

Temperieren direkt an der Werkzeugwand

Während der Herstellung eines Kunststoffformteils entstehen Fehler, wenn der erhitzte Werkstoff durch Kontakt mit der kälteren Werkzeugwand ungleichmäßig erstarrt. Eine dynamische **DÜNNSCHICHTHEIZUNG** soll künftig für Abhilfe sorgen und eine qualitativ hochwertigere Konturabformung gewährleisten.

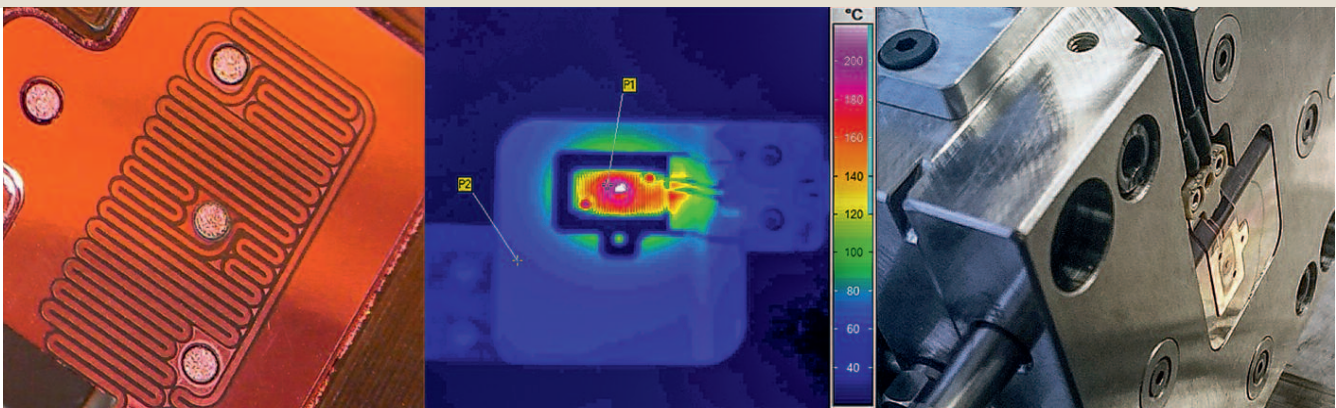


Bild 1 (v. l.).
Heizmäander im
Dünnschichtaufbau,
Thermografie-
Aufnahme eines
Heizztests, Mikro-
spritzgießwerkzeug
mit kontaktierter
Heizzschicht

STEFFEN JACOB

Beim Spritzgießen von Formteilen mittels thermoplastischer, duroplastischer oder elastomerer Werkstoffe entstehen Fehler: in Bezug auf die Oberflächenqualität eines Kunststoffformteils und durch unzureichende Abformgenauigkeit an der Oberfläche. Das äußert sich zum Beispiel durch Bindenahtkerben, Glanzunterschiede oder Wolken- und Schlierenbildungen. Die Folge sind kostenintensive und zeitraubende Nacharbeiten.

Weitere Fehler können entstehen, wenn der erhitzte Werkstoff durch Kontakt mit der kälteren Werkzeugwand ungleichmäßig erstarrt. Besonders die Herstellung von optischen Formteilen, die Abformung von Mikrostrukturen oder die Herstellung dünnwandiger Teile ist bei einer reduzierten Fließfähigkeit der Kunststoffschmelze nicht möglich. Dies gilt vor allem, wenn die sich abkühlende Schmelze nicht alle Werkzeughohlräume ausfüllt. Vornehmlich im Miniatur- und Mikrospritzguss kühlt die Kunststoffmasse beim Auftreffen auf die Kavitätswand eines Werkzeugs rapide ab. Um diese Problematik in den Griff zu bekommen, wird in vielen Fällen eine variotherme Prozessführung angestrebt, deren Voraussetzung eine dynamische Werkzeugtemperierung ist. Gegenüber dem Standardspritzgießprozess müssen die Anwender jedoch in der Regel längere Zykluszeiten und einen hohen Energieeinsatz in Kauf nehmen.

