



Mikrospritzguss mit dem Microsystem von Battenfeld

Zwergenprozession



Spezialisiert auf Mikroteile,
das Microsystem von Battenfeld



„In zwei bis drei Jahren will Karl-Herbert Ebert ein Fünftel seines Umsatzes mit Mikroteilen erwirtschaften. Und die „Bauch“-Entscheidung für das Microsystem hat er nicht bereut.“

Mikrobauteile aus Kunststoff finden sich heute in zahlreichen Anwendungen wieder. Je nach Teilegeometrie, Schussgewicht oder Losgröße reichen zur Produktion der Winzlinge Standardmaschinen mit Mikrospritzeinheiten aus oder aber müssen Spezialisten wie das Microsystem von Battenfeld ran. Erfahrungen damit hat man seit 1999 bei Scholz in Kronach. Hier entstehen unter anderem Mikroteile für die Medizintechnik, für Schalterkomponenten und Mikrogetriebe.

Mehr Evolution denn Revolution. Schleichend findet sie statt, aber stetig. Nach den Chips kommen die Mikrobauteile. Getriebe mit Zahnrädern, deren Radius weniger als ein Hundertstel Millimeter beträgt sind Realität genauso wie Glasfaser-Chip-Verbindungen, Minisensoren, Schreib-/Leseköpfe, mikrochirurgische Instrumente und vieles mehr. Den kleinen Strukturen scheint eine große Zukunft.

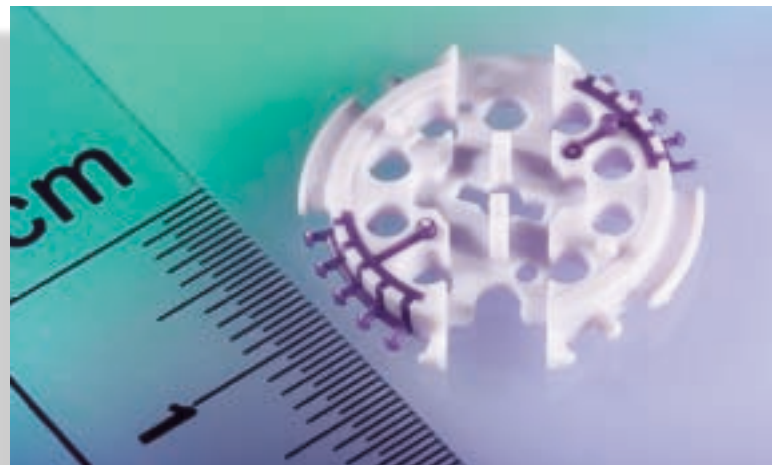
Vielen Mikrobauteilen gemein ist, dass sie häufig aus Kunststoff bestehen. Typische Verfahren zur Herstellung der Winzlinge sind der Reaktionsguss, das Prägeverfahren oder der Mikrospritzguss. Letzterer ist mithin eines der wichtigsten Verfahren wenn es um dreidimensionale Bauteile geht. Der Mikrospritzguss unterscheidet sich jedoch in manchem vom herkömmlichen Spritzguss, eine Erfahrung die auch Karl-Herbert Ebert machte. Ebert ist Leiter Technik & Entwicklung Schwerpunkt Spritzgießtechnik und Prokurist der Horst Scholz GmbH & Co. KG im fränkischen Kronach.

Ideen werden Innovationen

Der Einstieg der Franken in die Mikrotechnik folgte einer strategischen Entscheidung, das Produktspektrum nach unten hin auszubauen. Die Entscheidung für das speziell auf die Fertigung von Mikrobauteilen konzipierte Microsystem der Battenfeld Spritzgießtechnik, Kottingbrunn, trafen er und seine Frau Gertrud Ebert, geschäftsführende Gesellschafterin, Ende 1998 nach der K-Messe in Düsseldorf aber eher aus dem Bauch heraus – und zwar zu einem Zeitpunkt, als man in Kronach noch gar keine Produkte für eine derartige Maschine im Fertigungsspektrum hatte. Gekauft wurde das dritte Exemplar der Baureihe – eigentlich noch ein Prototyp den Battenfeld erst gar nicht ausliefern wollte. Parallel dazu bauten die Franken eine eigene kleine Abteilung für den Mikrospritzguss auf, mit Erfolg. Erwirtschaftet der Bereich heute doch schon rund fünf Prozent des Umsatzes von derzeit 13 Mio. Euro – mit deutlich steigender Tendenz. „In zwei bis drei Jahren wollen wir ein Fünftel unseres Umsatzes mit Mikroteilen erwirtschaften“, erzählt der Prokurist. Und die „Bauch“-Entscheidung für das Microsystem hat er – so scheint's – nicht bereut.

