

Neue Runddüsenkonstruktionen: *Produktqualität verbessern und Produktionskosten reduzieren*

Dr.-Ing. Heinz Groß

Bei der Extrusion von Rohren, Schläuchen oder auch von blasgeformten Teilen lebt man mit technologischen Unzulänglichkeiten und betriebswirtschaftlichen Kompromissen. Diese sind dafür verantwortlich, dass die Produktionskosten unnötig hoch sind und die Qualität der produzierten Produkte schlechter ist, als sie sein könnte. Auf der technologischen Seite verwendet man mangels verfügbarer besserer Technologien immer noch Methoden zum Zentrieren der Düse, die das Anforderungsprofil, das an eine gute Zentrierlösung gestellt wird, nur sehr unzulänglich erfüllen [1].

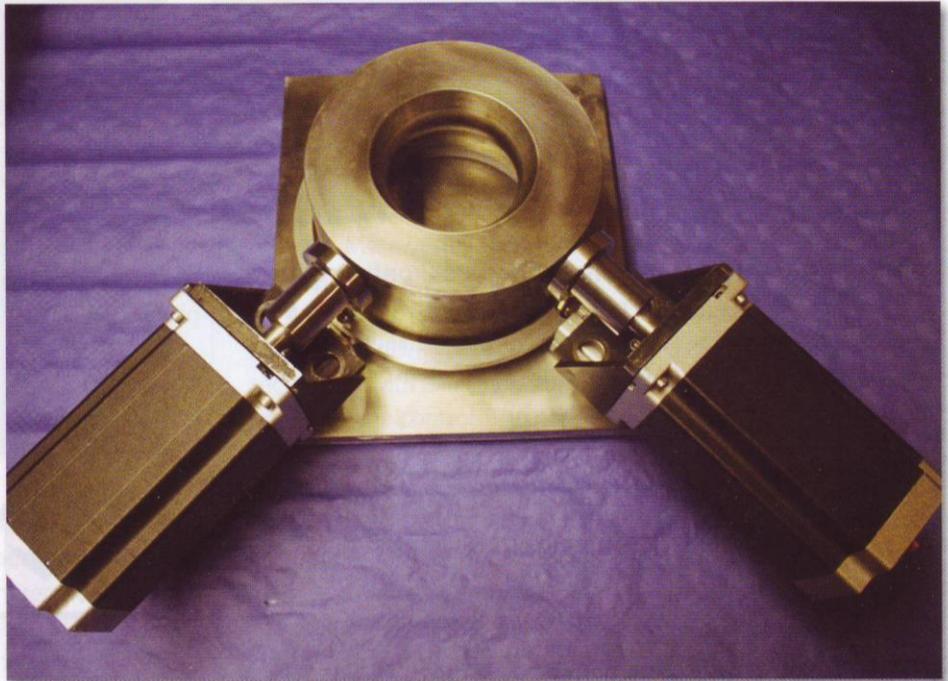


Bild 1: Kippdüsenmodell, bei dem die Trennebene zwischen der Düse und dem Kopf (bzw. der Grundplatte) mit einem Gummiring abgedichtet wird, der zum Kippen der Düse über zwei im Winkel von 90 Grad angeordnete Schrittmotoren mehr oder weniger gestaucht wird

Nach dem aktuellen Stand der Technik müssen Düsen immer noch von Hand zentriert werden, wobei es keine Kontrolle gibt, welche genaue Fließkanalspaltsituation zur Produktion am Ende des Zentrierens wirklich existiert. Bei größeren Blasformdüsen muss man gar den Prozess unterbrechen, um mit groben Stellschrauben und meist auch mit Hilfe einer Verlängerung die Düse extrem feinfühlig relativ zum Dorn zu verschieben. Generell kann unter diesen Voraussetzungen eine einmal vorhandene Fließkanalsituation, mit der gute Teile produziert worden sind, bei einem Neustart in Folge eines erfolgten Düsenwechsels nicht wieder exakt reproduziert werden. Teilweise technologische und ökonomische Gründe sind dafür verantwortlich, dass auch heute noch beim Extrusionsblasformen die meisten Hohlkörper, die