Die Temperierung beeinflusst die Morphologie

Für den Einsatz einer dynamischen Temperierung spricht auch die Verbesserung der mechanischen Eigenschaften eines im Mikrospritzguss gefertigten Formteils durch die Beeinflussung der inneren Struktur, also der Morphologie. Werden die Maße eines Körpers verkleinert, ist davon auszugehen, dass sich das Verhältnis zwischen Oberfläche und Volumen vergrößert. Die bestimmenden Volumeneigenschaften von makroskopischen Formteilen treten bei Mikroteilen stärker in den Hintergrund. Die Bedeutung der Randschicht- und Oberflächeneigenschaften nimmt hingegen zu. Somit verringert sich das Verhältnis von isotroper Kernzone zu hochorientierter Randschicht mit abnehmender Formteilgröße. Untersuchungen der Bauteileigenschaften ergaben, dass die mechanischen Eigenschaften von Mikroformteilen in einem viel größeren Umfang durch die Verarbeitungsbedingungen beeinflusst werden, als das für Makroformteile der Fall ist. Aufgrund des großen

> KONTAKT

INSTITUT
Kunststoff-Zentrum in Leipzig GmbH
04229 Leipzig
Tel. +49 341 4941-500
www.kuz-leipzig.de
Messe FAKUMA, Friedrichshafen: Halle B3, Stand 3006



Bild 2. Werkzeugeinsatz mit Heizstruktur aus Kupfer

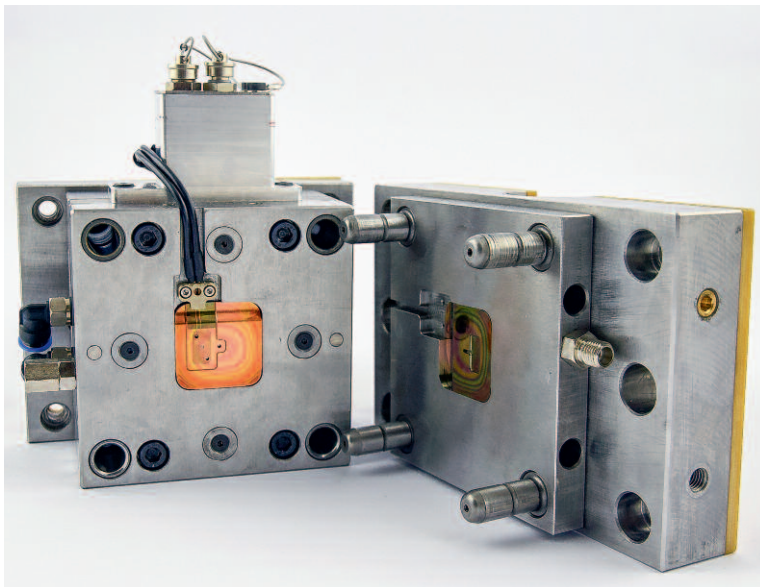


Bild 3. Mikrospritzgusswerkzeug mit kontaktierter Heizschicht auf der Auswerferseite

Oberflächen-Volumen-Verhältnisses und der geringen Wandstärke hat die Randschicht einen sehr viel größeren Anteil an den Volumeneigenschaften, als dies für konventionelle Formteile gilt.

Mit zunehmender Kühlrate und dem dadurch abnehmenden Kristallinitätsgrad verringern sich Elastizitätsmodul, Mikrohärte und Streckspannung. Kristalle wirken versteifend, festigkeits- und härteerhöhend, sodass die entsprechenden Änderungen unmittelbar auf der Morphologie beruhen [1, 2].

Das Ziel: hochwertige Konturabformung

Die hier vorgestellte Forschungsarbeit verfolgt folgenden Ansatz: Dünnschichtzelemente, speziell für den Einsatz im Spritzgießwerkzeug entwickelt, beheizen direkt die Kontaktfläche der Werkzeugwandung zur Kunststoffschmelze (Bild 1). Damit soll eine qualitativ hochwertige Konturabformung während des Spritzgießprozesses erlangt werden. Ein weiteres Ziel ist, die Morphologie von dünnwandigen Mikrospritzgussteilen positiv zu ►

Fakuma



Internationale Fachmesse für Kunststoffverarbeitung

17.- 21.10.2017
FRIEDRICHSHAFEN

Die ganze Welt der Kunststofftechnik

25. Fakuma! Über 1.700 internationale Aussteller präsentieren in 12 Messehallen das Weltangebot an Technologien, Verfahren und Produkten aus Kunststoffen sowie an Einrichtungen und Werkzeugen für die Kunststoff-Verarbeitung.