Ganz von ungefähr kam die Affinität der Kronacher zu kleinen Teilen nicht. So hatte man sich schon immer auf hochpräzise Kleinteile konzentriert. Nur nicht ganz so klein wie heute. Derzeit entstehen die Winzlinge vor allem auf den drei Microsystem-Anlagen und zwei HM-Spritzgießmaschinen, ebenfalls von Battenfeld. Daneben finden sich weitere 32 Spritzgießmaschinen mit Schließkräften bis 1 750 kN – vorwiegend von Netstal – in der Fertigung für die Produktion der nicht ganz so kleinen Teile mit Gewichten bis 100 g. Insgesamt fertigen die Kronacher pro Jahr deutlich über 600 Millionen Kunststoffteile, bei einem Materialverbrauch von gerade mal 400 t. Rekordverdächtig ist ein kleiner Betätiger mit rund 100 Mio. Exemplaren pro Jahr.

Bei der Pilzscheibe für den Epilierer von Braun Silk-Epil. werden die winzigen pilzförmigen Köpfe auf dem Microsystem angespritzt, die Scheibe selber entsteht auf einer konventionellen Spritzgießmaschine in einer 32fach-Form.



Ebert: „Gegenüber konventionellem Spritzguss unterscheidet sich der Mikrospritzguss vor allem in der Art der Prozessführung und Materialaufbereitung.“ Ist das Schussgewicht sehr klein, besteht etwa bei einer 14 mm-Schnecke die Gefahr einer Schädigung der eingesetzten Thermoplaste durch eine zu lange Verweilzeit. Mit dem Microsystem umgeht man das Problem durch ein spezielles, für minimale Schussgewichte konzipiertes Einspritzmodul. Es basiert auf einer Extruderschnecke mit einem L/D-Verhältnis von 14:1 und einer Kolbeneinspritzung (5 mm Kolben), die erreichbare Dosiergenauigkeiten liegt bei < 1 mg. „Durch dieses Konzept lässt sich zugleich der Prozess besser beherrschen, da durch den 5 mm-Kolben die Auflösung des Weges natürlich steigt“, weiß Karl-Herbert Ebert zu berichten.

Auf das Teilgewicht abgestimmt

Generell müsse für eine wirtschaftliche und prozesssichere Produktion der kleinen Teile eine Spritzgießmaschine auf das Teilgewicht abgestimmt sein. Standardmaschinen mit Mikrospritzeinheit reichen üblicherweise aus, wenn das Schussvolumen zwischen 0,5 und 5 cm³ liegt. Diesbezüglich setzt man in Kronach auch Spritzgießmaschinen der HM-Reihe ein, ausgestattet mit einer Mikrospritzeinheit. Sinkt das Schussvolumen jedoch unter die 500 mm³-Grenze – und das sei immer häufiger der Fall – stoße die Herstellung auf konventionellen Spritzgießmaschinen an ihre Grenzen, sei es in technischer oder wirtschaftlicher Hinsicht. Zeitverzögerun-

gen etwa durch Hydraulikventile, Abbrems- oder Beschleunigungsvorgängen können bei den Winzlingen zu Qualitätsmängeln führen. Selbst sehr schnelle Hydraulikventile benötigen laut Battenfeld noch 8 ms um zu schließen. Das sei viel zu langsam um beispielsweise ein Mikrozahnrad mit einer Füllzeit von 0,14 ms optimal zu fertigen. Zudem müsse der Auswerfervorgang speziell auf die sich elektrostatisch aufladenden Kleinstteile abgestimmt sein und auch beim Handling und der Qualitätssicherung seien spezielle Anforderungen zu erfüllen.

Vorgestellt hat die Battenfeld Spritzgießtechnik das Microsystem 50 mit 50 kN Schließkraft (optional 80 kN) erstmals zur K'98 in Düsseldorf. Das voll-elektrische System besteht neben dem Einspritzmodul aus weiteren sechs Modulen, da wären das Schließ-, Schwenk-

und Handlingmodul sowie eines für die Qualitätssicherung, für den Reinraum und die Ablage der Teile. Optional ist das Microsystem unter anderem für den 2K-Spritzguss erhältlich wie auch für



Ein bei Scholz gefertigtes interkardiales Pumpensystem besteht aus einem Impeller (im Bild), zwei Lagerschalen und einer metallischen Hülse mit PEEK-Führungen. Es ermöglicht die Aufrechterhaltung der Herz-Kreislauf-funktion während einer Herzoperation und kann während einer offenen Bypass-Operation die Pumpfunktion des Herzens vollständig übernehmen. (Bilder: Scholz)

das Spritzprägen, für diverse Einlege- und Umspritztechnologien oder das Metall- und Keramikpulver-Spritzgießen.

