

HANSER

Georg Menges, Walter Michaeli, Paul Mohren

Spritzgießwerkzeuge

Auslegung, Bau, Anwendung

ISBN-10: 3-446-40601-8

ISBN-13: 978-3-446-40601-8

Leseprobe

Weitere Informationen oder Bestellungen unter

<http://www.hanser.de/978-3-446-40601-8>

sowie im Buchhandel

13 Spezielle Werkzeuge zur Steigerung der Wirtschaftlichkeit

Maßnahmen zur Kostenreduktion müssen stets im Blickfeld eines erfolgreichen Spritzgießunternehmens stehen. Die größten Einsparmöglichkeiten verspricht dabei die Steigerung der Leistungsfähigkeit der Produktionseinheit „Maschine – Werkzeug“. Hier wird einerseits nach Lösungen gesucht, die die vorhandene Leistung der Spritzgießmaschine (Spritzvolumen, Zuhaltkraft, Öffnungshub) besser nutzen, und andererseits nach Werkzeugsystemen, die zusätzlich zum Ausformen und Abkühlen der Schmelze weitere Fertigungsschritte übernehmen. Hier sind Werkzeugsysteme erwünscht, die die Fertigung unterschiedlicher Formteile einer Baugruppe in einem Werkzeug, das Mehrkomponentenspritzgießen (*Overmolding*), das Hinterspritzen oder Hinterprägen (z.B. von Dekorfolien) und das Zusammenfügen verschiedenartiger Einzelteile (Inserts, Vorformlingen) (*In Mold Assembly*, IMA) in einem Arbeitsgang ermöglichen. Im Folgenden sollen nun solche „Sonderwerkzeuge“ vorgestellt werden.

13.1 Familienwerkzeuge

Familienwerkzeuge dienen dazu, unterschiedliche Spritzgussteile einer Baugruppe gemeinsam in einem Spritzgießwerkzeug in einem Zyklus herzustellen. Der Einsatz von Familienwerkzeugen verringert somit die Gesamtzahl der benötigten Werkzeuge und ggf. auch der eingesetzten Spritzgießmaschinen. Die Montage und Weiterverarbeitung der hergestellten Spritzgussteile ist im direkten Anschluss an ihre Fertigung möglich. Eine wichtige Voraussetzung für den effizienten Einsatz von Familienwerkzeugen ist, dass ein gleicher Bedarf aller Artikel aus dem Werkzeug vorliegt. In diesem Zusammenhang ist ein Mehrbedarf aufgrund von Prozessstörungen – z.B. bei der Herstellung im Spritzgießprozess selber oder bei der Montage und Weiterverarbeitung – problematisch, da sich dieser nicht bei der Produktion realisieren lässt. Der Einfluss solcher Unregelmäßigkeiten ist im Vorfeld nur schwer abzuschätzen. Dabei ist zu bedenken, dass Änderungen der Mengen eines der Teile aus dem Familienwerkzeug im Nachhinein nur schwer möglich sind. Die Größen der Kavitäten eines Familienwerkzeugs können stark variieren. In jedem Fall benötigt optimaler Weise jedes Formteil der Familie ein individuelles Einspritz- und Nachdruckprofil. Daher muss der Art und Gestaltung wie auch der Auslegung des Angusssystems besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden. Neben Einkomponenten-Familienwerkzeugen existieren heute auch Zweikomponenten-Familienwerkzeuge [13.1, 13.2].

Am häufigsten findet man heute Einkomponenten-Kaltkanalwerkzeuge. Die Balancierung des Angusssystems erfolgt in diesem Fall mechanisch. Je höher der technische Anspruch an das Formteil, genauer gesagt die Formteilmfamilie, desto geringer ist die Anzahl der Kavitäten. Der wesentliche Vorteil dieser Werkzeuge liegt in dem günstigen Werkzeugpreis. Diesem stehen vor allem die limitierten Möglichkeiten hinsichtlich der Wahl der Angussart und -lage

gegenüber. Diese an sich bewährte Technik stößt bei größeren Kavitätenzahlen sowie größeren Werkzeugen an Grenzen.

Dagegen ermöglichen Familienwerkzeuge mit Heißkanal und einer offenen Düse eine hohe Gestaltungsfreiheit bei der Wahl der Angussart und -lage sowie der Anordnung der Kavitäten. Der Anspritzpunkt lässt sich hinsichtlich des Füllverhaltens optimal platzieren. Des Weiteren sind im Gegenteil zu Kaltkanalwerkzeugen hohe Kavitätenzahlen realisierbar. Dieses Werkzeugsystem ist in seiner Verwendung durch die Unterschiede in der Größe der in einem Werkzeug zu integrierenden Formteile limitiert.

Heißkanalwerkzeuge mit Nadelverschlussystem mit Kaskadensteuerung ermöglichen die Herstellung von Formteilmfamilien deren Einzelteile große Unterschiede im Gewicht oder Fliessweg/Wanddickenverhältnis aufweisen. Dabei wird in der Regel mit der Füllung des größten Artikels begonnen. Bei der „Zuschaltung“ der Düsen der kleineren Artikel kann es allerdings zu kurzzeitigen Schmelzestagnationen oder Druckspitzen kommen. Moderne Heißkanalsysteme bieten die Möglichkeit, den Füllvorgang über ein so genanntes Schmelzventil zu regeln. Dazu wird der Schmelzedruck im Heißkanalverteiler vor jedem Ventil gemessen und der Volumenstrom durch die Stellung des Ventils geregelt, sodass sich der Verlauf des Werkzeuginnendrucks in gewissen Grenzen für jede Kavität des Familienwerkzeugs einstellen lässt [13.3, 13.4, 13.5].

13.2 Etagenwerkzeuge

Etagenwerkzeuge sind eine spezielle Bauform von Mehrkavitätenwerkzeugen. Die Formnester, die gleichzeitig gefüllt werden, befinden sich hier in zwei oder mehr hintereinander liegenden Trennebenen (Bild 13.1). Die Etagentechnik ist seit Ende der 70er Jahre des vergangenen Jahrhunderts bekannt [13.1, 13.2] und wird vorteilhaft bei der Herstellung flacher, dünnwandiger Formteile z.B. bei der Produktion von Verpackungen, Schraubverschlüssen etc. [13.3, 13.4] eingesetzt, bei deren Fertigung die erforderliche Größe der Spritzgießmaschine durch die Werkzeug – Zuhaltekraft bestimmt wird, während das Spritzvolumen und der Öffnungshub der Maschine nur teilweise ausgenutzt werden. Setzt man nun Werkzeuge in Etagenbauweise ein, so verdoppelt man, z.B. bei einem klassischen Zwei – Etagenwerkzeug, die Anzahl der Formnester und damit auch das benötigte Spritzvolumen und den Öffnungshub, was bei gleicher Maschinengröße zu einer beträchtlichen Steigerung der Produktivität führt.

Durch moderne Heißkanaltechnik ist es heute möglich, über die Regelung der einzelnen Heißkanaldüsen, hohe Kavitätenzahlen wie 48+48-fach oder 64+64-fach zu realisieren. Eine 100%ige Steigerung der Produktion, wie sie die Verdoppelung der Formnester erwarten lässt, wird allerdings wegen der größeren Öffnungs- und Schließwege und der damit verbundenen längeren Nebenzeiten nicht erreicht. Die Produktionssteigerung liegt bei ca. 80 % [13.7]. Die Schließkraft sollte ca. 15 % höher als bei einem Werkzeug mit einer Etage sein [13.7]. Eine weitere Steigerung der Produktivität durch Werkzeuge mit weiteren Etagen ist durchaus denkbar und wird auch erfolgreich angewendet (Bild 13.2).