- 🔧 Spritzgießmaschinen
- 🔧 Thermo-Umformtechnik
- 🔧 Extrusionsanlagen
- 🔧 Werkzeugsysteme
- 🔧 Werkstoffe und Bauteile

Es erwarten Sie flexible und individuelle Lösungen für die Herausforderungen der automatisierten, globalisierten Wirtschaftswelt.



www.fakuma-messe.de

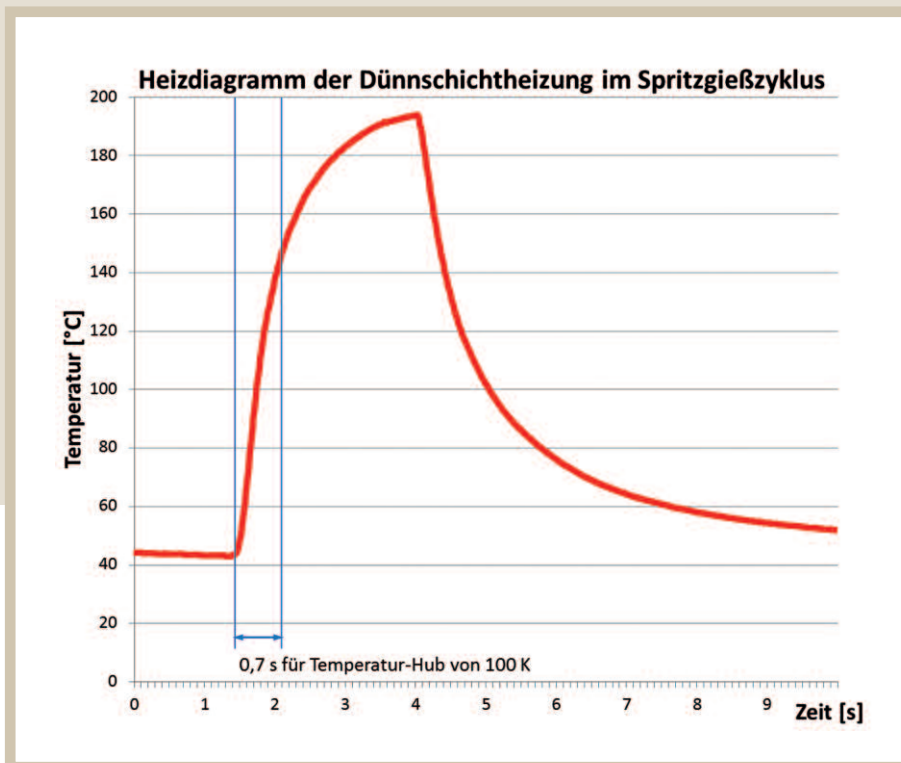


Bild 4. Diagramm mit ersichtlicher Heizdynamik

beeinflussen, um eine Verbesserung der mechanischen Eigenschaften ohne Verlängerung der Zykluszeiten durch eine variotherme Prozessführung zu erreichen.

Herstellung des Dünnschichtsystems einer Heizstruktur

Zu Beginn der Projektarbeit wurde die Beschichtungstechnik an speziellen Probekörpern entwickelt und getestet. Einfache polierte Stahlgrundkörper erhielten eine homogene Beschichtung mit elektrischen Isolationsschichten aus Aluminiumoxid. Darauf folgte die Abscheidung der Heizstrukturen aus Kupfer. Sowohl die elektrische Isolationsschicht als auch die Kupferschicht wurden in der physikalischen Gasphasenabscheidung gefertigt. Nach erfolgreichem Heiztest definierten die Mitarbeiter am Kunststoff-Zentrum in Leipzig (KUZ) ein geeignetes Heizleiterdesign mit erforderlichem Querschnitt und mäanderförmigem Verlauf für die Beschichtung von Werkzeugeinsätzen. Ein erster beschichteter Werkzeugeinsatz mit entsprechender Heizstruktur ist in **Bild 2** dargestellt. Das Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik (IST) in Braunschweig realisierte die Beschichtung der Werkzeugeinsätze nach dem vom KUZ entwickelten Heizleiterdesign. Dazu wurde ein neuer Strukturierungsprozess aus einer Kombination von Fotolithografie, Laserstrukturierung und nasschemischer Ätzung entwickelt. Abgestimmt auf eine Schichtdicke von 3 µm für den Kupferheizleiter, erwies sich dieses bei ersten Heiztests als sehr leistungsfähig und damit auch hochdynamisch. Bei einer angelegten Spannung von 30 V wurde eine Heizleistung von 120 W erzielt.