über dem Umfang variierende Verstreckgrade aufweisen, nicht unter Verwendung einer dynamischen radialen Wanddickensteuerung hergestellt werden, obwohl damit zweifelsfrei deutliche Verbesserungen der Dickenverteilung in Hohlkörpern erreichbar sind. Es existierte bis zur Entwicklung der noch relativ jungen Flex Ring Technologie überhaupt keine technische Lösung, mit der eine dynamische radiale Wanddickensteuerung für Düsen mit einem Durchmesser von kleiner 70 mm realisiert werden konnte. Deshalb stellte sich in der Vergangenheit die Frage erst gar nicht, ob man zur Herstellung von kleinen ovalen Flaschen eine radiale Wanddickensteuerung einsetzen soll. Bei Produkten, die einen größeren Düsendurchmesser benötigen, stand man vor dem Problem zu entscheiden, ob sich die nicht unerhebliche Investition

für ein PWDS oder ein Flex Ring System wirklich lohnt.

Der mit der Verwendung derartiger Systeme verbundene größere Wartungsaufwand und die erhöhte Störanfälligkeit während der Produktion waren weitere Gründe dafür, dass sich viele Hersteller von blasgeformten Hohlkörpern gegen die Verwendung eines PWDS oder eines Flex Ring Systems entschieden haben. Die Frage, ob im Einzelfall die Verwendung einer radialen Wanddickensteuerung aus betriebswirtschaftlicher Sicht rentabel sein könnte, hängt in vielen Fällen von der individuellen Situation des jeweiligen produzierenden Betriebs und auch von der persönlichen Einstellung der verantwortlichen Personen ab. So verwundert es nicht, dass zur Zeit beispielsweise Industrial Bulk Container (IBC) von einigen Herstellern mit konven-

tionellen statisch profilierten Düsen hergestellt werden, während andere Hersteller eine dynamische radiale Wanddickensteuerung einsetzen.

Neue Düsenkonstruktionen

Inzwischen gibt es allerdings ganz neue technische Lösungen, die im Bereich der Extrusion von Rohren, Schläuchen, Blasfolien, aber auch von geschäumten Platten oder Folien oder bei der Herstellung von Hohlkörpern im Extrusionsblasverfahren die Frage nach der erreichbaren Produktqualität, der dafür erforderlichen Fertigungskosten und des damit verbundenen Aufwands in einem ganz anderen Licht erscheinen lassen. So wurde mit der inzwischen bereits patentierten [2] Kipptechnologie, die auf der letzten K' 2010 erstmals vorgestellt wurde, ein völlig neuer Lösungsansatz zum Zentrieren von Rundwerkzeugen gefunden.

Kipptechnologie zum Düsenzentrieren

Eine Kippdüse kann mittels Schrauben gekippt werden, sie kann aber auch in einfacher Weise über Stellantriebe verstellt werden (Bild 1). Der entscheidende Vorteil der Kipptechnologie gegenüber der konventionellen Zentrierlösung mit radial angeordneten Zentrierschrauben besteht darin, dass man zielgerichtet zentrieren kann. Man weiß nämlich bei jeder Verstellung genau, um welchen Weg die Düse relativ zum Dorn verstellt worden ist. Dies hat auch den Vorteil, dass eine einmal vorhandene Position jederzeit wieder exakt reproduziert werden kann. Darüber hinaus lässt sich die Düse auch in beliebig kleinen Schritten

Bild 2: Rohrkopf, dessen Düse mit einem Bajonettverschluss auf den Kopf aufgespannt ist, und bei dem die Düse über spezielle Feingewindeschrauben, die eine Steigung von nur 0,5 mm besitzen, verstellt wird



kippen, was natürlich eine viel feinfühligere Zentrierung ermöglicht und in letzter Konsequenz dazu führt, dass die Düse genauer positioniert werden kann.