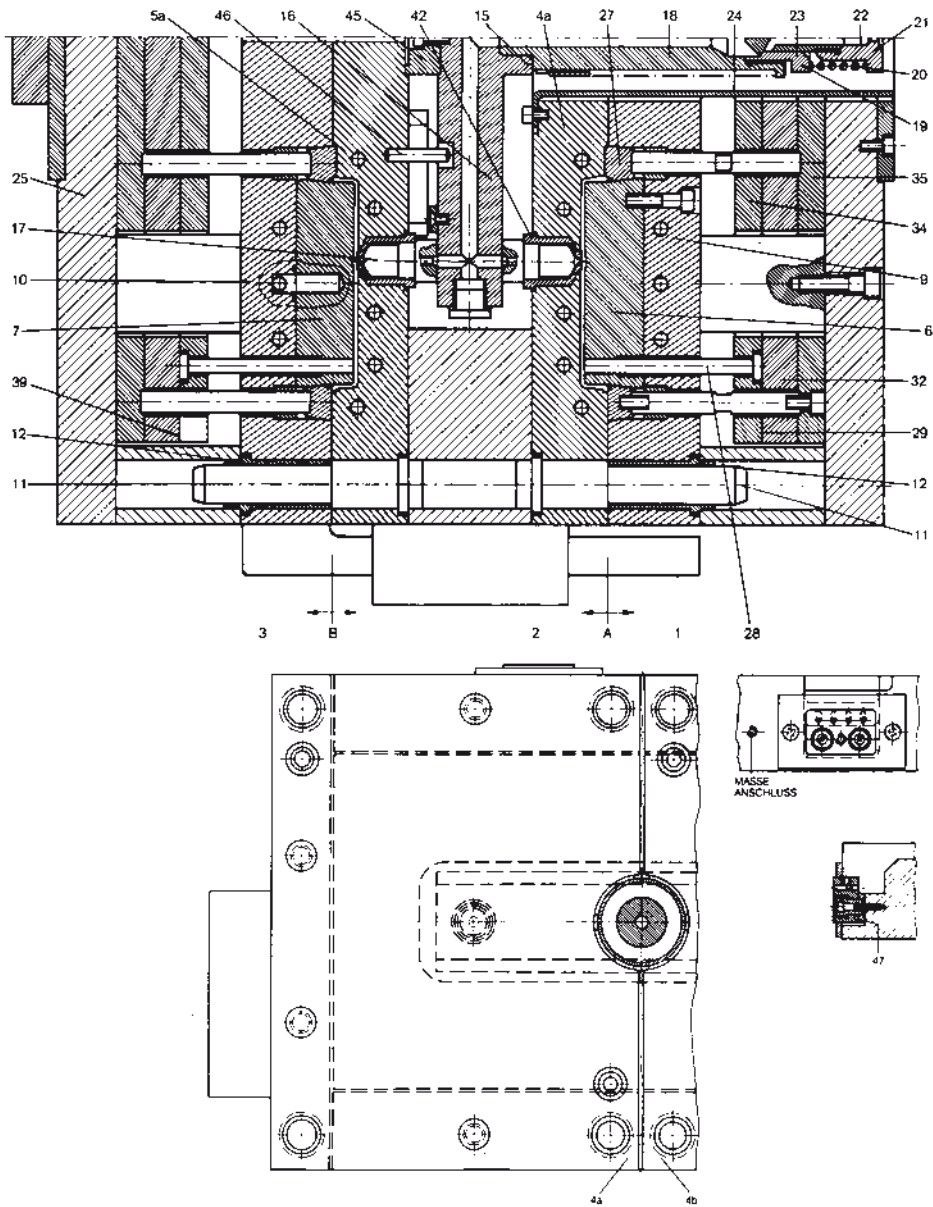


Bild 13.1: Mehretagenwerkzeug mit Heißkanalverteiler [13.6]

A,B Trennebenen; 1-3 Führung der Mittelplatte; 4a-4b und 5a Formplatten; 7-8 Kerne; 9-10 Formplatten; 11 Führung der Formplatten; 12 Führungsbüchse; 15 Heizung für Angussstange; 16 Heißkanalverteiler; 17 Anguss zum Formteil; 18 Formplatte wie 9; 19-23 Zentraler Anguss zur Maschine als Tauchdüse; 24 Angussstange; 27 Abstreiferring; 29-35 Auswerfersystem; 42 Heißkanalangussdüse; 45-46 Zentrierzapfen

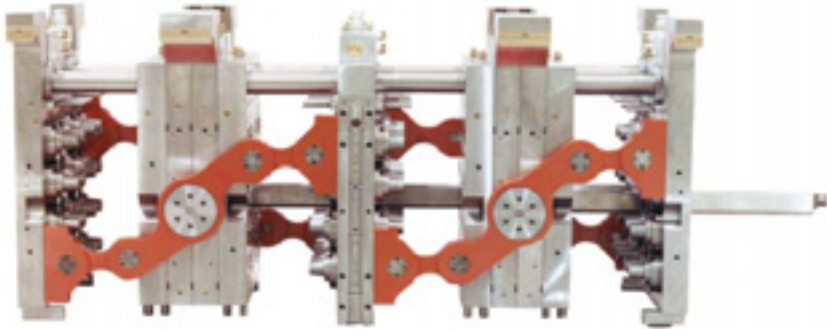


Bild 13.2: Vieretagenwerkzeug [Quelle: Firma Husky, Ontario, Kanada]

Typischer Weise findet man heute vorwiegend Zwei-Etagenwerkzeuge im Einsatz. Diese bestehen aus drei Hauptteilen: Einem düsen- und einem schließseitigen Werkzeugteil sowie aus einem Mittelstück. Das Mittelstück trägt das Anguss- und Verteilersystem (Bild 13.3). Der schließseitige Werkzeugteil und das Mittelstück werden beim Entformungsvorgang in Schließrichtung bewegt. Das Angussrohr kann sich dabei von der Düse abheben. Da sich an

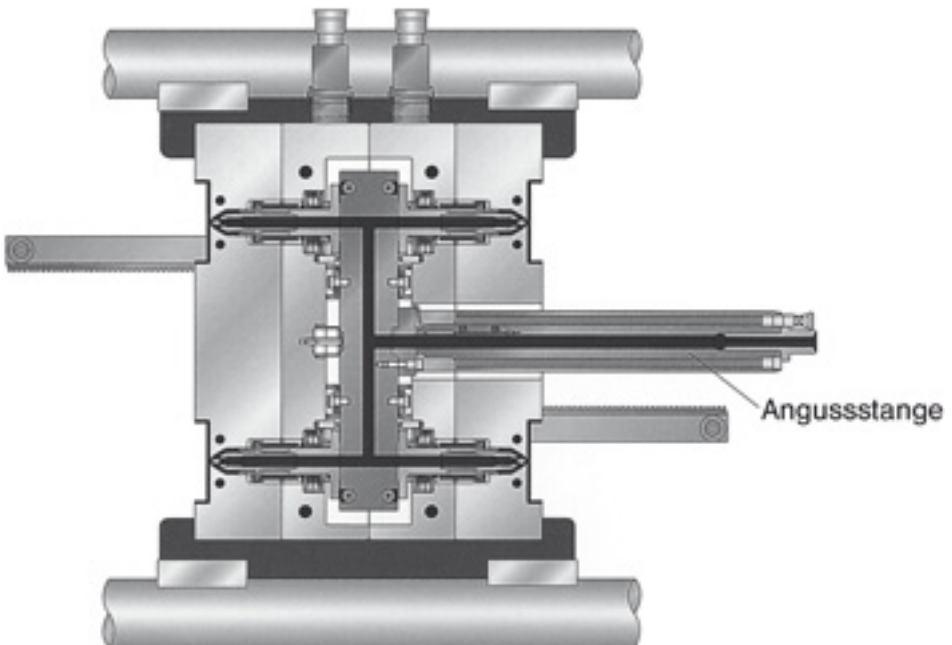


Bild 13.3: Etagenwerkzeugsystem[13.8]

Heißkanalsystem für Etagenwerkzeuge. Die Angussstange ist normalerweise auf Höhe der Werkzeugmitte montiert und leitet die Schmelze zur Mitte des Heißkanalverteilers. Von dort aus wird die Schmelze gleichmäßig zu allen Kavitäten beider Werkzeugeiten verteilt.

den Düsen und am Angussrohr Massereste (Leckmaterial) befinden können, muss das Angussrohr so lang sein, dass es auch bei geöffnetem Werkzeug über den düsenseitigen Werkzeugteil hinausragt. Ist dies nicht der Fall, so können Massereste in die düsenseitige Führungsbohrung gelangen, sich dort festsetzen und zu Produktionsstörungen führen [13.9, 13.10]. Deswegen arbeiten heute viele Etagenwerkzeuge mit Teleskoprohren und dauernd anliegender Düse. Von Husky [13.11] wurde zudem eine so genannte Anti-Tropf-Düse entwickelt, bei der beim Öffnen des Werkzeugs der Restdruck der Schmelze im Verteiler die Anti-Tropf-Düse in ihre hintere Stellung zwingt (Bild 13.4).

