt sinnvollerweise in der Konzeptions-

phase während der Formteilauslegung an. Vorrangig werden die Gleichmäßigkeit der Füllung und die Position potenzieller Bindenähte anhand der Ergebnisse beurteilt. In der Praxis kann eine Variation der Simulationemethode (Software, FE-Netz, Verarbeitungsparameter) die Prognose durch relative Aussagen absichern. Ein Beispiel für die Anwendung der Prozesssimulation beim 2K-Mikrospritzgießen

Die Autoren

Dr.-Ing. Gabor Jüttner ist seit 2014 Teamleiter Mikrokunststofftechnik (MiKA) in der Kunststoff-Zentrum in Leipzig gGmbH; juettner@kuz-leipzig.de

Dr.-Ing. Tham Nguyen-Chung ist seit 2010 CAE Systems Analyst bei der TE Connectivity Germany GmbH; tham.nguyen-chung@te.com

Dr.-Ing. Ines Kühnert ist seit 2017 Abteilungsleiterin für Verarbeitungsprozesse am Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden e. V.; kuehnert@ipfdd.de

Gewidmet Prof. Günter Mennig anlässlich seines 80. Geburtstags.

Dank

Die Autoren danken den Kollegen am KUZ und am IPF – Cindy Löser, Pascal Pöhlmann, Matthieu Fischer, Maria Auf der Landwehr und Regine Boldt – für die Unterstützung.

Service

Literatur & Digitalversion

Das Literaturverzeichnis und ein PDF des Artikels finden Sie unter www.kunststoffe.de/2019-11

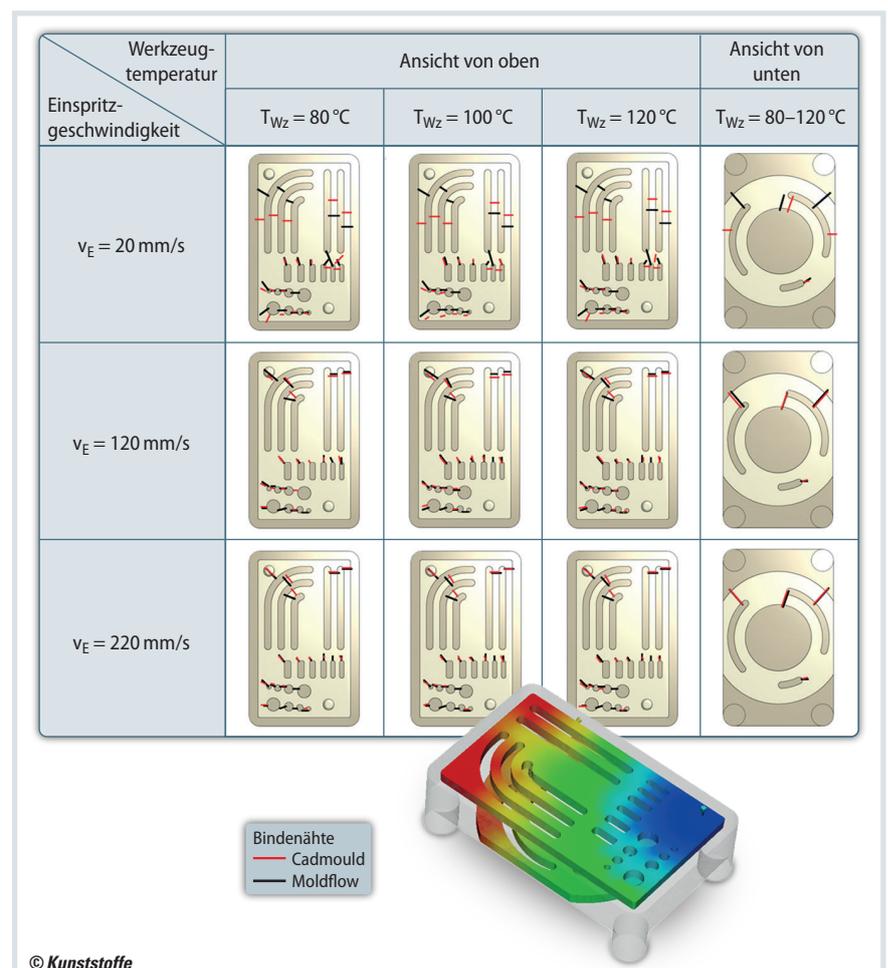


Bild 1. Simulationsergebnisse zur Bindenahtlage in einem 2K-Mikroformteil (Quelle: [1], Jüttner/Löser)