Dabei ist die Kipplösung im Vergleich zur konventionellen Zentrierlösung verblüffend einfach. Sie besteht nämlich, wie in Bild 1 zu sehen ist, nur aus einer einfachen Gummidichtung und den axial angeordneten Stellschrauben, bzw. im Fall des Fotos den Stellantrieben. Die Gummidichtung übernimmt dabei eine doppelte Funktion. Sie dichtet einerseits die Trennebene zwischen dem Kopf und der Düse sicher ab. Sie erlaubt aber gleichzeitig auch noch, dass die Düse in vorgegebenen Grenzen relativ zum Kopf bzw. zum Dorn gekippt werden kann. Somit ist eine Kippdüse einfacher als eine Düse mit konventionellen radialen Zentrierschrauben und damit nicht nur kostengünstiger herzustellen, sondern auch wartungsfreundlicher und im Betrieb weniger stör anfällig.

Speziell im Bereich des Extrusionsblasformens erreicht man den vollen betriebswirtschaftlichen Nutzen der Kipplösung aber erst, wenn die Düse über Stellantriebe motorisch betrieben wird. Im Fall des in Bild 1 gezeigten Demonstrationsmodells wurden zum Verstellen Schrittmotoren eingesetzt, die sehr kostengünstig sind und die dennoch eine extrem hohe Genauigkeit und Reproduzierbarkeit gewährleisten. Dabei wird die Drehbewegung des Antriebs mit Hilfe einfacher Exzenter in eine translatorische Bewegung umgesetzt, die dann auf den Flanschbund der Düse wirkt und somit die Dichtung zwischen der Düse und dem Kopf mehr oder weniger staucht. Damit kann man jederzeit den Schlauchlauf feinfühlig korrigieren. Dies kann bei laufender Anlage erfolgen, so dass dadurch auch die Kapazität der Blasformanlage erhöht wird, da man nicht mehr gezwungen ist, den Produktionsprozess zu unterbrechen. Auf Grund der Tatsache, dass Kippdüsen eine enge Passung zwischen dem Kopf und der Düse besitzen, verringert sich die Zeit, die zur Umstellung von einer Düse zur nächsten benötigt wird, da das sonst übliche Vorzentrieren der Düse komplett entfällt. Weitere Einsparungen in der Produktion sind möglich, wenn man die Düsen mit Hilfe

eines Bajonettverschlusses auf den Kopf aufspannt – eine Lösung, die sich im Bereich der Rohrextrusion bereits durchgesetzt hat (Bild 2).

Durch eine enge Passung zwischen dem Kopf und der Düse in Verbindung mit einer motorischen Zentrierung, die nun über die zentrale Maschinensteuerung erfolgt, kann man erstmals die Position, mit der ein Produkt gefertigt worden ist, am Ende der Produktion im Speicher ablegen. Bei einer späteren Wiederaufnahme der gleichen Produktion lässt sich die Maschine mit exakt der gleichen Fließkanalsituation erneut starten, ohne Zeit zum Optimieren des Schlauchlaufs zu verlieren. Somit ist in jedem Fall sichergestellt, dass man wieder mit genau der gleichen Spaltsituation produziert, die auch bei der letzten Produktion vorhanden war.

Schließlich kann bei geeigneter Auslegung des elastischen Kippgelenks eine Kippdüse auch alle technischen Anforderungen erfüllen, die an eine Schiebedüse zur Herstellung von gekrümmten Schläuchen im Saugblasformen gestellt werden. Speziell bei dieser Anwendung ergibt sich ein beträchtlicher Kostenvorteil gegenüber den konventionellen Schiebedüsenkonstruktionen, die momentan verwendet werden. Im Betrieb zeichnet sich die Kippdüse zusätzlich dadurch aus, dass weder Dichtprobleme noch Verschleißprobleme in der Trennebene zwischen dem Kopf und der Düse auftreten.