Mitten im Herzen

Derzeit fertigt man bei Scholz zum Beispiel ein interkardiales Pumpensystem für die Firma Impella. Es besteht aus einem Impeller (dem Pumpenrad), zwei Lagerschalen und einer metallischen Hülse mit PEEK-Führungen. Das Pumpensystem ermöglicht die Aufrechterhaltung der Herz-Kreislauf-funktion während einer Herzoperation und kann während einer offenen Bypass-Operation die Pumpfunktion des Herzens vollständig übernehmen. Die Impella-Pumpen sind so klein, dass sie sich sowohl direkt über die Aorta als auch durch die Beinarterien im Herzen platzieren lassen. Die Pumpleistung beträgt bei $32\ 500\ \text{min}^{-1}$ etwa 4,5 l pro Minute. Da das Gerät bis 14 Tage im Körper bleibt, kommt als Material ein spezielles PEEK namens PEEK-Optima® von Invibio® zum Einsatz. Also heißt es Material wo immer möglich einzusparen, etwa beim Anguss. Zumal ausschließlich Neuware zum Einsatz kommen darf, der Anguss also verworfen wird. Heißkanäle wiederum hätten die Werkzeugkosten zu sehr in die Höhe getrieben.

Ebert: "Der Impeller oder die beiden Lagerschalen ließen sich auch konventionell auf einer Maschine mit Mikrospritz-einheit fertigen, es ist nur eine Frage der Fachzahl um ein genügend hohes Schussgewicht zu erzielen. Problematisch aber ist, dass der Anguss etwa bei einem 24fach-Spritzgießwerkzeug ein Vielfaches des eigentlichen Teilegewichtes ausmacht. Mit dem Microsystem und einem Familienwerkzeug für die beiden Lagerschalen ließ sich der Angussanteil dagegen erheblich reduzieren, was zu einer deutlichen Steigerung der Wirtschaftlichkeit führte – auch wenn es sich nur um eine 2-Kavitäten-Form handelt." Zumal sich die Zykluszeiten durch den geringeren Materialeinsatz deutlich reduzieren lassen und das Werkzeug günstiger herzustellen ist.

Ein weiteres Scholz-Produkt ist eine Pilzscheibe für den Epilierer von Braun Silk-Epil. Die Scheibe selber wird konventionell auf einer Netstal Synergy (600 kN) in einer 32fach-Form gespritzt. Das Anspritzen sehr kleiner pilzförmiger Köpfe erfolgt dann auf dem Microsystem. Dazu werden vollautomatisch vier der fertigen Scheiben aus dem Werkzeug entnommen, vier neue Scheiben ohne die

Auf einer HM mit Mikrospritz-einheit wiederum entsteht eine Encoderscheibe für die Firma Baumer zur Positions- und Drehzahlbestimmung bei Kleinstmotoren. Hier handelt es sich um ein makroskopisches Bauteil mit Mikrostrukturen. Bei einem Durchmesser der Scheibe von 10 mm werden rund 500 Teilstriche auf zwei Bahnen mit einer Feldbreite von 301 µm realisiert. Die Dunkelfelder müssen jedoch weiter strukturiert werden, und zwar in Form eines Beugungsgitters mit einer rund 1,0 µm breiten und 140 nm tiefen Struktur. Zugleich muss eben diese Struktur sehr scharfkantig ausgebildet sein. Realisierbar sowohl auf dem Microsystem als auch auf der konventionellen Spritzgießmaschine.

Welche Produktionslösung zum Einsatz kommt entscheiden Faktoren wie Materialpreis, Nestzahl und Losgröße – vorausgesetzt die Geometrie lässt eine Wahl überhaupt zu, was aber häufiger der Fall sei. Sehr große Stückzahlen können etwa den Invest in ein teures Mehrkavitätenwerkzeug mit Heißkanal für eine normale Spritzgießmaschine wirtschaftlich machen. "Dadurch, dass wir alle drei Technologien anbieten, können wir unseren Kunden immer die wirtschaftlichste Produktionsweise anbie-



Das Microsystem besteht aus insgesamt sieben Modulen, da wären das Einspritz-, Schließ-, Schwenk- und Handlingmodul (im Bild) sowie eines für die Qualitätssicherung, für den Reinraum und die Ablage der Teile. (Bild: SMS)

"pilzförmigen Köpfe" eingelegt, parallel dazu erfolgt der Einspritzprozess in die zweite bewegliche Werkzeughälfte mit je vier Kavitäten. Die Zykluszeit liegt deutlich unter 5 s, Material der Wahl ist POM. Der Anguss wiegt unter 0,5 g und wird verworfen. "Bei einem Materialpreis von rund 2,50 Euro pro Kilogramm und rund 17 kg Anguss pro Woche lohnt kein Heißkanal oder Recycling des Anguss-Systems", so Ebert.

ten", erzählt Karl-Herbert Ebert. Und wartet sofort mit einem griffigen Vergleich auf: "Viele Mikroteile lassen sich auch mit konventionellen Spritzgießmaschinen fertigen. Das aber wäre so als ob man einen einzelnen Karton mit einem großen Lastwagen von A nach B transportiert. Natürlich ist das möglich, aber eben nicht wirtschaftlich. Wirtschaftlicher ist es allemal mit einem VW Polo, also dem Microsystem."

