

Kaum wahrnehmbar und doch überall vorhanden – die Mikrotechnik ist auf dem Vormarsch

von Udo Mathee



Sperrhebel aus Polyoxymethylen für ein mikro-mechanisches Werk. Gewicht: 0,0007 g

«Ja, wo läuft sie denn, die Mikrotechnik?» stellt sich – ganz frei nach Loriot – mancher immer noch die Frage. Dabei sind wir umgeben von kleinen und kleinsten Produkten und Systemen, stecken unser Mobiltelefon in die Westentasche und freuen uns über jede neue Funktion, welche die Fahrt mit dem Auto angenehmer, sicherer und energiesparender gestaltet.

Die Mikrosystemtechnik (MST) hat sich dazu die Natur zum Vorbild genommen, wo auch jedes Lebewesen aus einer Vielzahl von Kleinstsystemen besteht. Ähnlich den nur wenige Mikrometer großen Zellen beschäftigt sich diese Technologie mit der Verknüpfung von Funktionen, Materialien und Komponenten zu sehr kleinen integrierten Systemen, die dann wieder in unsere Makroumgebung eingebunden werden. Nach Aussage des Bundesministeriums für Bildung und Forschung gilt die Mikrosystemtechnik mit einem jährlichen Wachstum von 15 Prozent mittlerweile als eines der Schwungräder der deutschen Wirtschaft. 2006 haben deutsche Unternehmen mit MST-Komponenten und kompletten Mikrosystemen über 8 Milliarden Euro umgesetzt. Da die Mikrosystemtechnik am Beginn zahlreicher Wertschöpfungsketten steht, führt sie zu Umsatzsteigerungen, die ein Vielfaches der eigentlichen Mikro-Komponenten betragen. Hierzu berät der Fachverband für Mikrotechnik IVAM e.V. in Dortmund alle interessierten Unternehmen.

Für den Werkzeug- und Formenbau steht in diesem innovativen Umfeld die Mikrotechnik an vorderster Stelle, denn sie beschäftigt sich mit der Herstellung der einzelnen Bauteile und Strukturen im Mikrometerbereich. Von großer Bedeutung ist dabei das Mikrospritzen und das Mikrostanzen. Mikrospritzen ist jedoch keine neue Technologie der letzten Jahre. So seien Spritzgussmaschinen der Firma Battenfeld schon seit gut 30 Jahren in der Uhrenindustrie zur Zahnräderfertigung im Einsatz gewesen. «Das waren noch Nischen, wo wirklich Meister der Schweizer Werkzeugmacherzunft im stillen Kämmerlein werkten und Erstaunliches leisteten», berichtet Martin Ganz, der als Produktmanager der Wittmann-Group in Wien für die Mikrosystemtechnik bei Battenfeld verantwortlich ist. «Dies gelang damals auch nur, weil die Maschinen bis an die Grenzen des Machbaren modifiziert wurden. Für solche komplexen Aufgaben waren sie aber unwirtschaftlich.»

Selbst heute noch sind die Standardmaschinen für Mikroteile zu groß und zu schwer und dadurch in ihren Prozessen langsam und ungenau. Denn die Schnecken dieser einstufigen Systeme schieben immer ein großes Massepolster vor sich her. Außerdem

bleibt in der Düsen Spitze stets ein kalter Kunststoffpfropfen zurück. Dieses thermisch inhomogene Material muss dann beim nächsten Schuss im Werkzeug vom Anguss aufgenommen werden. Das verlängert die Fließwege bis zur eigentlichen Werkstückkavität und erfordert wegen der Reibungsverluste einen größeren Einspritzdruck. Grundsätzlich ist dieser jedoch direkt in der Kavität erforderlich und eben nicht an der Spitze der Schnecke.