3D Düsentechnologie

Die 3D Technologie schafft eine völlig neue Ausgangssituation und veränderte Randbedingungen, wenn es um die Frage geht, ob es aus betriebswirtschaftlicher Sicht sinnvoll ist, einen Hohlkörper unter Verwendung einer dynamischen radialen Wanddickensteuerung herzustellen. Die 3D Technologie überwindet erst einmal in technologischer Sicht noch bestehende Einschränkungen. Sie kann ohne Abstriche bei jedem in der Praxis verwendeten Düsendurchmesser, egal wie groß oder klein er auch ist, eingesetzt werden. Darüber hinaus überwindet sie einen Großteil der eingangs aufgezählten betriebswirtschaftlichen Einschränkungen und Hemmnisse, die gegen eine Verwendung eines PWDS oder

auch eines Flex Ring Systems sprechen. Ähnlich wie bei der Kipplösung wird auch bei der 3D Technologie eine bisher nicht erreichbare technische Funktionalität realisiert, wobei allerdings die Düse im Vergleich zu den bisher existierenden Lösungen einfacher wird.

Im Gegensatz zu einer normalen Blasformdüse besitzt die ebenfalls zum Patent angemeldete 3D Düse am Ende keinen konischen, sondern in erster Näherung einen zylindrischen Austrittsbereich. Sie erfüllt damit nicht mehr eine Hauptanforderung, die an eine normale Blasformdüse gestellt wird, nämlich dass die Wanddicke des Vorformlings durch ein Verschieben des Dorns oder der Düse insgesamt über dem Umfang in einfacher Weise gleichmäßig verändert werden kann. In der Praxis gibt es Köpfe, bei denen zur Veränderung der Wanddicke in Austragsrichtung der Dorn bewegt wird und solche, bei denen die Düse bewegt wird. Bei der 3D Technologie ist jeweils der feststehende Teil der Düse im Austrittsbereich in aller Regel rein zylindrisch. Dagegen setzt sich der axial bewegte Teil der Düse aus einzelnen Scheiben zusammen, wobei mindestens eine Scheibe eine unregelmäßige dreidimensionale Form aufweist, die sich nicht mehr auf einer Drehbank erzeugen lässt. Ähnlich wie es bei der Gestaltung von Düsen zur Herstellung von extrudierten Profilen üblich ist, wird die Schmelze in den einzelnen Scheiben so vorverteilt, dass am Düsenmund trotz unterschiedlich großer Fließkanalspalte die lokale Austrittsgeschwindigkeit über dem Umfang konstant ist. Dies hat den Vorteil, dass bei einer idealen Auslegung auch am Ende der Blasformdüse die Austritts-

Bild 3: 3D Düse und 3D Dorn, wobei die Düse einen exakt zylindrischen Austrittsbereich besitzt und der Dorn aus einzelnen Scheiben aufgebaut ist, die eine komplexe dreidimensionale Geometrie besitzen



geschwindigkeit der Schmelze über dem Umfang konstant ist, obwohl beispielsweise die Wanddicke des Vorformlings über dem Umfang große Veränderungen aufweist.

Über die axiale Verschiebung kann man nun die unteren Scheiben, deren Geometrie für einen bestimmten Bereich des Vorformlings genau optimiert ist, komplett aus dem Düsenbereich herausfahren, so dass die in diesen unteren Scheiben vorhandene Geometrie die Schmelzestromverteilung im Werkzeug nicht mehr beeinflusst. In gleicher Weise können sich oberhalb des zylindrischen Austrittsbereichs einzelne Scheiben befinden, deren Profilierung über dem Umfang die Schmelzestromverteilung so gut wie nicht beeinflusst, solange diese Scheiben sich in einem Bereich befinden, in dem der Fließkanalspalt deutlich größer ist als im zylindrischen Bereich der Düse. Erst wenn diese Scheiben durch Absenken des Dorns in den zylindrischen Austrittsbereich gelangen, in dem der Fließkanalspalt deutlich kleiner ist, wird auch deren Profilierung die Schmelzestromverteilung entscheidend beeinflussen. Bild 3 zeigt exemplarisch eine 3D Düse mit einem 3D Dorn, der allerdings entgegen der normalen Einbaurichtung auf der Stirnseite des Düsenkörpers abgelegt ist. Man erkennt deutlich den rein zylindrischen Austrittsbereich der Düse und auch die einzelnen Dornscheiben, wobei manche Scheiben lokale Profilierungen aufweisen, andere dagegen exzentrisch zur axialen Mittelpunktlinie des Dorns bzw. auch des Kopfs angeordnet sind. Am Ende des Dorns befindet sich eine kurze konische Scheibe, da es sich um eine Düse für einen Akkukopf handelt, dessen Düsenpalt zum Füllen des Akkus geschlossen werden muss.