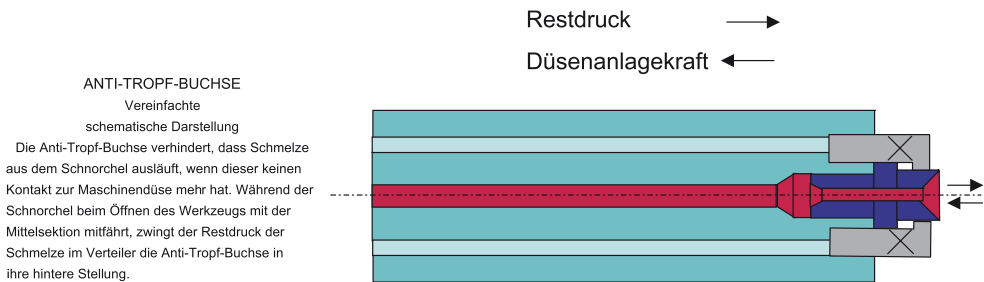


Bild 13.4: Anti-Tropf-Düse [13.11]

Während der schließseitige Werkzeugteil fest auf die Aufspannplatte montiert ist und dadurch zwangsläufig geführt wird und die Öffnungsbewegung mitmacht, sind zur Lagerung und Führung sowie zur Steuerung der Öffnungsbewegung des Mittelstücks Führungs- und Bewegungselemente erforderlich. Bei den oft sowieso großen, die ganze Aufspannfläche überdeckenden Werkzeugen können die Mittelplatten auch in den Holmen der Maschine hängen, oder sie werden auf den unteren Holmen mittels H-förmigen Gleitschuhen abgestützt. Die oberen Holmen dienen dann zur Führung des Mittelstückes [13.9, 13.10] (vgl. Bild 13.3).

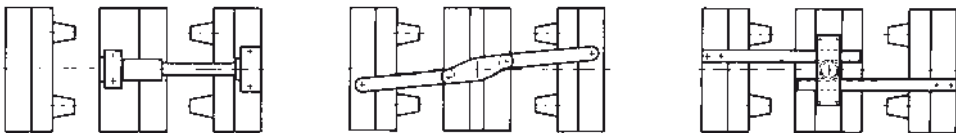


Bild 13.5: Mögliche Antriebsarten des Werkzeugmittelsegmentes bei Etagenwerkzeugen [13.12]

Die Bewegungen werden vorzugsweise durch Gelenkhebel oder Zahnstangen bewirkt (vgl. Bild 13.5 (Bild Mitte und Bild rechts) und 13.6). Früher waren auch Systeme im Gebrauch, die sich für das Abfahren des Mittelstücks von der Düsenseite eines speziellen Hydraulikzylinders (Bild 13.5 links) bedienen. Bei der Gelenkhebel- und Zahnstangensteuerung öffnen sich die beiden Trennflächen mit Beginn der Öffnungsbewegung ruhig und synchron. Bei der Gelenkhebelsteuerung hat man dazu noch die Möglichkeit, die Öffnungswege in kleinen Bereichen unterschiedlich lang zu machen. Man kann dadurch sogar in den einzelnen Etagen Spritzlinge unterschiedlicher Höhe ausformen. Die Öffnungsweg-Kurven können nach Art der Anlenkung und Geometrie der Hebel in weiten Grenzen eingestellt werden. Gleichzeitig werden mit der Gelenkhebelsteuerung auch die Auswerferplatten betätigt (Bild 13.6). Verschiedene Bauarten der Gelenkhebelsteuerung sind ebenfalls in Bild 13.6 dargestellt. Etwas weniger starr ist die Zahnstangensteuerung in Bild 13.7, die dank der Federn in den Kurbelzugstangen für die Auswerferplatten einen sanften Anlauf und Aufbau der Losbrechkräfte erlauben. Die Bilder 13.8 und 13.9 zeigen das Mittelsegment eines Etagenwerkzeugs bzw. ein 24+24-fach Becherwerkzeug mit Zahnstangengetriebe.

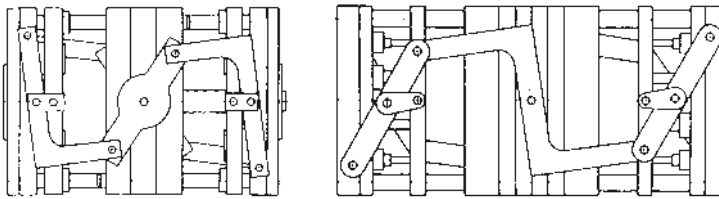


Bild 13.6: Bewegung des Werkzeugmittelsegments und der Auswerfer mit Hilfe von Gelenkhebel [13.12]

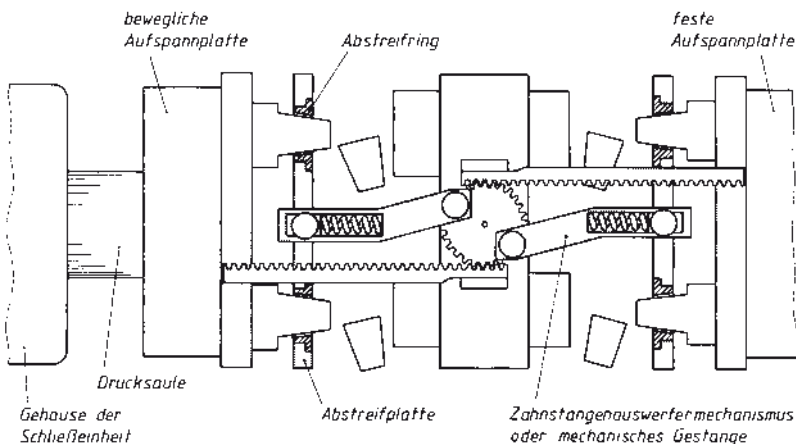


Bild 13.7: Zahnstangengetriebe zur Bewegung des Mittelsegments und der Auswerfer bei Etagenwerkzeugen [13.12]

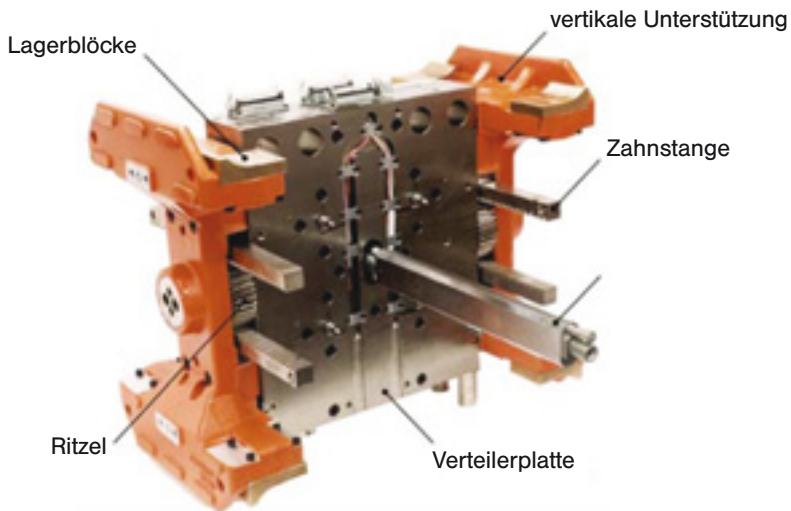


Bild 13.8: Mittelsegment eines Spritzgießwerkzeugs mit Zahnstangenauswerfergetriebe [13.12]
Quelle: HUSKY, Ontario, Kanada

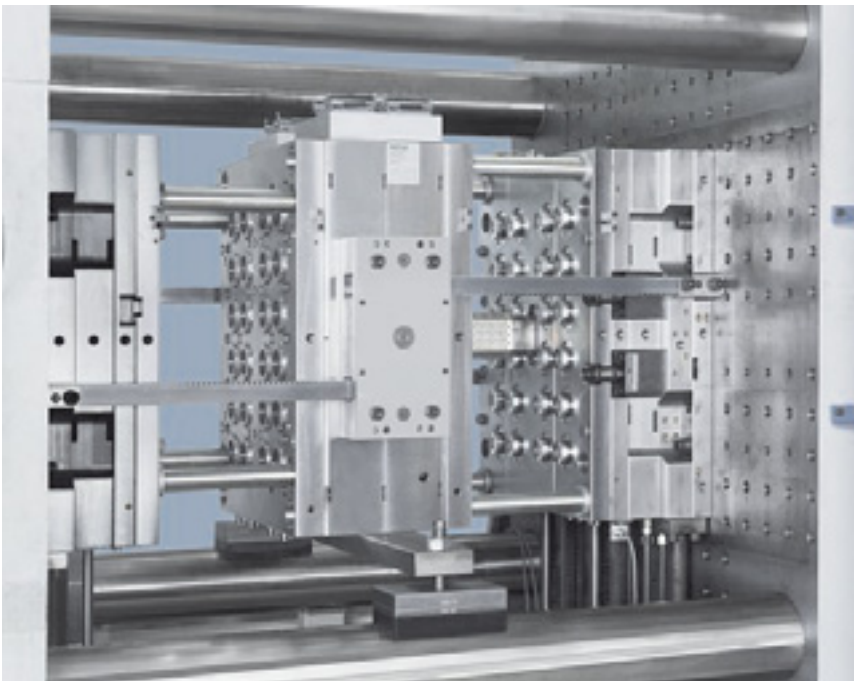


Bild 13.9: 24+24-fach Becherwerkzeug mit Zahnstangenantrieb [13.13]
(Quelle: Fostag Formenbau AG, CH-8260 Stein am Rhein)