Schnittstelle Formenbau

Mit der Etablierung in eine eigene Mikrospritzgießabteilung mussten die Kronacher natürlich auch im Formenbau zusätzlich investieren, beispielsweise in Mikroerodiermaschinen, HSC-Maschinen und natürlich in die Ausbildung der Mitarbeiter. Ohne einen auf Mikrospritzgussformen spezialisierten Formenbau geht bei den Winzlingen nichts. So müsse man die Werkzeug-

mischen Fräsen, was sich aber noch im Entwicklungsstadium befindet und mit der Lasertechnologie. Hier hapert es aber noch an einer ausreichenden Oberflächengüte. Dreißig Mitarbeiter sind allein im Werkzeugbau tätig.

Erfolgsentscheidend ist für die Franken eine hohe Prozess-Sicherheit und konstante Qualität der Teile. Eine eigene Abteilung mit zehn Mitarbeitern widmet sich ausschließlich diesem Thema, in der QS / Erstbemusterung stehen



Horst Scholz

Die 1974 gegründete Horst Scholz GmbH + Co. KG in Kronach bietet Ihren Kunden technische Komplettlösungen in den Bereichen Präzisions-Kunststoffteile, Entwicklung von Kunststoffgetrieben und der Mikrotechnik an. In diesem Bereich wird auch Micro Metal Injection Molding (MMIM) umgesetzt. Von der Idee, über die Entwicklung und Herstellung der Werkzeuge im eigenen Formenbau, der anschließenden Spritzgießfertigung bis hin zur Baugruppen-Montage bietet man alles aus einer Hand. Auf Basis eines zertifizierten Qualitäts-Management-Systems nach ISO/TS 16949 wird dem Kunden ein sich selbst optimierender Regelkreis für High-End-Produkte garantiert. An Spritzgießmaschinen finden sich insgesamt 37 Stück mit Schließkräften von 50 kN bis 1 750 kN in der Fertigung. Die Mikroteile fertigen die Kronacher auf derzeit drei Microsystem und zwei HM-Spritzgießmaschinen von Battenfeld. Beschäftigt werden 105 Mitarbeiter, darunter 8 Auszubildende, der Umsatz liegt bei rund 13 Mio. Euro.



konzepte neu überdenken. Sei es bei Anforderungen an das geringe Formteilgewicht, an hochgenaue Zentrierungen der Einsätze oder Auswerfertechnologien. Druckmesssensoren und Messsystemen zur Formtemperierung müssen zudem auf kleinstem Raum realisiert werden. Zugleich kann man kaum auf Erfahrungen aus bestehenden Anwendungen zurückgreifen. Ebert: "Sinnvoll ist deswegen der Einsatz von C-Mold-Analysen zur Auslegung des Anguss-Systems und der Berechnung von Stresssituationen für den eingesetzten Werkstoff. Unter Minimierung der Bindenähte lassen sich durch weitere Simulationen zudem die Anbindung an das Anguss- und Verteilersystem verbessern und kritische Schergeschwindigkeiten reduzieren."

Bei Scholz setzt man im Werkzeugbau derzeit auf vier Technologien, die Mikro- und Drahterosionstechnik, UV-Lithografie und LIGA-Technik. Darüber hinaus befasst man sich mit dem elektroche-

allein drei Koordinatenmessmaschinen. Viel Aufwand für ein Unternehmen mit 105 Mitarbeitern, zu viel wie Ebert eher im Scherz meint. Denn der Aufwand rechne sich allemal in Form von geringen Ausschusszahlen, fehlerfreien Produkten die an den Kunden gehen und damit in Form von Kundenzufriedenheit.

"Mit dem Microsystem steht dem Verarbeiter eine ganzheitliche Lösung zur Verfügung, die ihm zuverlässig den direkten Einstieg in die Welt des Mikrospritzgießens erleichtert", fasst Karl-Herbert Ebert zusammen. "Das erforderliche Know-how muss man sich aber selbst erarbeiten. Und das lohnt sich."

Werner Götz

Zum Thema Mikrospritzguss finden sich weitere Informationen im Internet unter www.plastverarbeiter.de und Suchbegriffen wie Mikrospritzgießen (Produkte und Fachartikel) und Mikrosysteme (Firmen).