Mit derartig aufgebauten 3D Düsen kann man nun Wanddickengradienten über dem Umfang des Vorformlings erreichen, die mit einem PWDS niemals realisiert werden können und die auch mit der deutlich flexibleren Flex Ring Technologie nur schwerlich zu erreichen sind. Bild 4 verdeutlicht dies am Beispiel der Querschnittaufnahmen eines speziellen Kraftstoffkanisters mit einem Fassungsvermögen von sechs Litern. Der untere Kanister wurde mit einer konven-



Bild 4: Kanister, hergestellt mit konventioneller Technik (unten) und 3D Technik (oben) [G = Gewicht des Kanisters; t_b = Blas- bzw. Kühlzeit]

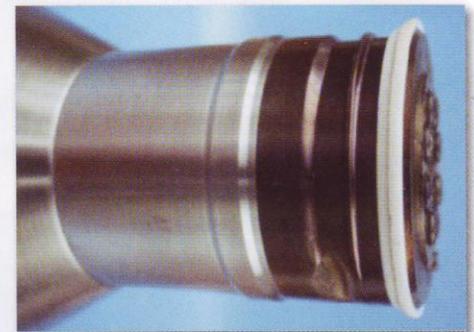


Bild 5: 3D Dorn, mit dem der Kraftstoffkanister in Bild 4 hergestellt wurde

tionellen konischen Düse, die statisch profiliert war, hergestellt. Der obere Kanister wurde hergestellt, nachdem der Kopf mit einer 3D Düse nachgerüstet worden ist. Das Bild und die darin angegebenen Daten sollten für sich sprechen und keinen großen zusätzlichen Kommentar erfordern.

Es handelt sich bei der 3D Technik immer noch um eine Lösung, bei der eine massive Düse und ein massiver Dorn eingesetzt werden. Folglich müssen im Gegensatz zum PWDS und zum Flex Ring System während des Austrags des Vorformlings keine Düsenanteile verformt werden. Bild 5 zeigt den massiven 3D Dorn, mit dem der Kanister hergestellt wurde. Er setzt sich aus einzelnen Scheiben zusammen, die alle zur gezielten Optimierung der Schmelzestromverteilung in der Düse eine unterschiedliche Geometrie besitzen.

Die bei den etablierten Systemen benötigten Aktuatoren inklusive der zur Ansteuerung notwendigen Programme fallen somit bei der 3D Technologie komplett weg. Da Komponenten, die nicht gebraucht werden, auch nicht beschafft

werden müssen, und solche, die nicht vorhanden sind, auch nicht während des Betriebs versagen können, ist eine 3D Düse erheblich kostengünstiger herzustellen. Ebenso ist die Wahrscheinlichkeit, dass während der Produktion eine Störung auftreten kann, viel geringer.

Kippdüse in 3D Ausführung

Integriert man ein elastisches Kippgelenk in eine 3D Düse, dann ergeben sich mit einer solchen Kombination verfahrenstechnische Möglichkeiten, die weit über das hinausgehen, was mit anderen zur Zeit beim Blasformen zur Verfügung stehenden Technologien erreichbar ist. Die Kombination der Kippdüsenteknologie mit der 3D Technik bietet sich an, da auf Grund der zylindrischen Gestaltung der Düse nur noch Schubkräfte von der Schmelze auf die Düse übertragen werden. Zum Kippen der Düse müssen folglich nur diese Schubkräfte und die Kräfte, die notwendig sind, um die elastische Dichtung zu stauchen, aufgebracht werden. Die Kippaktuatoren müssen demnach keine großen Kräfte aufbringen. Somit sind kostengünstige und auch wartungsfreie Schrittmotoren dafür ideal geeignet.