13.2.1 Etagenwendetechnik – Würfeltechnik

Die Etagenwendetechnik bietet neben den Möglichkeiten der klassischen Etagentechnik, auch die Herstellung von Mehrkomponentenformteilen und zusätzlich die Durchführung von weiteren Operationen, wie das Bestücken der Werkzeuge mit Einlegeteilen, Vorformlingen, Inserts, Dekorfolien etc. oder die Durchführung notwendiger Montagearbeiten [13.14]. Das Mittelsegment dieser „besonderen Etagenwerkzeuge“ ist um seine vertikale Achse drehbar. Die Etagenwendetechnik kombiniert so Etagen- und Würfeltechnik (siehe auch Abschnitt 14.1.1) miteinander. Das drehbare Mittelsegment, die Wendeeinheit, besteht aus zwei Teilen. Der untere Teil ist über ein Rollensystem auf dem Maschinenbett gelagert und stützt sich an den Holmen der Spritzgießmaschine ab. Er übernimmt den Transport der Wendeeinheit und sorgt für deren exakte Positionierung beim Öffnen des Werkzeugs. Zusätzlich nimmt er den Antrieb für die Drehbewegung des oberen Teils der Wendeeinheit auf. Der Antrieb kann dabei sowohl hydraulisch wie auch vollelektrisch ausgeführt sein. Geführt und gelagert wird der obere Teil der Wendeeinheit zwischen den Holmen der Spritzgießmaschine [13.14]. Je nach System und Aufgabenbereich dreht sich der obere Teil der Wendeeinheit in Schritten von 90° oder 180° . So können in den jeweils freien Positionen zusätzliche Aufgaben, wie z. B. das Einlegen von Zusatzkomponenten durchgeführt werden [13.14, 13.15, 13.16]. Den prinzipiellen Aufbau einer Etagenwendetechnik – Werkzeug zeigt Bild 13.10.

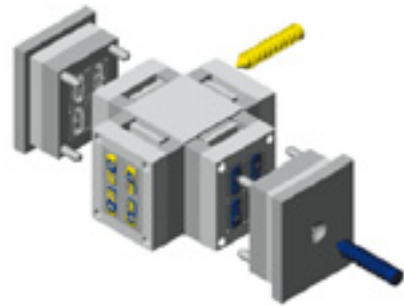


Bild 13.10: Prinzipieller Aufbau eines Werkzeugs für die Etagenwend- oder Würfeltechnik [13.14]

Das Bild 13.11 zeigt ein Werkzeug zur Herstellung von Lüftungselementen für die Automobiltechnik. Bei der Fertigung werden in der ersten Trennebene zunächst Vorformlinge gefertigt, die beim Öffnen des Werkzeuges auf der Seite des beweglichen Mittelsegments verbleiben und durch eine 180° -Drehung in den Bereich der zweiten Trennebene geschwenkt werden. Nach erneutem Schließen des Werkzeugs wird dort dann die zweite Komponente eingespritzt und so das fertige Formteil hergestellt.

Bei veränderter Arbeitsweise mit einer Drehung des Mittelsegments in Schritten von 4 mal 90° können dem Werkzeug in den jeweils freien 90° Positionen Einlegeteile zugeführt oder auch notwendige Montagearbeiten durchgeführt werden. Durch diese integrierten Fertigungsschritte (*In Mold Assembly*) kann eine deutliche Produktionssteigerung erzielt werden.

Eine Weiterentwicklung der Etagenwende- oder Würfeltechnik zeigt Bild 13.12. Es handelt sich hierbei um ein Doppelwürfel – Werkzeug mit drei Trennebenen in denen simultan Arbeitsvorgänge stattfinden [13.16].

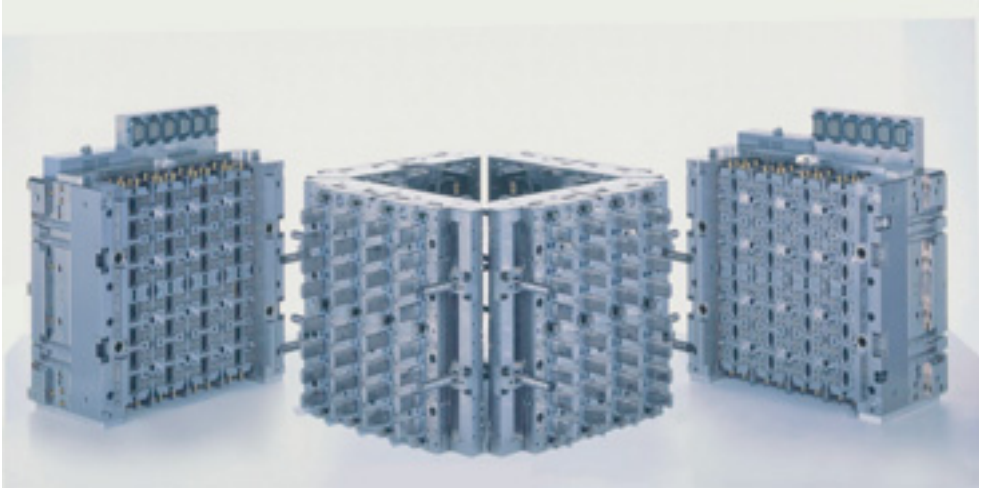


Bild 13.11: 32-fach Werkzeug für die Herstellung von Lüftungselementen für die Automobilindustrie [13.16]

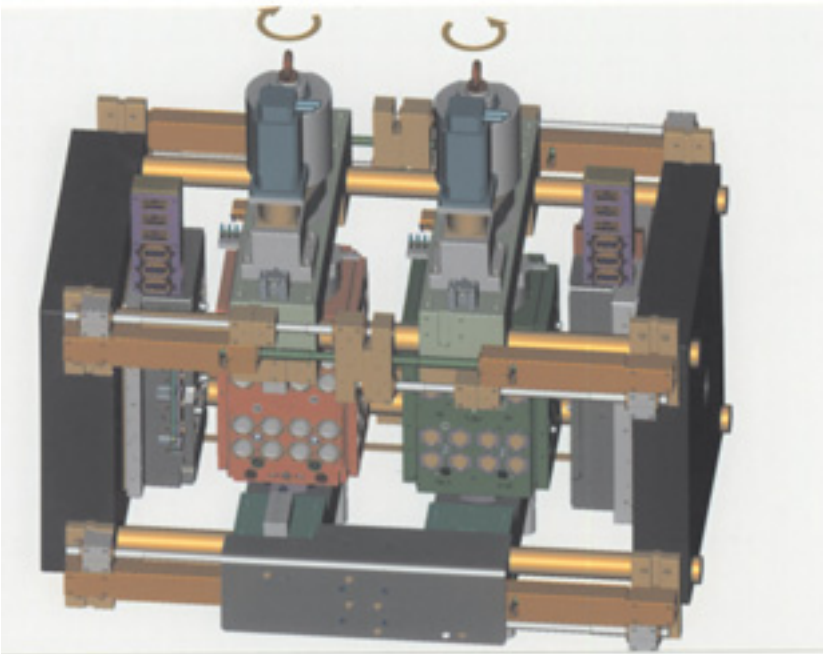


Bild 13.12: Schematische Darstellung eines Doppelwürfel-Werkzeugs [13.16]

13.3 Tandemwerkzeuge

Tandemwerkzeuge sind „alternierend öffnende Etagenwerkzeuge“. Sie sind durch zwei hintereinander angeordnete Trennebenen, deren Kavitäten im zyklischen Betrieb abwechselnd befüllt und entformt werden; d.h. während der Kühlzeit der einen Trennebene wird die zweite Ebene entformt und befüllt. Der Vorteil dieser alternierenden Arbeitsweise ist die insgesamt höhere Auslastung der Spritzgießmaschine, insbesondere bei langen Kühlzeiten. Bei Standardwerkzeugen wartet in diesem Fall die Maschine bis das gerade hergestellte Spritzgussteil dimensionsstabil ist. Tandemwerkzeuge bieten die Möglichkeit, diese Zeit zum Öffnen, Entformen, Schließen und Einspritzen in eine zweite Ebene zu nutzen. Die Herstellungskosten eines Spritzgussteils lassen sich so um 25 % bis 40 % verringern [13.14; 13.17].