Nachdem sich die Temperatur auf rund 50 °C eingependelt hatte, stieg diese innerhalb von 2,8 s nach Einschalten der Heizung auf die Grenztemperatur von 200 °C. Im Diagramm ist dabei in der Anfahrphase ein Temperatursprung von 100 K innerhalb von 0,75 s erkennbar (**Bild 4**).

Versuchsaufbau für den Mikrospritzguss

Der nun verfügbare Werkzeugeinsatz mit Heizschicht wurde in einen Stammaufbau eines Mikrospritzgießwerkzeugs integriert und mit den erforderlichen elektrischen Kontaktierungen ausgestattet (**Bild 3**). Im Vorfeld von geplanten Spritzgießversuchen entwickelten die Mitarbeiter des KUZ den für die zuverlässige Prozessführung des Heizsystems notwendigen Regelalgorithmus und portierten diesen auf die Hardwareplattform eines Reglers mit programmierbarer SPS und Anzeigemodul. Zusätzlich wurden Softwaremodule zur Visualisierung der Prozessgrößen und für die Aufzeichnung relevanter Messdaten entwickelt und getestet. Novum der Regelung ist die Temperaturerfassung der Heizschicht über die Änderung des elektrischen Widerstands infolge der Temperaturänderung während des Heizzyklus. Somit kann auf zusätzliche Temperatursensorik in der Anwendung verzichtet werden.

Für die technologischen Betrachtungen ist während der nachfolgenden Spritzgießversuche ein kombinierter Temperatur-Druck-Sensor des Unternehmens Kistler im Einsatz. Dieser ist mittig zur Formteilkontur verbaut.

Spritzgießversuche mit variothermer Prozessführung

Im nächsten Schritt sollte die Funktion und die Beständigkeit des Schichtsystems unter Spritzgießbedingungen nachgewiesen werden. Hierzu wurde das Werkzeug auf einer Mikrospritzgießmaschine aufgespannt und mit den Parametern zur Herstellung



Bild 5. Vergleich der Abformung des Demonstrationsformteils flächig im Mikrospritzguss aus POM (Ansicht der auswerferseitigen Kontur).

Links: ohne Einsatz der Dünnschichtheizung (Grundtemperierung AS mit 45 °C); rechts: mit Dünnschichtheizung AS bei 40 V und 190 °C

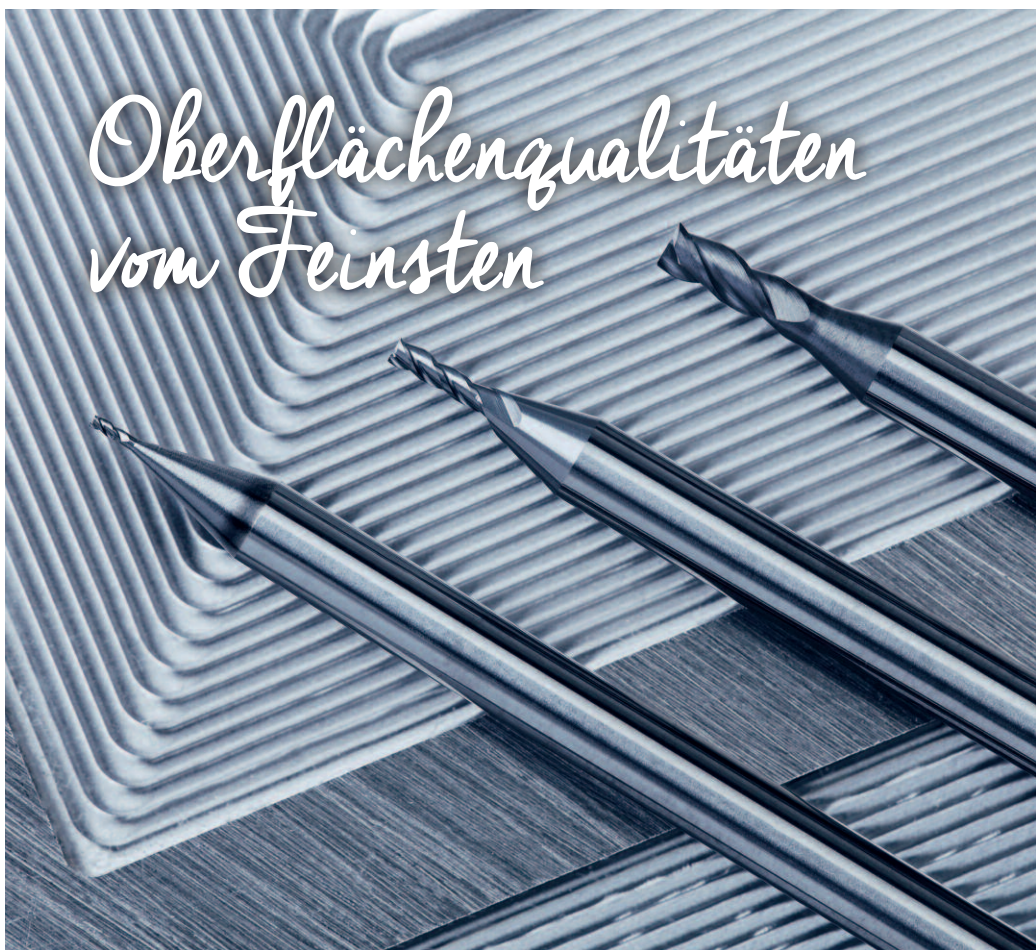
der Demonstrationsformteile aus POM in der flächigen Variante eingestellt.

