

# Mechatronische Lösung für das Mehrkomponenten-Spritzgießen

Dr.-Ing. Volker Reichert  
A&E Produktionstechnik GmbH  
D - 01705 Freital

## 1. Einleitung

Unter Mechatronik oder mechatronischen Systemen wird allgemein verstanden, dass die Funktionalität eines technischen Systems durch eine enge Verknüpfung mechanischer, elektronischer und datenverarbeitender Komponenten erzielt wird. Spritzgießmaschinen, welche Kunststoffe im Spritzgießverfahren verarbeiten, über Schneckenkolben zur Aufbereitung und dem Einspritzen der Kunststoff-Schmelze sowie zum Öffnen und Schließen der Form verfügen, sind gemäß dieser Definition bereits ein mechatronisches System. Einzelne Verfahrensabschnitte beim Spritzgießen, z. B. Regelungen der Schließkraft oder des Einspritzverhaltens in Abhängigkeit vom sich bei Füllung der Kavität aufbauenden Werkzeuginnendruck sind bekannte Beispiele dafür.

Für eine Verfahrensvariante, dem Coinjektionspritzgießen oder auch Sandwich-Spritzgießen genannt, wurden spezielle Ventile entwickelt, die in Verbindung mit der Steuerung der Maschine (bzw. auch zukünftig mittels ihrer eigenen) die in die Kavität fließenden Schmelzeströme so beeinflussen, so dass mehrschichtige Kunststoff-Formteile entstehen (Bild 1).

Nachfolgend werden die Funktionsweise und Einsatzmöglichkeiten dieser Bauelemente beschrieben.

## 2. Prinzip des Mehrkomponenten Spritzgießens

Spritzgießverfahren eignen sich besonders gut dazu, mehrere Kunststoff-Schmelzen, nachfolgend Komponenten genannt, in einem Arbeitsgang zu verbinden.

Zwei Komponenten werden hierbei so ineinander gespritzt, dass die Kernkomponente beim Fertigteil vollständig von einer Hautkomponente eingeschlossen ist. Kern- und Hautkomponente können aus verschiedenen Kunststoffen bestehen. Der Anteil der Kernkomponente am Gesamtvolumen beträgt im Mittel bei technischen Teilen bis 50 %, bei geometrisch günstigen Teilen und idealem Ineinanderdringen erreicht die Kernkomponente einen Anteil bis zu 75 %, die Randschicht nimmt dann eine Dicke von 12,5 % der Gesamtdicke ein /1/.

Mit diesem Verfahren eröffnen sich völlig neue Möglichkeiten der Gestaltung von Kunststoff-Formteilen. Die Formteile weisen, je nach verarbeiteten Kunststoffen, neue Eigenschaften auf:

- innen im Kern hartes, faserverstärktes Material, außen weiches Material
- innen geschäumtes Material, außen ungeschäumt- damit wird Masse eingespart aber gleichzeitig die glatte Oberfläche von ungeschäumten Material beibehalten
- Verwendung von Reperat bzw. Recycling-Material im Kern, außen Neumaterial
- in Verbindung mit anderen Verfahrensvarianten, z. B. der Wasserinjektionstechnik, sind auch „innenbeschichtete“ Rohre herstellbar

Das Verfahren ist an sich nicht neu, was anhand der zitierten Literaturbeispiele /2/, /3/, /4/, /5/ leicht nachzuvollziehen ist und gewinnt insbesondere heute in Verbindung mit moderner Steuerungstechnik weiter an Bedeutung.

Den prinzipiellen Verfahrensablauf zeigen Bild 2 nach /1/ und eine Animation. Unterschieden wird z. B. nach Jaroschek /7/ in Quell- und Druckströmung. Wie auch beim Standard-Spritzgießen erstarrt die in die Kavität fließende Schmelze nur unmittelbar an der kalten Werkzeugwand in einer dünnen Schicht, im Inneren fließt die Schmelze durch diese Schicht weiter. Wird während des Einspritzvorganges – ohne Unterbrechung des Schmelzeflusses plötzlich eine andere Schmelze eingespritzt, fließt diese im Inneren, als Kernmaterial bezeichnet, weiter. Die zuerst eingespritzte Schmelze bildet damit immer das Hautmaterial.

Für die Durchführung des Coinjektionsverfahrens werden Spritzgießmaschinen verwendet, welche über mindestens zwei Plastifizier- und Einspritzeinheiten verfügen. Eine Besonderheit stellt das Mono-Sandwich-Verfahren eines Maschinenherstellers dar, auf welches hier aber nicht weiter eingegangen werden soll.

Außerdem müssen Einrichtungen -Ventile- vorhanden sein, die die Schmelzeströme zeitlich versetzt, auf die mit dem Anguß der Form verbundene Düse führen. Diese Schmelzeventile können in Analogie zur Hydraulik bzw. Fluidtechnik, bei welchen Ventile zur Steuerung des Energiestromes zwischen Pumpe und Motor in sogenannten Widerstandssteuerungen Verwendung finden, charakterisiert werden.

