

# Die Wunderwelt der Mikroteile

Der breite Einsatz von Mikrosystemen in der industriellen Anwendung steht erst am Anfang und bedarf nach wie vor einer vertieften Kommunikation.

Trends in der Mikroproduktion, Teil 1: Kunststoffe: Im Rahmen einer dreiteiligen Serie beleuchtet die «Technische Rundschau» Werkstoffe und Trends der für die Schweiz wichtigen Mikrotechnologie. Die Serie basiert auf Inhalten eines Kurses, den die Schweizerische Stiftung für mikrotechnische Forschung (FSRM) initiierte. Die Stiftung kümmert sich um die Verbreitung von Kenntnissen über die Mikrosystemtechnik in der Schweiz.

Der Beitrag beschreibt in knapper Form wichtige Inhalte eines Kurses, den Prof. Thomas Hanemann vom Karlsruher Institut für Technologie (KIT) und vom Institut für Mikrosystemtechnik (IMTEK) der Universität Freiburg im Auftrag der Schweizer Stiftung für Forschung im Bereich der Mikrotechnologien (FSRM) in Neuchâtel (Schweiz) abgehalten hat.

Bei der Verarbeitung von Thermoplasten durch Umformung, wie Spritzgiessen oder Heissprägen, sind die Besonderheiten zu beach-

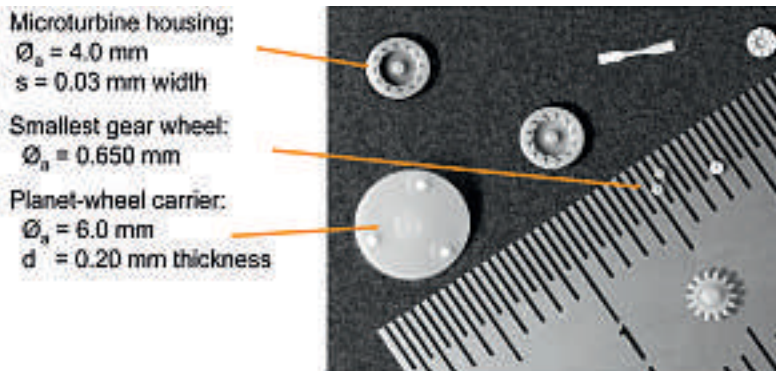
ten, die sich aus inneren Phasenumwandlungen mit steigender Temperatur ergeben. Bei Raumtemperatur weisen Thermoplaste üblicherweise eine glasartige Struktur auf. Diese ist durch hohe Festigkeit, Sprödigkeit und ein – für Kunststoffe relativ hohes – E-Modul gekennzeichnet. Eine plastische Formgebung ist nicht möglich.

#### Verarbeitungsverfahren

Der Schwerpunkt wird vor allem auf neue, sich rasch entwickelnde Verfahren gelegt. Die «klassischen» Verfahren wie Mikrozerspanung

werden eher am Rande gestreift. Zu den neuen, rasch an Bedeutung gewinnenden Verfahren gehören vor allem die verschiedenen generativen Verfahren, die sich in den letzten Jahren vom Laborstadium für die Herstellung von Anschauungsmustern mehr und mehr zu serientauglichen Produktionsprozessen für real einsetzbare Bauteile weiterentwickelt haben.

Diese Verfahren sind schichtaufbauend. Das mathematische Abbild des Bauteils wird in horizontale «Scheiben» bestimmter



Durch Mikro-Pulverinjektionsverfahren hergestellte Teile für ein Mikrogetriebe.

(Bilder und Grafiken: Vollrath, FSRM, KIT)

Dicke zerlegt. Ein geeignetes System erstellt anschliessend das Bauteil, indem es die entsprechenden «Scheiben» jeder Schicht einzeln erzeugt und zugleich dafür sorgt, dass ein Zusammenhalt mit den jeweils darüber und darunter liegenden Scheiben entsteht. Je nach Einsatzbereich gibt es neben dem Rapid Manufacturing auch noch das Rapid Tooling, also die schnelle Herstellung von produktionsnahen Formwerkzeugen.

**Mikro-Stereolithographie**

Bei der bisher üblicherweise praktizierten Variante der Stereolithographie verwendet man UV-aushärtbares Harz, das in einem Behälter von einem Laserstrahl selektiv belichtet wird. Das Harz härtet nur an den Stellen aus, wo es vom Laserstrahl getroffen wird. Nach dem Belichten wird die Plattform um die Dicke einer Schicht abgesenkt und der Vorgang mit dem zur nächsten Schicht passenden Muster wiederholt. So entsteht nach und nach das gewünschte Bauteil.