vergleicht zwei Softwareprodukte (**Bild 1**): Das Ergebnis illustriert die gute Übereinstimmung der Vorhersage der Bindahtlage bei praxisrelevanten mittleren und hohen Einspritzgeschwindigkeiten. In diesem Fall ist die Richtigkeit der Ergebnisse ebenfalls durch eine Formfüllstudie belegt [1].

Der erste Schritt einer Optimierungsstrategie ist sicherlich die korrekte Abbildung der Schmelzkompressibilität in Verbindung mit der Modellierung aller unter Druck stehenden schmelzeführenden Fließkanäle. Nur so lässt sich die hohe Einspritzdynamik realitätsnah abbilden [1, 2]. Um brauchbare Ergebnisse zum Druckbedarf und zur Vollständigkeit der Formfüllung zu gewinnen, erweist sich die Ermittlung individueller Werte für den Wärmeübergangskoeffizienten durch Reverse Engineering als zielführend [2, 3]. Aussagen darüber, ob und wie gut sich Mikrostrukturen füllen lassen, sind nach heutigem Stand trotz guter Fortschritte in der Softwareentwicklung nur qualitativ möglich [4].

Simulation in die „Tiefe“

Mikrospritzgießsimulation geht weit über die globale Formfüllsimulation hinaus. Vorhersagen zur Mikromorphologie liefern zusätzliche Informationen zum Versagensverhalten und zur Tribologie. Unter Berücksichtigung vollständig implementierter Materialdaten und akkurater Randbedingungen können die instatio-

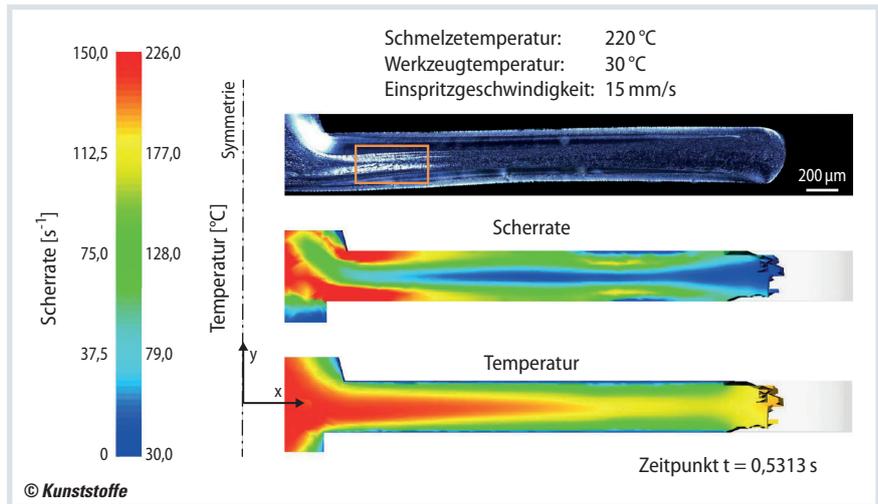


Bild 2. Analyse der Morphologie in einem Mikrospritzgussteil durch Simulationsergebnisse

(Quelle: [5], Nguyen-Chung u. a.)

näre thermo-rheologische Situation des Formfüllvorgangs einer Mikrokavität simuliert und daraus grundlegende Mechanismen bei der Ausbildung der Gefügestruktur abgeleitet werden.