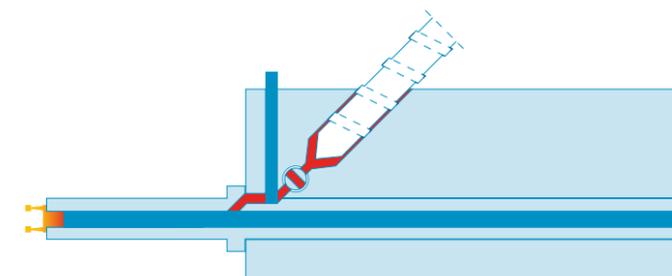
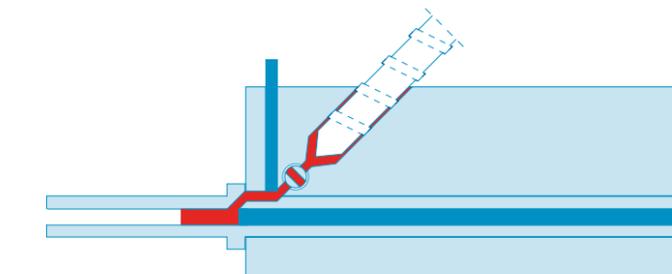
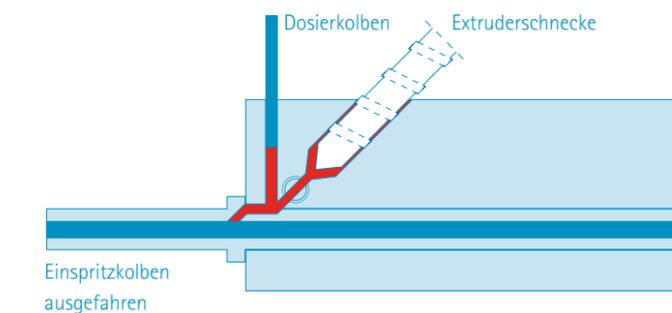
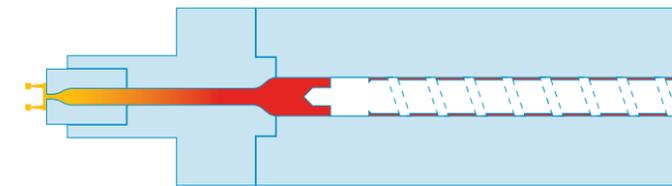
Kein kalter Angusspfropfen

Darum hat die Firma Desma Tec in Achim mit dem Kunststoffzentrum (KUJ) Leipzig eine neue zweistufige Mikro-Spritzgießmaschine für Schussgewichte von 10–200 mg entwickelt. Die «formicaPlast» arbeitet mit einem Plastifizierkolben und einem Einspritzkolben, der auch die Dosierung übernimmt. Bei diesem neuen Konzept wird das Material ohne mechanisches Mischen, also ohne Schnecke, in der Heizkammer in kürzester Zeit auf die nötige Temperatur gebracht und plastifiziert. Durch die sehr kurzen Verweilzeiten entsteht laut Herstellerinformation kein Angusspfropfen, außerdem werde die Gefahr der thermischen Schädigung von medizinisch anspruchsvollen, bioresorbierenden Materialien durch die fehlende Schneckenplastifizierung vermieden. Die Maschine kann alle Thermoplasten sowie Peek verarbeiten. Pulverspritzguss und der Einsatz von Flüssigsilikon (LSR) können als Spezialisierungen gewertet werden. Die «formicaPlast 2K» bietet dann auch die Möglichkeit der Mehrkomponententechnik.