Die Arbeitsweise eines Tandemwerkzeugs mit einem Kaltkanal zeigt Bild 13.13. Während der Einspritz- und Nachdruckphase des Spritzgussteils in Trennebene „1“ ist diese Werkzeughälfte geschlossen und wird mit voller Schließkraft gehalten. In der folgenden Restkühlzeit – nach Ende der Nachdruckphase – sinkt der Werkzeuginnendruck immer weiter ab. Daraus ergibt sich die Möglichkeit, die Schließkraft der Maschine abzubauen und Trennebene „2“ zu öffnen während Trennebene „1“ weiter geschlossen bleibt. Die benötigte Schließkraft wird über ein spezielles Verriegelungssystem aufgebracht. Das Spritzgussteil aus Trennebene „2“ wird ausgeworfen, das Werkzeug geschlossen und in Kavität „2“ eingespritzt. Wenn die Restkühlzeit des Spritzgussteils in Kavität „1“ abgelaufen, ist öffnet das Werkzeug, und das Formteil wird ausgeworfen. Dieser Vorgang wird zyklisch fortgesetzt.

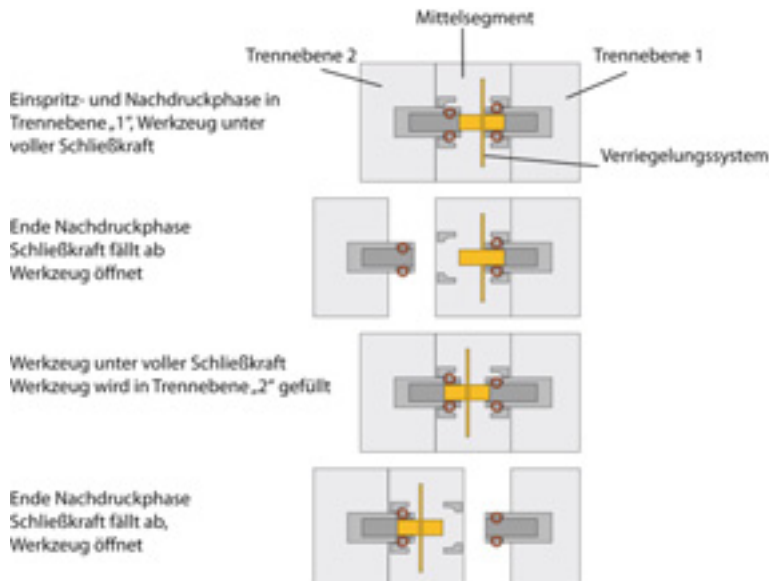


Bild 13.13: Arbeitsweise eines Tandemwerkzeugs [in Anlehnung an 13.18]

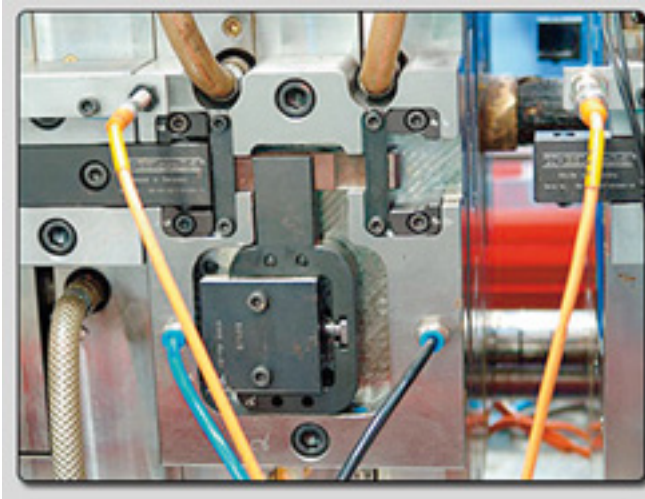


Bild 13.14: Teilansicht eines Tandemwerkzeugs; Düsenseite geöffnet [13.18]

Schmelzeführung

Bei den Tandemwerkzeugen kann die Schmelze auf zwei Arten zu den einzelnen Kavitäten geführt werden, und zwar über

- Kaltkanäle oder
- Heißkanäle.

Die einfachste und preisgünstigste Lösungsmöglichkeit bietet der Kaltkanal. In dem Ablaufschema (Bild 13.15) wird ein dreiteiliger Kaltkanal vorgestellt. Er führt die Schmelze über eine Angussstange, die als „Luftauswerfer-Düse“ ausgebildet ist und mit jedem Zyklus entformt wird, zunächst auf einen Verteilerkanal mit einem als doppelten Schirmanschnitt ausgebildeten Mittelstück. Hierüber gelangt die Schmelze einerseits zu den düsenseitigen Kavitäten und wird andererseits weitergeleitet auf den Angussverteiler, über den die schließseitigen Kavitäten mit Schmelze gefüllt werden. Dieser Schirmanschnitt muss so dimensioniert werden, dass sowohl beim Betätigen der „Luftauswerfer-Düse“ als auch beim Öffnen des Werkzeugs auf der Schließseite der vordere (Angussstange des Luftauswerfers) und der hintere Teil (Angussystem für die schließseitigen Formteile) vom doppelten Schirmanschnitt abgetrennt werden. Dadurch wird ein Loch in den Schirm gerissen, durch das Schmelze zum Befüllen der schließseitigen Kavitäten strömen kann. Bild 13.16 zeigt die einzelnen Angussteile bis auf die Angussstange des Luftauswerfers.

Mit einem Heißkanalanguss ausgerüstete Tandemwerkzeuge sind vom Aufbau her vergleichbar mit Etagenwerkzeugen, bei denen die Kavitäten über einen Heißkanalverteiler mit Schmelze befüllt werden. Auch hier ist darauf zu achten, dass beim Öffnen der düsenseitigen Werkzeughälfte und dem damit verbundenen Abheben des Angussrohres, kein Leckagematerial aus dem Angussrohr austreten kann (siehe Abschnitt 13.2).

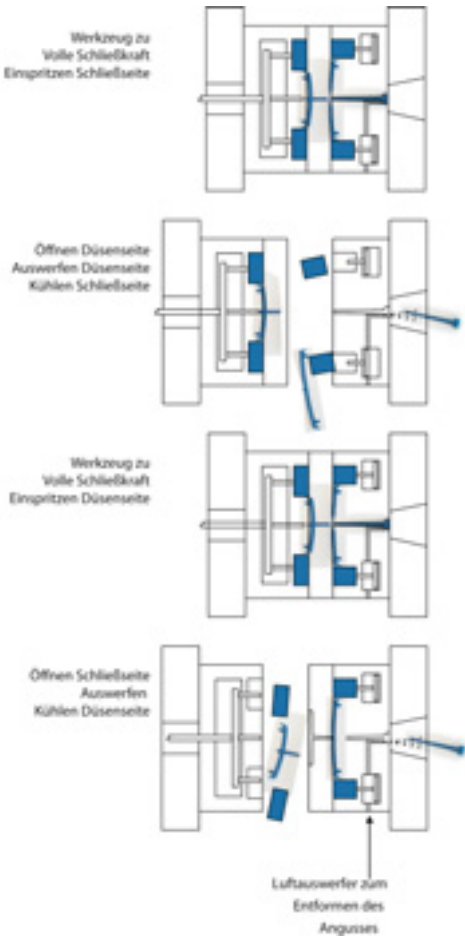


Bild 13.15: Prinzipdarstellung der Arbeitsweise eines Tandemwerkzeugs mit einem Kaltkanalanguss [in Anlehnung an13.18, 13.19]



Bild 13.16: Teile eines Kaltkanalangusses für Tandemwerkzeuge [13.18, 13.19]

Abhilfe schafft hier die in Bild 13.17 vorgestellte Werkzeugkonstruktion. Das Werkzeug ist mit einem Doppelheizkanal ausgerüstet, der aus einem „Übergabeheizkanal“ im Werkzeugmittelsegment und einer Nadelverschlussdüse im düsenseitigen Werkzeugaufbau besteht. Nachdem die düsenseitigen Kavitäten mit Schmelze gefüllt sind, wird die Nadel der Verschlussdüse so weit vorgefahren, dass sie bis zur vorderen Spitze des Übergabeheizkanals im Werkzeugmittelsegment reicht. Dadurch wird gleichzeitig ein Loch in das düsenseitige Formteil ausgeformt. Durch dieses Loch wird dann zum erneuten Befüllen der hinteren Kavität Schmelze geleitet, wodurch das Loch gleichzeitig verschlossen wird. Am fertigen Bauteil ist der „Verschluss“ des Loches später kaum noch nachzuweisen [13.17, 13.19].