Ein anderes Konzept kommt bei der Mini-Stereolithographie-

Technologie des Herstellers Envisiontec zum Einsatz. Hier erfolgt die Belichtung der Schicht nicht Punkt für Punkt, sondern mithilfe einer UV-Lichtquelle und einer Maske komplett in einem Durchgang. Die Maske besteht aus einem durchsichtigen Bildschirm, der an den gewünschten Stellen lichtundurchlässig gemacht wird.

Das Verfahren ermöglicht Voxelpunkt-Abmessungen bis herab zu  $16 \mu\text{m}$  (Voxel = 3D-Pixel). Auf diesem Gebiet betätigen sich auch das Microsystems Institute der Eidgenössischen Polytechnischen Schule in Lausanne sowie die Firma MicroTec, die mit Schichtdicken bis herab zu  $1 \mu\text{m}$  und Punktabmessungen bis zu  $10 \times 10 \mu\text{m}$  arbeitet.

**Heissprägen**

Beim Heissprägen wird eine Kunststoffolie zwischen zwei aufgeheizte Prägestempel gelegt, die ein Negativrelief der jeweils gewünschten Geometrie aufweisen. Diese werden mit hohem Druck zusammengeführt, wodurch die Formgebung stattfindet. Anschliessend werden die Prägestempel unter den ▶

**IM PROFIL**

**Know-how-Vermittlung für die Mikrofabrikation**

Eine rasche Verbreitung von Kenntnissen über die Mikrosystemtechnik hat sich die Schweizerische Stiftung für mikrotechnische Forschung (FSRM) auf die Fahnen geschrieben. In Zusammenarbeit mit namhaften europäischen Forschungsinstituten und Anwendern wurde ein breitgefächertes Kursprogramm «Training in Microsystems» aufgebaut, das im Jahre 2013 rund 40 Kurse über die verschiedenen wesentlichen Aspekte des Fachgebiets beinhaltet.

**NIDays**  
 GRAPHICAL SYSTEM DESIGN  
**CONFERENCE**  
 Professional Development Conference  
 for Engineers, Scientists and Educators



**17. TECHNOLOGIE- UND INNOVATIONSKONGRESS**

**5. März 2014 | Kursaal Bern**

- Mehr als 50 innovative Technologie- und Anwendervorträge
- Networking-Plattform für rund 400 Experten und Anwender
- Kongressbegleitende Fachausstellung
- Hochkarätige Vorträge und Keynotes
- Ausbilder- und Dozententag
- Kostenfreie (Re-)Zertifizierung zum NI-LabVIEW-Entwickler (CLAD)

Jetzt anmelden:

[ni.com/switzerland/nidays](http://ni.com/switzerland/nidays)





► Glastemperaturbereich heruntergekühlt und geöffnet, um das Produkt zu entnehmen.

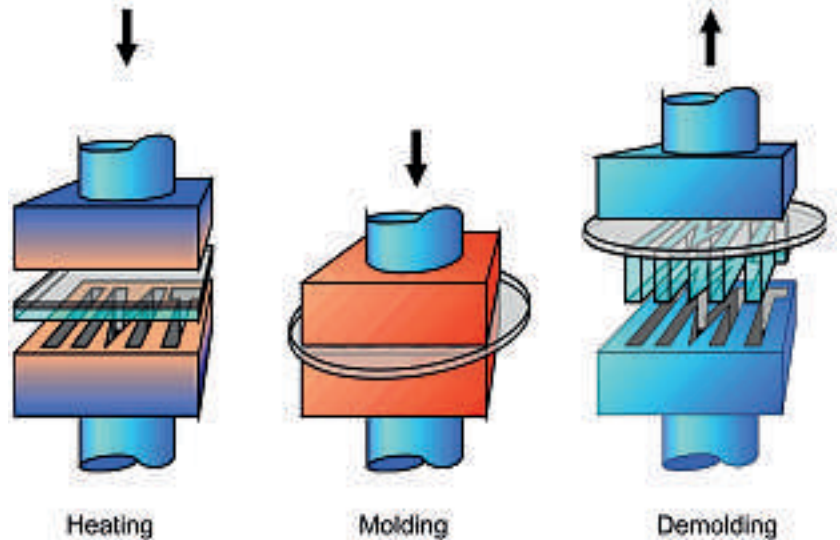
Verarbeitbar sind im Prinzip alle thermoplastischen Werkstoffe, wobei POM, PMMA, PVDF, PSU, PEEK, PP, PC und LCP im Vordergrund stehen. Aufgrund des relativ langen Temperaturzyklus ist die Produktivität nicht allzu hoch. Für das Verfahren gibt es mittlerweile kommerzielle Anlagenhersteller wie EVG, Dr. Collin oder Wickert. Im Vergleich zum Mikrospritzgiessen ist das Verfahren wegen der Werkzeugkosten vor allem bei kleineren bis mittleren Stückzahlen wirtschaftlicher. Ab einer Losgrösse von 1000 bis etwa 100 000 Stück ist das Mikrospritzgiessen konkurrenzfähiger.