Bei dem aktuellen «Microsystem 50» von Battenfeld handelt es sich um eine Mikrospritzmaschine mit dreistufiger Einspritzeinheit, die speziell für Werkstücke unter 100 mg entwickelt wurde. Laut Hersteller können alle spritzbaren Materialien verarbeitet werden. Die Plastifizierung übernimmt dabei eine Extruderschnecke stressfrei im Niederdruckbereich. Im nächsten Schritt dosiert ein Kolben die exakt erforderliche Schussmenge. Dieses thermisch homogene Material wird dann vom Einspritzkolben in die Kavität geschoben und der Druck unmittelbar vor ihr aufgebaut. Das Konzept ermöglicht folglich ein extrem kleines Massepolster und sehr kurze Fließwege. Außerdem kann ein kalter Materialpfropfen erst gar nicht entstehen. All dies minimiert nach einer Information des Herstellers das Angussgewicht auf ein Zwanzigstel gegenüber dem der Standardtechnologie. «Bei einem Kunden konnten wir mit dieser Technologie sogar Materialdurchsätze von nur 72 Gramm bei 3200 Teilen pro Stunde verzeichnen», erklärt Martin Ganz. Selbst für größere als diese extrem kleinen Mengen werde seiner Meinung nach

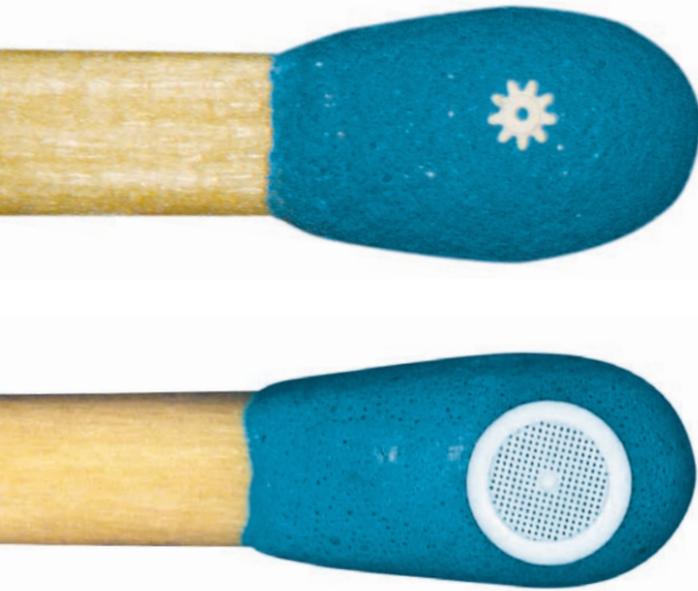
Ein-Stufen-System

Die thermische Trennung von Anguss und Massepolster hinterlässt bei jedem Zyklus einen kalten Materialpfropfen an der Düsen Spitze. Zudem ergibt sich durch den langen Fließweg ein großes Massepolster und die Prozesskontrolle bei kleinen Schussgewichten wird sehr schwierig.



Drei-Schritte-System der «Microsystem 50»

Durch die Separierung von Plastifizierung, Dosierung und Einspritzung bleiben keine Materialreste zwischen der kalten Form und der Einspritzeinheit. Durch die sehr kurzen Fließwege wird so das Einspritzen von thermisch homogenem Material möglich.



Spritzgegossene Mikrobauteile: Zahnrad aus Aluminiumoxid (oben) und Mikrofilter für die Medizintechnik mit 280 Öffnungen (0,04 x 0,04 mm) und einem Außendurchmesser von 3 mm (unten)

jedoch kein Hersteller Sondermaterialien speziell für Mikrospritzmaschinen entwickeln. «Deshalb sollte der Einsatz aller Standardgranulate und der üblichen Metall- und Keramikpulver auch in der Mikrotechnik gewährleistet sein.»

Mikroteile müssen auch montiert werden und dies kann durch eine Mehrkomponenten- bzw. Einlegetechnik schon teilweise übernommen werden. Eine Dichtung wird hier z. B. direkt in das Trägerteil gespritzt oder ein Metallstecker schon in der Form platziert – alles aktuelle und künftige Herausforderungen an den Werkzeug- und Formenbau.