Kurz vor dem Schließen des Werkzeugs wurde bis Beendigung des Einspritzzyklus mit der Dünnschichtheizung auswerferseitig mit einer Spannung von 40V auf rund 190 °C temperiert. Nach dem Einspritzen erfolgte bei ausgeschalteter Dünnschichtheizung ein schneller Temperaturausgleich innerhalb des Werkzeugs auf das Niveau von 45 °C der Werkzeuggrundtemperierung. Eine Zykluszeiterhöhung durch die variotherme Prozessführung war nicht erforderlich.

Erste Ergebnisse und Ausblick

Im Vergleich zum herkömmlich hergestellten Formteil ist mit der Dünnschichtheizung eine präzisere Abformung der Oberflächenkontur am gespritzten Formteil erkennbar (**Bild 5**). In diesem wurde außerdem eine unvollständige Formfüllung provoziert, welche dann bei eingesetzter Dünnschichtheizung durch ein verbessertes Fließverhalten zu einem vollständig gefüllten Formteil führte.

Durch morphologische Untersuchungen konnte an den Formteilen mithilfe der dynamischen Heizung ein höherer Kristallinitätsgrad im Randbereich der hochtemperierten Werkzeughälfte festgestellt werden. Unter dem Einfluss der Temperierung erfolgte ▶