Wird der Fließkanalspalt beim Austrag des Vorformlings gekippt, kann man den über dem Umfang des Blasteils vorhandenen Ungleichmäßigkeiten im Verstreckgrad Rechnung tragen. Es kann aber auch gleichzeitig durch eine entsprechende dreidimensionale Gestaltung und eine definierte axiale Verschiebung des beweglichen Düsentails eine in Abzugs- als auch in Umfangsrichtung für den herzustellenden Hohlkörper genau abgestimmte Wanddickenverteilung im Vorformling realisiert werden. Dafür muss kein völlig neuer Blaskopf beschafft werden, da sowohl die Kipptechnologie als auch die 3D Technologie sich zu vertretbaren Kosten in jeden bestehenden Blaskopf nachrüsten lassen.

Fazit

Bisher gültige Kriterien für die Auswahl einer Düsentechnik, die zur Herstellung eines spezifischen Hohlkörpers optimal geeignet sind, müssen auf Grund der beschriebenen neuen technischen Möglichkeiten in Frage gestellt werden. Dies ins-

besondere deshalb, weil sich der finanzielle Aufwand, der betrieben werden muss, um ein gewünschtes Ergebnis erzielen zu können, gegenüber den etablierten Techniken entscheidend verändert hat. Häufig sollte schon allein der verminderte Investitionsaufwand für die Düsentechnologie in Verbindung mit der Verbesserung der Qualität der hergestellten Produkte ausreichen, um auf die neu entwickelte Technologie umzuschwenken. Aber auch die erreichbaren Rohstoffeinsparungen, die Steigerung der Maschinenkapazität (siehe beispielsweise **Bild 4**) und die Erhöhung der Betriebssicherheit des Blasformprozesses sind zusätzliche Argumente, die bei einer betriebswirtschaftlichen Abwägung berücksichtigt werden müssen.

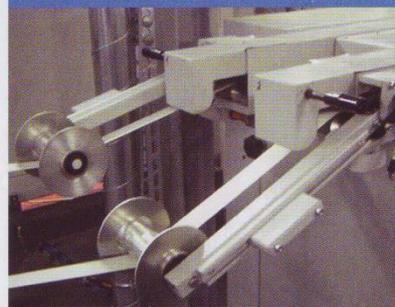
Insbesondere wenn neue Anlagen bzw. Düsen beschafft werden müssen, wird es erforderlich sein, zu prüfen, inwieweit es aus betriebswirtschaftlicher Sicht noch Sinn macht, sich weiterhin für eine konventionelle etablierte Düsenkonstruktion zu entscheiden. Aber auch bei vielen bestehenden Produkten erscheint es lohnenswert, darüber nachzudenken, welche Kosten für eine Nachrüstung anfallen würden, welche Qualitätsverbesserungen damit erreichbar wären und natürlich welche Amortisationszeiten sich durch den verringerten Rohstoffverbrauch, durch die Steigerung der Maschinenkapazität und durch den reduzierten Personalbedarf ergeben könnten.

Literatur

- 1 Groß, H.: Manuelles Zentrieren wird überflüssig. Zeitschrift Extrusion, VM Verlag Köln, Ausgabe 6/2010, Seite 22 - 25
- 2 Deutsche Patentschrift DE 10 2009 058 361 B3, veröffentlicht am 01.06.2010

Dr.-Ing. Heinz Groß
Kunststoff-Verfahrenstechnik
Ringstr. 137, 64380 Roßdorf, Germany
www.gross-k.de

GETECHA



Kunststoff-zerkleinerung

- ohne viel Lärm
- sehr effizient
- einfach und sicher

Unsere Lösung für Sie!

INDIVIDUALITÄT IST UNSER STANDARD



Getecha GmbH

Am Gemeindegarten 13
63741 Aschaffenburg
Tel: 06021-8400-0
Fax: 06021-8400-35
info@getecha.de

www.getecha.de