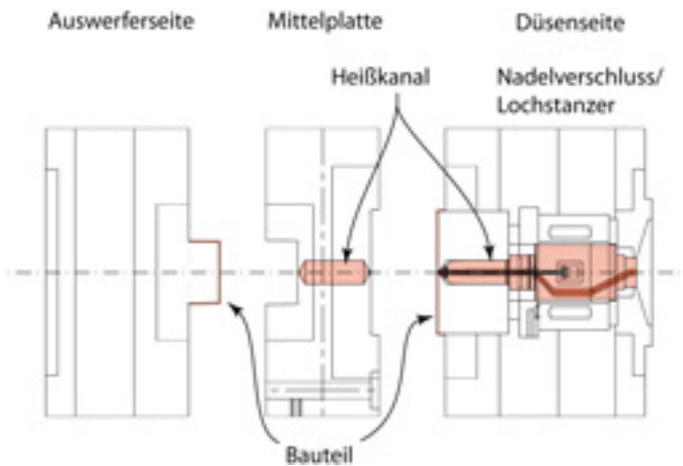


Bild 13.17: Tandemwerkzeug mit Doppelheizkanal [13.18, 13.20]

13.3.1 Tandemwendetechnik

Die Tandemwendetechnik wurde entwickelt um 2K – Spritzgussteile (Overmolding) kostengünstig zu fertigen. Im Gegensatz zur Etagenwendetechnik erfolgt hier kein Austausch der Vorspritzlinge zwischen den Trennebenen „1“ und „2“. Beim alternierenden Öffnen der Trennebenen werden die düsen- und schließseitig integrierten Drehteller (siehe auch Abschnitt 14.1.1.1) mit horizontaler Drehachse jeweils in die zum Einbringen der unterschiedlichen Komponenten richtige Position gebracht. Bild 13.18 zeigt ein gemäß der Tandemwendetechnik arbeitendes Spritzgießwerkzeug zur Herstellung eines zweifarbigem Chips (auf der Düsen- und schließseitig integrierten Drehteller) Bild 13.19 [13.17, 13.21]. Da die Chipaufnahme einen Hinterschnitt aufweist, wurde schließseitig zusätzlich ein hydraulischer Kernzug integriert.

Zur Füllung der Kavitäten wird die Schmelze des horizontalen, in der Mittelachse der Spritzgießmaschine liegende Spritzaggregates mit einem Heißkanal durch die als Hohlwelle aus-

geführte Drehachse des düsenseitigen Drehtellers (Drehteller „1“) auf einen Kaltkanal – Unterverteiler befördert und von dort in die Kavitäten geführt. Die zweite Farbe wird über einen in das Mittelsegment des Werkzeugs eingebrachten Heißkanal eingespritzt. Zum Öffnen des Werkzeugs in der Trennebene „1“ muss das Mittelsegment des Werkzeugs verfahren werden. Dazu muss dann das zweite Spritzaggregat vom Werkzeug abheben.

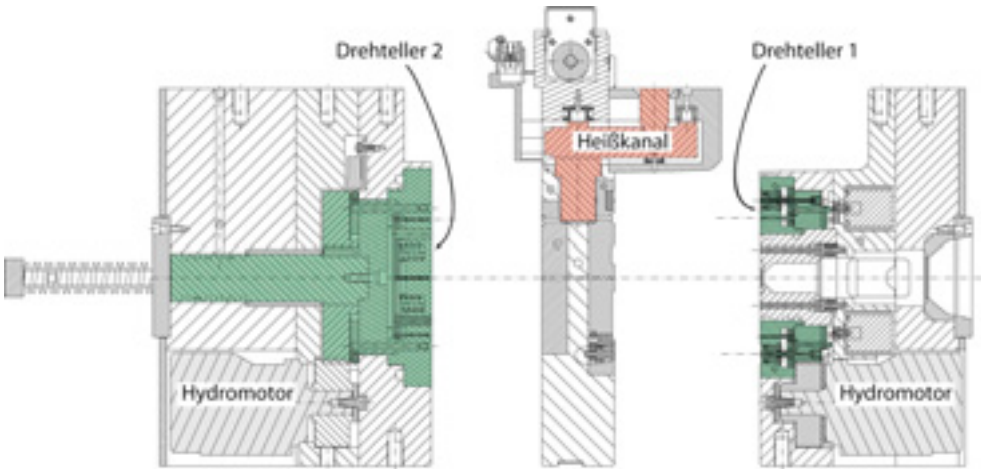


Bild 13.18: Overmolding Tandemwerkzeug mit 2 integrierten Drehtellern [13.17, 13.21]

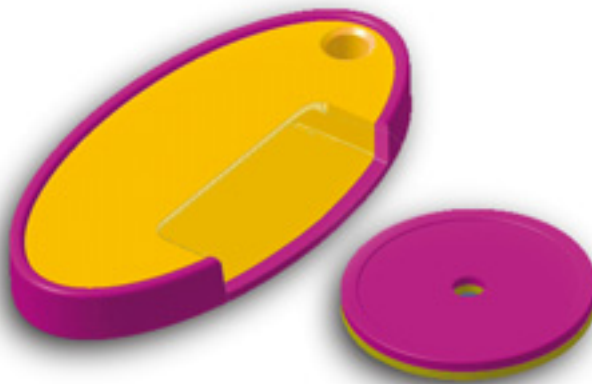


Bild 13.19: Einkaufswagenchip mit Chipaufnahme [13.17, 13.21]
hergestellt mit Werkzeug nach Bild 13.18

13.4 Injection Transfer Molding-Werkzeuge (ITM)

Mehrkavitäten-Werkzeuge für den Spritzgießprozess sind heute Stand der Technik. Neben vor allem wirtschaftlichen Vorteilen, die in der maximalen Maschinenausnutzung begründet liegen, da in einem Zyklus eine Vielzahl an Bauteilen hergestellt werden können, existieren jedoch auch Nachteile. Hierzu gehört beispielsweise die Notwendigkeit einer ausreichenden Balancierung der Verteilerkanäle, damit alle Kavitäten unter identischen Bedingungen gefüllt werden. Zudem wird gefordert, dass die Fließwege zu allen Kavitäten möglichst kurz sind, was nur bedingt realisierbar ist. Eine Lösung des Problems der Balancierung bei gleichzeitig kurzen Fließwegen der Schmelze bietet das Injection Transfer Molding-Verfahren (ITM). Das Verfahren ist ursprünglich in der Kautschukverarbeitung aus der Übertragung des Transfer Molding Prozesses auf eine Spritzgießmaschine entstanden. Es bietet verschiedene Vorteile bei der Herstellung kleiner, qualitativ hochwertiger Formteile in großen Stückzahlen. Heute wird dieses Verfahren sowohl bei Elastomeren als auch Thermoplasten eingesetzt [13.22, 13.23].

13.4.1 Werkzeuge für das ITM-Verfahren in der Elastomerverarbeitung

Im Transfer Molding-Verfahren wird ein Kautschukfell in die so genannte Transferkammer des Werkzeugs eingelegt und über einen Werkzeughub in die Kavitäten transferiert. Als ein Nachteil des Transfer Moldings ist u. a. die schwankende Zuschnittsmenge des Fells von Zyklus zu Zyklus zu nennen [13.24]. Die logische Weiterentwicklung des Transfer Molding-Verfahrens sieht daher eine automatische Zuführung der Formmasse z. B. über eine Kolbenspritzeinheit oder eine Schneckenspritzeinheit in die Transferkammer vor. Wird dieses Prinzip nun auf eine Spritzgießmaschine übertragen, so spricht man vom Injection Transfer Molding-Verfahren (ITM). Dieses Verfahren wurde für die Elastomerverarbeitung durch Arbeiten aus dem Hause Uniroyal in den sechziger und siebziger Jahren entwickelt [13.25, 13.26]. Mit der Zeit wurden diverse Erweiterungen seitens der Werkzeugtechnik als auch der Verfahrenstechnik veröffentlicht und zum Patent angemeldet [13.27 – 13.29]. Einen Überblick über die Entwicklung des Injection Transfer Molding-Verfahrens inklusive der dazugehörigen Werkzeugtechnik findet sich in [13.23].