<b>Hydraulik-Ventil</b>	<b>Schmelzeventil Spritzgießen</b>
Steuerung des Energieflusses zwischen Pumpe und Motor/Zylinder	Steuerung eines/mehrerer Masseströme zu dem „Verbraucher“ (Kavität)
Fluid ist nur Energieträger, fließt im Kreislauf	Fluid ist Masse- und Energieträger, zyklische Zuführung, „Verbrauch“ in der Kavität
Mineralöl, relativ niedrige Viskosität	Polymerschmelzen, hohe Viskositäten
newtonsches Fließverhalten	strukturviskoses Fließverhalten
relativ druckunempfindlich, Viskosität ist temperaturabhängig	Änderung der Fließeigenschaften durch Temperatur und Scherung
250 ... 400 bar	2.000 bar
50 °C	300 °C
Strömungsgeschwindigkeit 3 – 5 m/s (begrenzt durch Druckverluste)	Einspritzrate 1.000 cm <sup>3</sup> /s (begrenzt durch Scherung)

In Abhängigkeit von der Größe, verschiedenen Anforderungen an die herzustellenden Kunststoff-Formteile und den Möglichkeiten diese umzusetzen werden Spritzgießmaschinen, Formen und die Bauelemente zur Beeinflussung der Schmelzeströme konzipiert.

Auf dem Markt sind Spezialmaschinen, deren Spritzeinheiten über eine gesteuerte Düse, auch Trennkopf genannt, miteinander verbunden sind. Weiterhin werden in Zwischenplatten, die zwischen der Form und der Aufspannplatte der Maschine

einbaut sind, oder direkt ins Werkzeug Bauelemente zur Beeinflussung der Schmelzeströme eingebaut.

Vereinfachend bezeichnen wir deshalb diese Bauelemente zur Beeinflussung der Schmelzeströme als Ventile, die je nach Anwendung in verschiedene „Gehäuse“ eingebaut werden. Hier besteht auch wieder eine Analogie zur Hydraulik, werden doch Hydraulikventile in Rohrleitungen, in Funktionssteuerblöcken und in Unterplatten-Verkettungen eingebaut.

### 3. Aufbau und Wirkungsweise der Schmelze-Ventile

Die in die Kavität fließenden Schmelzeströme müssen von diesen Ventilen (Bild 3) so gesteuert werden, dass folgende Anforderungen erfüllt werden:

- keine Schmelze darf in den jeweils anderen Kanal dringen, um Materialvermischungen auf der Oberfläche zu vermeiden.
- es darf zu keinem Stillstand der Fließfront während des Umschaltens von Haut auf Kernmaterial in der Kavität kommen. Dieses würde zu Oberflächenmarkierungen auf den Formteilen führen und ist zu vermeiden
- große Durchfluss-Querschnitte im Ventil sind anzustreben, um die Schmelzen nur gering auf Scherung zu beanspruchen und geringe Druckverluste beim Einspritzen zu erzielen.

Um große Durchflussquerschnitte zu erreichen, wurden die Ventile nach dem Prinzip der Kolbenschiebertechnik mit Sitzabdichtung konzipiert. Immerhin sind beim Spritzgießen Drücke bis 2.000 bar bei Schmelzetemperaturen bis über 300 °C sicher zu beherrschen. Hinzu kommt noch, dass die Kunststoffschmelzen infolge hoher Einspritzgeschwindigkeiten und durch Füllungen, z. B. mit Glasfasern und Brandschutzmitteln, abrasiven und korrosiven Verschleiß bewirken. Daraus begründen sich hohe Anforderungen an die Fertigungsgenauigkeiten.

Eine weitere Besonderheit gegenüber dem am Markt angebotenen Einrichtungen zum Sandwich-Spritzgießen ist, dass die Bewegungen der Ventilkolben beim Einspritzen teilweise nur durch den Schmelzedruck gesteuert werden. Der sich beim Einspritzen aufbauende Schmelzedruck bewegt die Kolben, so dass ein schnelles Ansprechen der Kolben beim Druckaufbau und damit geringe Totzeiten, erreicht werden.

In einem Projekt /8/ mit den Fraunhofer Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik Chemnitz wird derzeit ein mathematisches Modell der Ventile erstellt, um beispielsweise das Schaltverhalten der Kolben zu beschreiben, dessen Auswirkungen auf den Schmelzestrom und damit auf die Qualität der herzustellenden Kunststoff-Formteile berechnen zu können, Bild 4.

Obwohl die Kunststoffschmelzen beim Einspritzen in die Kavität strukturviskose Fließeigenschaften haben, ist auch hier ein Vergleich mit den in der Hydraulik verwendeten Cartridge-Ventilen, die ebenfalls druckabhängig angesteuert werden, sinnvoll und so wurde das Simulationsmodell auch aufgebaut.

Bei großen Durchflussquerschnitten steigen die Betätigungskräfte für die Ventilkolben. Demzufolge gilt es zwischen Druckverlusten bzw. Schmelzschädigungen und kleinen Querschnitten und höheren Betätigungskräften und großen Querschnitten ein Optimum zu finden.