#### Mikrospritzgiessen

Beim normalen Spritzgiessen wird Kunststoffgranulat in einem Schneckenextruder aufgeheizt und die heisse Masse unter hohem Druck über eine Injektionsdüse in die kalte Form gedrückt. Nach dem Abkühlen wird die Form geöffnet und das Teil entnommen. Beim Mikrospritzgiessen erzwingt die geringe Masse der Bauteile – bis herab zu 1 mg – spezifische Anpassungen der Technologie.

Die Herausforderungen lauten:

- vergleichsweise lange Fließwege
- die Grösse der Mikrostrukturen liegt in der gleichen Grössenordnung wie Luftauslasskanäle



Heissprägen einer Folie zwischen strukturierten Matrizen. (Grafik: FSRM/KIT)

- die gewünschte Genauigkeit der Teile bewegt sich noch unterhalb der Toleranzen üblicher Formen
- die Scherbeanspruchung im Polymer ist sehr hoch
- kalte Formen im Zusammenspiel mit den langen Fließwegen können zu einem Einfrieren der Schmelze vor Beendigung der Formfüllung führen

Die erfolgreiche Bewältigung dieser Herausforderungen setzt den Einsatz speziell hierfür angepasster Technologien voraus. Wesentlicher Aspekt ist hierbei die Durchführung eines variothermen Prozesses, was bedeutet, dass die Form für das Einspritzen des Materials aufgeheizt und nach dem Einspritzen sofort abgekühlt werden muss, damit die Teile ohne Beschädigung entformt werden können.

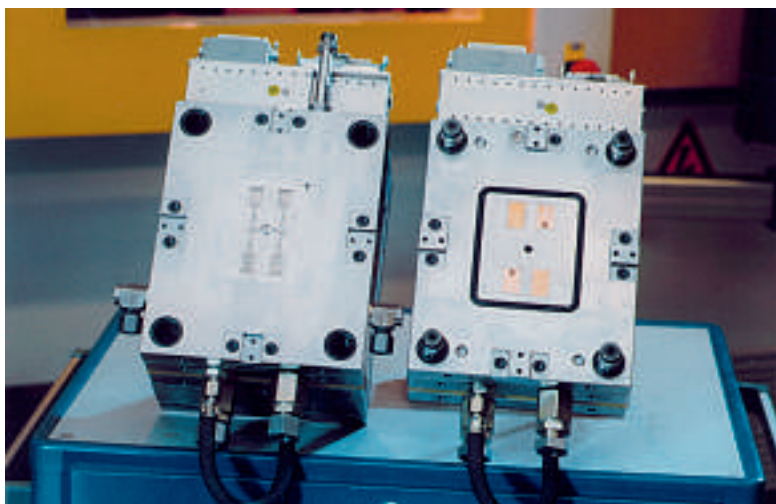
Dafür müssen die Formwerkzeuge so gestaltet sein, dass sie über Temperierkreise verfügen, die sowohl das Aufheizen als auch das Abkühlen erlauben. Ein hierfür geeignetes Anlagenkonzept wurde unter Nutzung einer kommerziellen Spritzgiessmaschine beispielsweise von Ferromatik-Milacron auf der Basis einer konventionellen, reinraumfähigen Maschine mit vollelektrischen Antrieben und verbesserter Kontrolle von Schussgewicht und mechanischen Bewegungen entwickelt.

Einen anderen Ansatz verfolgte Battenfeld mit der Entwicklung einer speziell für Mikro-Spritzgiessanwendungen ausgelegten Anlage. Die Besonderheit dieses Konzepts, das ebenfalls über vollelektrische Antriebe verfügt, ist eine speziell für diesen Anwendungsbereich ausgelegte integrierte Mikrospritzgiessereinheit. ■

(Der zweite Teil der Serie erscheint in der Ausgabe TR 2/14.)

**Klaus Vollrath**

freier Fachjournalist, Aarwangen



Variotermes Werkzeug für das Mikrospritzgiessen.

**FSRM, Schweizer Stiftung für Forschung im Bereich der Mikrotechnologien**

2001 Neuchâtel, Tel. 32 720 09 00  
fstrm@fstrm.ch

**Karlsruher Institut für Technologie, KIT**

DE-76344 Eggenstein-Leopoldshafen  
Tel. +49 721 608-225 85  
thomas.hanemann@kit.edu