Ebenso kann die Simulation wichtige Einflussfaktoren zur möglichen Kontrolle der Morphologie in einem Mikroformteil (**Bild 2**) aufzeigen [5]. Forschungsergebnisse des IPF in Dresden [6] belegen an einem neuen zylinderförmigen Mikrospritzgieß-Probekörper (Formteilgewicht: 0,04 g), wie die Prozessbedingungen die innere Morphologie und die Zugfestigkeit beeinflussen – zum ersten Mal auch im Bindahtbereich. Darüber hinaus zeigen sie eine gute Übereinstimmung

zwischen Simulation und Experiment (**Bild 3**).

Ausblick

Die Mikrospritzgießsimulation liefert gute Ansätze für die Anwendung in Bauteil- und Werkzeugauslegung. Wenn die Simulationsprogramme in Zukunft die Dynamik einzelner Maschinen durch Kalibrierung des Einspritzdrucks, die Nadelbewegung beim Öffnen der Verschlussdüsen und das viskoelastische Verhalten des Materials berücksichtigen, darf man weitere Fortschritte hin zur genauen Beschreibung von Mikrospritzgießprozessen erwarten. ■

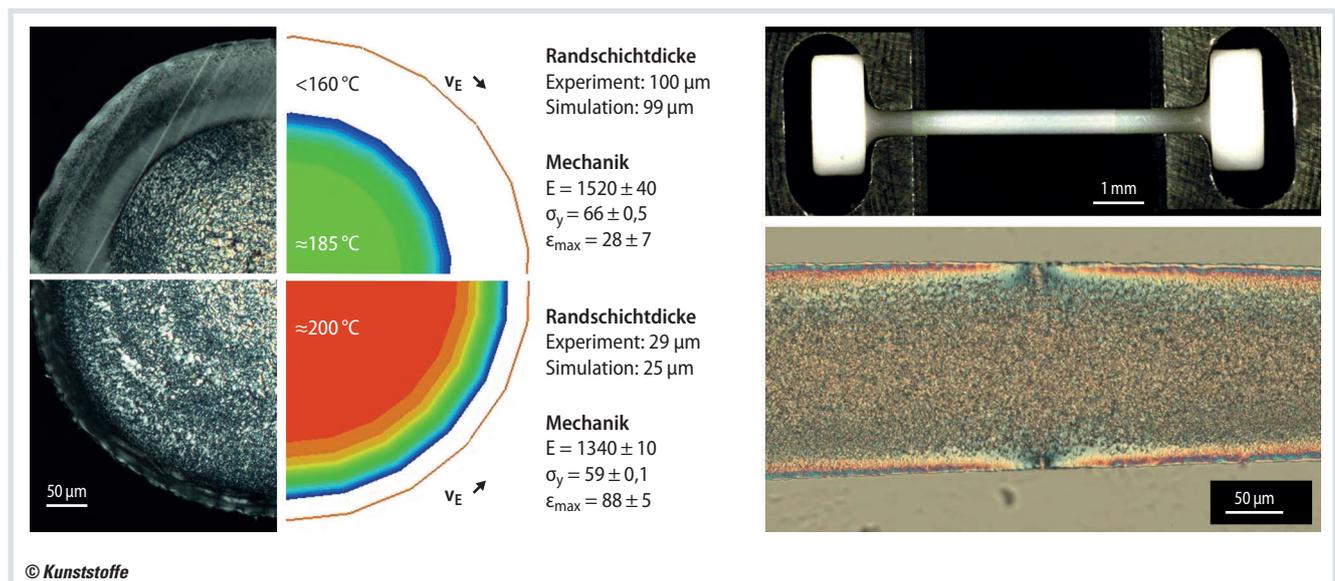


Bild 3. Links: Rand-Kern-Verteilung im Querschnitt eines zylindrischen Zug-Probekörpers bei Variation der Einspritzgeschwindigkeit (v_E) und simulierte Randschichtenentstehung im Füllprozess; rechts: Probekörper im Mikrozugversuch und Bindahtmorphologie (Quelle: [6, 7], Fischer/Pöhlmann/Kühnert)