Der prinzipielle Prozessablauf beim ITM-Verfahren lässt sich in sechs Phasen zusammenfassen, die in Bild 13.20 dargestellt sind. In der ersten Phase werden die Werkzeuggtrennebenen geschlossen (Phase 1). Durch weiteres Zusammenfahren der Werkzeugaufspannhälften wird die Formmasse aus dem Transfertopf in die Kavitäten des geschlossenen Werkzeugs transferiert (Phase 2). Dem schließt sich bei der Elastomerverarbeitung eine Heizphase (Phase 3) an. Im Anschluss an die Heizphase wird der Transfertopf durch eine Auffahrbewegung des Werkzeugs geöffnet und der Transfertopf wird gefüllt (Phase 4). Mitunter findet sich auch die Variante, dass der Transfertopf unmittelbar vor der Transferphase gefüllt wird [13.23], was jedoch für den prinzipiellen Verfahrensablauf eher zweitrangig ist. Im letzten Schritt öffnen sich die Werkzeuggtrennebenen und Formteile sowie Angüsse werden ausgeworfen (Phase 5 und Phase 6). Mit einer darauf folgenden Schließbewegung werden die Formteiltrennebenen geschlossen, was den Beginn eines neuen Zyklus bedeutet. Auch wenn die Befüllung der Kavitäten über eine Werkzeugbewegung realisiert wird, ist das ITM-Verfahren

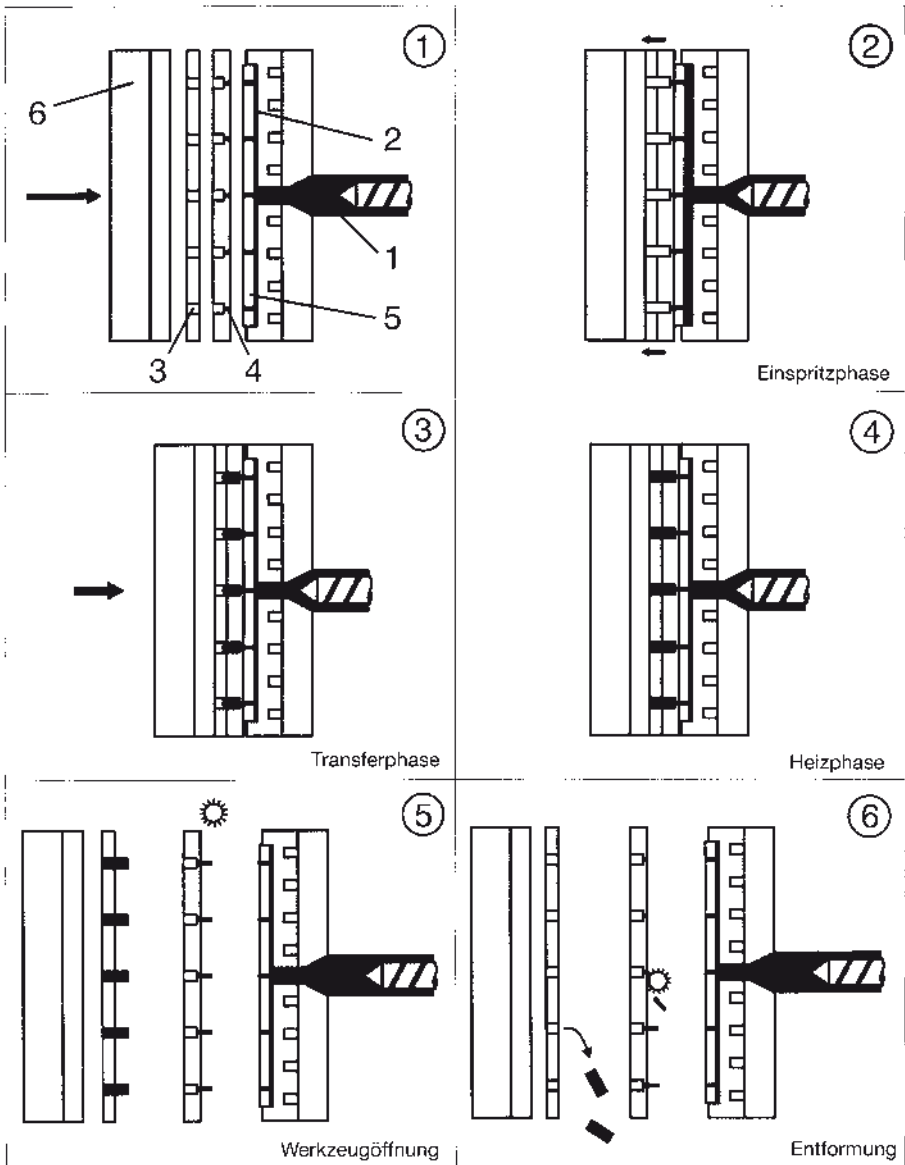


Bild 13.20: Schematische Darstellung des Prozessablaufs beim ITM-Verfahren [13.41]

- 1 Schneckenraum mit Schmelze gefüllt
- 2 gekühlte Transferkammer
- 3 Formnester
- 4 Angusskanäle
- 5 Isolierplatte
- 6 Heizplatte

deutlich von dem Spritzpräge-Verfahren (siehe Abschnitt 14.5) abzugrenzen, da beim Spritzprägen die Schmelze in ein teilgeöffnetes Werkzeug eingespritzt wird und somit direkt in die Kavität gelangt.

Werkzeuge für das ITM-Verfahren haben die gleiche Konstruktionsgrundlage wie solche für das Transfer Molding-Verfahren. Der Unterschied liegt in der Befüllung des Transfertopfes. Hier weisen ITM-Werkzeuge einen Angusskanal auf, so dass der Transfertopf zur Befüllung nicht vollständig geöffnet werden muss. Beim ITM-Verfahren für die Elastomerverarbeitung wird zudem zwischen einem Werkzeug mit beheiztem oder mit gekühltem Transfertopf unterschieden [13.23, 13.30 – 13.32]. Bei der Verfahrensvariante mit beheiztem Transfertopf muss die Formmasse im Transfertopf nach einigen Zyklen vollständig entfernt werden, da infolge erhöhter Temperatur die Vernetzungsreaktionen vorangeschritten sind. Bei der Werkzeugvariante mit gekühltem Transfertopf bleibt die Temperatur der Formmasse im Transfertopf unterhalb der Vernetzungstemperatur, obwohl die heiße Werkzeugeite stets mit der kalten Werkzeugeite verbunden ist. Dadurch muss das Fell nicht ausgetauscht werden und kann für den nächsten Zyklus im Werkzeug verbleiben. Der hohe zu leistende Anspruch an den Formenbau wird deutlich, wenn man sich die Temperaturen zwischen den beiden Formhälften von einerseits 70–90 °C und andererseits 180–200 °C und der damit verbundenen unterschiedlichen Wärmeausdehnung vor Augen hält [13.33].

Bedingt durch den Verfahrensablauf als auch durch den Werkzeugaufbau ergeben sich die folgenden Vorteile des ITM-Verfahrens gegenüber dem Spritzgießprozess mit Verteilerkanälen [13.24, 13.30, 13.31, 13.34, 13.35]. Für viele Gummiformartikel lassen sich beim Injection Transfer Molding im Vergleich zum reinen Spritzgießen wesentlich mehr Nester auf der Werkzeugplatte unterbringen. Infolge der Werkzeugkonstruktion ergeben sich gleich lange Fließwege von dem Transfertopf in die Kavitäten. Dies führt, eine ideale Topfbefüllung vorausgesetzt, zu einer gleichmäßigen Füllung aller Formnester und somit zu reproduzierbarer Formteilqualität ohne eine Balancierung. Weiterhin ermöglichen die kurzen Fließwege und die relativ niedrigen Einspritzgeschwindigkeiten eine Verarbeitung von scherempfindlichen Materialien. Im Gegensatz zu konventionellen Verteilerkanälen, die meist nur für eine Artikelgeometrie ausgelegt sind, ermöglicht das ITM-Werkzeugkonzept den Transfertopf für unterschiedliche Artikel zu nutzen, was somit die Flexibilität der Anwendungsmöglichkeiten erhöht.