Kommunizieren mit kleinsten Kontakten

Auch das Mikrostanzen hat das enge Einsatzgebiet der Uhrenindustrie längst überschritten und findet nun auch in anderen Bereichen seine Herausforderungen, wie etwa in der Elektronik, der Kommunikationstechnik oder der Medizintechnik. Immer mehr Funktionen müssen auch hier bei immer kleineren Platzverhältnissen untergebracht werden. Allein in einem aktuellen Mercedes der S-Klasse verbinden ca. 3000 m Kabel die 4000 Elektrokontakte. Nicht umsonst gilt der Kabelbaum mittlerweile als das schwerste Bauteil in einem Auto.

«Die Größe der Pins von solchen Automobilsteckkontakten liegt im Augenblick bei 0,6 x 0,6 mm», berichtet Michael Stepper, Geschäftsführer des Präzisionswerkzeugbauers Fritz Stepper GmbH in Pforzheim, «aber einige unserer Kunden arbeiten schon an Pins von 0,5 x 0,5 mm, wofür es dann die entsprechenden Buchsen zu fertigen gilt.» So umfasst das Mikrostanzen heute neben den reinen Schneidoperationen auch Umformschritte und Laserschweißungen. Michael Stepper spricht vom Mikrostanzen jedoch erst bei Materialstärken unterhalb von ca. 0,2 mm. Darum sei diese Technologie zwar immer noch eine Nischenanwendung, aber die Anteile am Umsatz würden auch hier ständig steigen. So lägen die Stückzahlen der Kontakte für die Elektronik im Milliardenbereich und in der Automobilindustrie gingen sie in die Millionen. «Ein weiterer interessanter Bereich ist die Medizintechnik mit Stückzahlen von einigen Hunderttausend, aber trotzdem mit lohnenden Aufgabenstellungen.»

Voraussetzung für diese Aufgaben sind natürlich nur Pressen, die selbst mit modernster Technik ausgestattet sind und bei denen Parameter wie Führungsspiel, Eintauchtiefe oder Vorschub präzise zu regeln sind. «Außerdem ist eine Maschine, die schon 10 Jahre in drei Schichten gelaufen ist, den Herausforderungen natürlich nicht mehr gewachsen.»

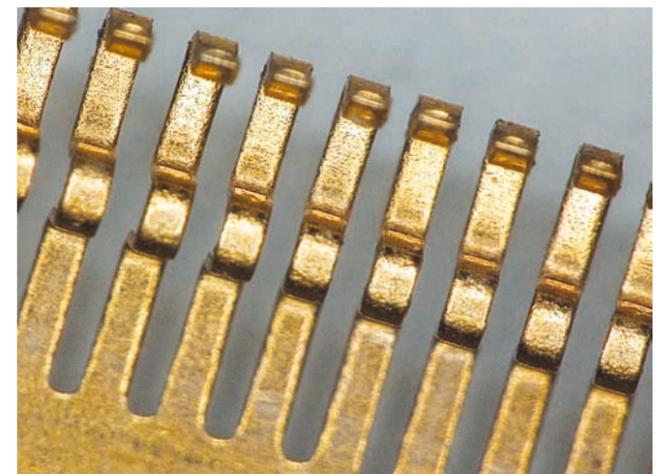
Entwicklung in drei Richtungen: Neben der Weiterentwicklung der am Markt angebotenen Pressen verfolgt die Firma Stepper auch Innovationen im Bereich der Werkzeug- und Bearbeitungstechnologie und der neuen Materialien. «Um unsere eigene Kompetenz auf diesen Feldern permanent weiterzuentwickeln, arbeiten wir mit den Weltmarktführern der jeweiligen Technolo-

gien eng zusammen.» So entwickelte Stepper als erstes Unternehmen modulare Verbundwerkzeuge, wodurch diese kleiner, präziser und auch schneller austauschbar wurden. Während hier früher Stempelängen von 70–80 mm üblich waren, liegen sie heute wesentlich darunter. Das begünstigt die Genauigkeit, so dass die Toleranzen kleiner und die Spaltbreiten enger gewählt werden können. Als Beispiel für den «state of the art» nennt Michael Stepper ein Werkzeug für einen vierteiligen Minikontakt, der mit sieben Laserschweißpunkten versehen und dabei von dreizehn Kameras überwacht wird. Solch ein Werkzeug besteht aus über 5500 individuellen Bauteilen.