Die neue Leistungsklasse

Sphinx Werkzeuge AG
Gewerbstrasse 1
CH-4552 Derendingen

Phone +41 32 671 21 00
Fax +41 32 671 21 11
www.sphinx-tools.ch

SPHINX
+ Swissmade tools
Your partner 

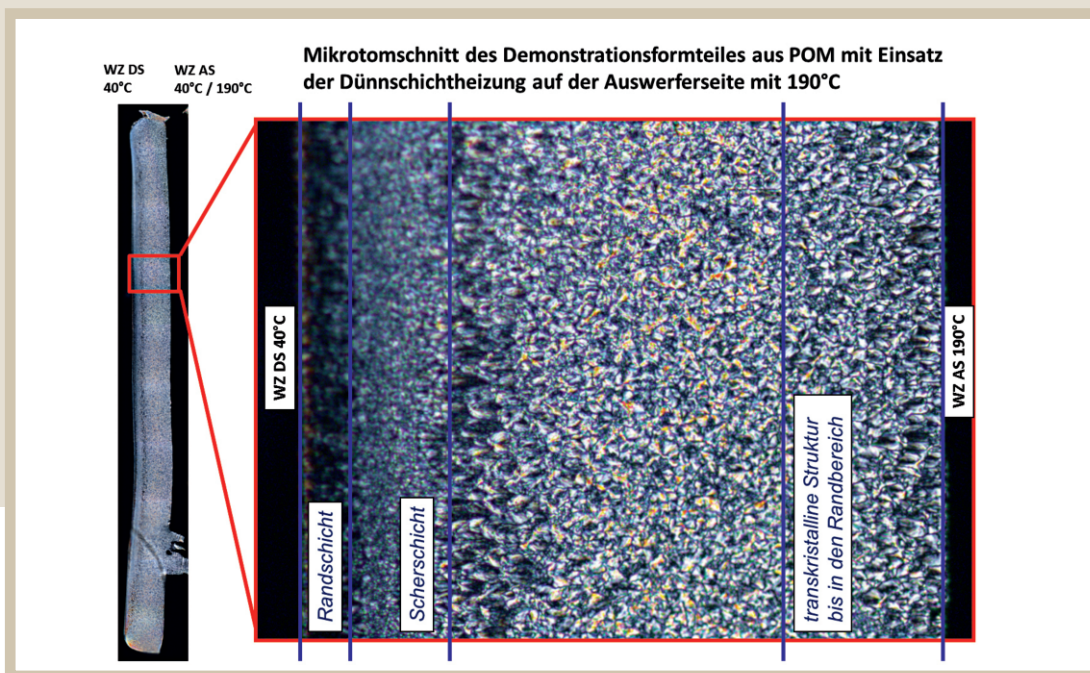
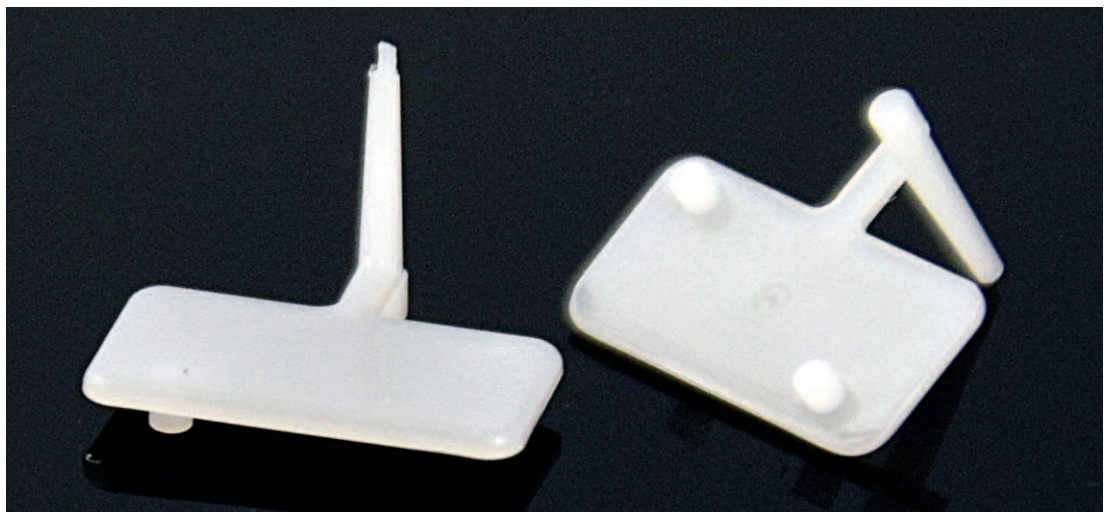


Bild 6. Mikrotomschnitt an einem Formteil aus POM zur Untersuchung der Morphologie

Bild 7. Demonstrationsformteil für den Mikrospritzguss



eine Homogenisierung kristalliner Strukturen. Daraus resultierte eine Steigerung von Elastizitätsmodul, Mikrohärtigkeit und Streckspannung. **Bild 6** zeigt die Aufnahme eines Mikrotomschnitts eines Formteils aus POM mit Interpretation der Morphologie (**Bild 7**).

Das Kunststoff-Zentrum in Leipzig entwickelt gemeinsam mit dem Fraunhofer IST im Rahmen der »FuE-Förderung gemeinnütziger externer Forschungseinrichtungen in Ostdeutschland (INNO-KOM-OST) – Modul marktorientierte Forschung und Entwicklung (MF)« mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) Heizstrukturen zur Temperierung von Kunststoffspritzgusswerkzeugen innerhalb eines Forschungsvorhabens. Im nächsten Schritt werden die Heizstrukturen mit einer Verschleißschutzschicht beschichtet und ihre Langzeitstabilität untersucht. Interessierte Unternehmen können sich über die Möglichkeiten der neuen Temperierung und die Ergebnisse des Forschungsvorhabens informieren. ■ MI110500

AUTOR

Dipl.-Ing. STEFFEN JACOB ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im Bereich Mikrokunststofftechnik beim Kunststoff-Zentrum in Leipzig; jacob@kuz-leipzig.de

LITERATUR

- 1 Ngyen-Chung, T.; Löser, C.; Jüttner, G.; Obadal, M.; Pham, T.; Gehde, M.: Analyse der Morphologie spritzgegossener Mikrobauerteile. Zeitschrift Kunststofftechnik 7, Carl Hanser Verlag, München 2011
- 2 Wagner, Th.: Mechanische Eigenschaften von Mikrospritzgussteilen. Arbeitsbericht, Reg.-Nr.: VF071024, KUZ Leipzig, 2010