Bild 13.21 zeigt ein ITM- Werkzeug, das mit einem trennbaren Kaltkanal und einem speziell entwickelten Dichtungssystem ausgerüstet ist. Das Werkzeug wird erfolgreich und prozesssicher bei Spritzdrücken von über 2000 bar eingesetzt.

Weitere Vorteile dieser Werkzeugkonstruktion ergeben sich aus der Anordnung mehrerer getrennter Temperierkreisläufe in Verteilerblock und Düse, die es erlauben die Temperatur der Formmasse nahe der Vulkanisationstemperatur zu halten und dadurch die Heiz- bzw. die Vulkanisationszeit auf ein Minimum zu reduzieren. Die besondere Gestaltung der Dichtflächen in der Trennebene (siehe Bild 13.21) erleichtert zum einen die Entlüftung der einzelnen Kavitäten und führt zum anderen zu einer grat- bzw. austriebsfreien Bauteilherstellung [13.36].

Daher wird beim ITM-Verfahren auch von der grat- bzw. austriebsfreien Bauteilherstellung oder von einem „Flashless-Verfahren“ gesprochen [13.31, 13.32, 13.34]. Weiterführende Literatur zu Konzepten der gratfreien Bauteilherstellung, die nach dem Erfinder Jürgeleit auch

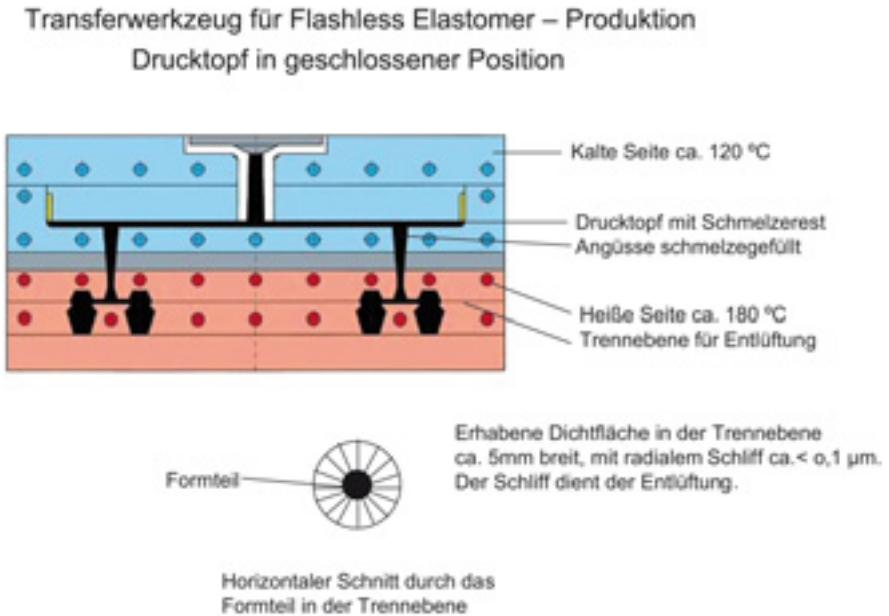


Bild 13.21: Transferwerkzeug für Flashless Elastomer–Produktion (Quelle: Firma PETA GmbH, Bad Soden-Salmünster [13.36])

als Jürgeleit-Verfahren benannt werden, finden sich beispielsweise in [13.23, 13.25, 13.30, 13.37 – 13.39].

In Kauf genommen werden muss dabei jedoch, dass die Werkzeugtechnologie aufwändiger und die Prozessführung aufgrund zusätzlicher Verfahrensschritte komplexer wird. Hinsichtlich der Nachteile des ITM-Verfahrens ist vor allem die Vielzahl an geometrischen und verfahrenstechnischen Einflussfaktoren zu nennen, die die Werkzeugtechnik und den Prozess komplex und schwierig beherrschbar gestalten. Nicht nur die Werkzeugkonstruktion hat maßgeblichen Einfluss auf den erfolgreichen Einsatz des ITM-Verfahrens. Es sind weiterhin das Material selbst sowie eine Vielzahl an Maschinen- und Prozessparametern, die berücksichtigt werden müssen. Im Prozess selber sind es im Wesentlichen die Topfbefüllung und die Transferphase, die über die Prozessführung und die Qualität der hergestellten Artikel entscheiden.

13.4.2 Werkzeuge für das ITM-Verfahren in der Thermoplastverarbeitung

Die Vorteile, die das ITM-Verfahren bei der Verarbeitung von Elastomeren bietet, lassen sich auch auf die Thermoplastverarbeitung übertragen. Heute sind zwei Lösungsansätze zur Übertragung des ITM-Verfahrens auf die Thermoplastverarbeitung bekannt [13.22, 13.40].

Beide verfolgen das Ziel, die Nachteile von Mehrkavitäten – Werkzeugen hinsichtlich der Balancierung der Verteilerkanäle bei gleichzeitig kurzen Fließwegen und somit geringer Scherbelastung der Schmelze, zu überwinden.

Das Konzept von *Koch* [13.22] verfolgt eine direkte Übertragung des ITM – Verfahrens von der Kautschukverarbeitung, wie es in Bild 13.20 dargestellt ist, auf die Thermoplastverarbeitung. Der Verfahrensablauf entspricht daher, mit gewissen werkstoffbedingten Einschränkungen, dem aus der Elastomerverarbeitung. Die wesentlichen Prozessschritte Transfertopf-befüllung und Transferphase lassen sich direkt in der Thermoplastverarbeitung wieder finden. Die Heizphase bei der Elastomerverarbeitung ist bei der Thermoplastverarbeitung mit der Nachdruck- und anschließender Restkühlphase vergleichbar. In diesen Prozessphasen erfolgt die Verfestigung der ausgeformten Artikel. Auf eine Reinigungsphase der Kavitäten nach dem Entformen, z.B. durch Bürsten, kann bei der Thermoplastverarbeitung erfahrungsgemäß verzichtet werden.

Ein Vergleich des ITM – Verfahrens mit dem Standardspritzgießen mit einem Mehrkavitäten – Werkzeug [13.22] zeigt, dass das Material im ITM – Verfahren geringeren Belastungen ausgesetzt ist. Die erforderlichen Drücke zur Füllung der Kavitäten sowie die für die Kavitäten-füllung zu leistende Einspritzarbeit ist beim ITM-Verfahren geringer. Das bedeutet, dass entweder bei bestehender Maschinentchnik eine größere Formnestzahl realisiert oder eine kleinere Spritzgießmaschine für die Produktion genutzt werden kann. Im direkten Vergleich mit dem Spritzgießverfahren besitzt das ITM – Verfahren derzeit noch Nachteile in Hinblick auf die Reproduzierbarkeit. Zwar zeigt sich, dass im ITM-Verfahren Bauteile einheitlicherer Qualität in einem Zyklus hergestellt werden können, jedoch unterliegt der Prozess noch gewissen Schwankungen von Zyklus zu Zyklus, was derzeit dessen Einsatz für qualitativ hochwertige Bauteile ausschließt. Diese Schwankungen liegen vor allem in der Regelgenauigkeit der Schließeinheit begründet. Aufgrund des Transfertopfdurchmessers bedeuten wenige Zehntel Millimeter Abweichung des Transferweges bereits einen relativ großen Unterschied des in die Kavitäten eingespritzten Volumens. Abhilfe kann eine genauere Wegregelung der Schließeinheit der Spritzgießmaschine schaffen. Solche hochgenauen Wegregelungen existieren bereits und werden beispielsweise in der Herstellung optischer Bauteile (z.B. CD-Fertigung) eingesetzt. Des Weiteren liegt ein Verbesserungspotential in einer transfertopfdruckabhängigen Umschaltung von weggeregelter zu druckgeregelter Transferphase [13.22].

Für Bauteile mit nur geringen Anforderungen ist das ITM-Verfahren eine vielversprechende Alternative. Am Beispiel der Produktion von so genannten Fliesenabstandshaltern, wie sie im Baugewerbe eingesetzt werden, beweist das ITM-Verfahren seinen Vorteil gegenüber den herkömmlichen Werkzeugkonzepten des Spritzgießens. Es sind also vor allem kleine Bauteile, die für das ITM-Verfahren prädestiniert sind. Eine Vielzahl unterschiedlicher Materialien, ob ungefüllte oder auch hochgefüllte Formmassen lassen sich im ITM-Verfahren verarbeiten [13.22].