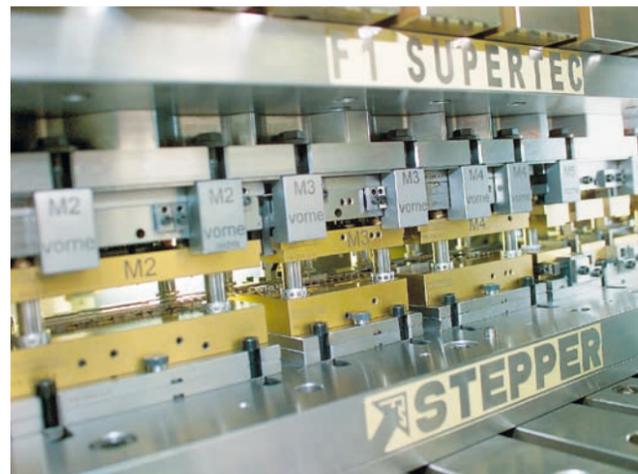
Eine anderes Feld ist die Bearbeitungstechnologie. «So kauften wir schon 1969 die erste Drahterodiermaschine, die überhaupt an einen Kunden ausgeliefert wurde», erinnert sich Michael Stepper. Heute werden bei diesem Verfahren laut Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT in Aachen sogar schon Erodierdrähte von nur 0,03 mm Durchmesser eingesetzt. Weitere wichtige Bearbeitungstechnologien sind Schleifen, Senkerodieren, HSC-Fräsen und das Laserabtragen. «Deshalb waren diese filigranen Formen früher entweder gar nicht oder nur mit viel größerem Aufwand möglich.»

Neue Materialien und Oberflächen treiben ebenfalls die Mikrostanzen voran. So ermöglicht deren erhöhte elektrische Leitfähigkeit immer kleinere Kontakte. Andererseits reduzieren diese Werkstoffe den Verschleiß am Werkzeug und ermöglichen kleinere Spaltbreiten. Dies sind heute vor allem neue Kupferlegierungen, die das Beryllium mehr und mehr ersetzen. Außerdem sind laut der Firma Stepper nun Edelstähle wie 1.4301 oder 1.4310 auf dem Vormarsch. Mit ihren vergoldeten Oberflächen dienen diese Kontakte mit sehr engen Toleranzen z. B. als Halterung für SIM-Karten.

Wo die Entwicklung der Mikrotechnik hinget, zeigt sich vielleicht an folgender Frage: Ist das Bauteil neben der Ameise nun klein oder groß? «Alles eine Sache der Perspektive», bringt es Martin Ganz auf den Punkt, «für die Ameise mit ihren zarten Beinchen ist es sicherlich noch groß.» Es gibt also noch viel zu tun. | Udo Mathee, Coesfeld



Oben: Stanz- und Umformteile für Elektronik-anwendungen: Kontaktbuchse mit 1,15 mm Durchmesser aus Kupferberyllium (CuBe). Unten: Kontaktfedern für Elektronik-anwendungen aus einer Kupfer-Zinnlegierung (CuSn6) – pro Hub werden 5 Zinken gestanzt, der Zwischenraum beträgt 0,4 mm.



Modular aufgebaute Hochleistungs-Stanzwerkzeuge der Firma Stepper aus Pforzheim. Ein Werkzeug aus der Baureihe «F1 SuperTec» kann durchaus aus 1000 Einzelteilen bestehen und ist für bis zu 400 Millionen produzierte Teile im Jahr ausgelegt. Die individuelle Ausrichtung auf das jeweilige Produkt erfolgt über die in den einzelnen Modulen zum Einsatz kommenden Keramik-Aktivteile. Die Modulbauweise erlaubt es zudem, Verschleißteile während der Produktion innerhalb von Minuten zu wechseln.

