

Die dynamische Düse

Wanddickensteuerung des Vorformlings mit zylindrischem Fließkanal und Kippen der Düse

Vorrangiges Ziel bei der Herstellung von extrusionsgeblasenen Hohlkörpern ist eine exakte Wanddickenverteilung – egal ob überall die gleiche Wanddicke oder in bestimmten Bereichen unterschiedliche Wanddicken benötigt werden. Dazu muss sich die Wanddicke des Vorformlings beim Austrag aus der Düse sowohl in axialer Richtung als auch in Umfangsrichtung flexibel verändern lassen.

In axialer Richtung lässt sich die Änderung der Wanddicke des Vorformlings beim Austragen verfahrenstechnisch sehr einfach realisieren, indem eine konische Düse und ein ebenfalls konischer Dorn verwendet und Düse sowie der Dorn während des Austrags axial gegeneinander verschoben werden. Diese Arbeitsweise gehört zum Stand der Technik beim Blasformverfahren. Für aufwendigere technische Teile größere Wanddickenunterschiede über dem Umfang des Vorformlings zu erzeugen, ist allerdings mit konischen Düsen kaum möglich. Wenn dann noch die Wanddicke des Vorformlings während des Austragens über dem Umfang verändert werden muss, machen konische Düsen einen erheblichen verfahrenstechnischen Aufwand nötig.

Düsenteknik mit konischem Fließkanal

Seit dem Ende der siebziger Jahre gibt es dafür einen Ansatz: Um den Fließkanalspalt am Ende einer Düse lokal zu verändern, deformieren während des Vorformling-Austrags zwei oder vier Aktuatoren die Düse, die zu diesem Zweck eine relativ dünne Wand besitzt (**Bild 1**). Diese PWDS (Partielle Wanddickensteuerung) ist jedoch nicht nur technisch sehr aufwendig und deshalb auch teuer, sondern stößt bei blasgeformten Hohlkörpern mit einer komplexen Geometrie auch sehr schnell an Grenzen, insbesondere wenn die Wanddicke über dem Umfang des Vorformlings formteilgerecht verändert werden soll. So ist es z. B. unmöglich, den Geometrieänderungen eines Scheiben-

waschwassertanks für einen Kleintransporter (**Bild 2**) über dem Umfang gerecht zu werden, wenn die Wanddicke des Vorformlings sich nur über eine Düsendeformation an maximal vier in einem starren Winkel von 180° bzw. 90° angeordneten Positionen verformen lässt. Dass die Düsengeometrie einerseits nur dort verformt werden kann, wo die Aktuatoren

daher speziell bei komplizierten technischen Hohlkörpern mit stark unterschiedlichen Verstreckgraden in nah benachbarten Zonen.

Diese Form der dynamischen radialen Wanddickensteuerung ist auch nur für einen begrenzten Bereich von Düsendurchmessern geeignet; nicht verbessern lassen sich mit solchen Düsen die Wand-

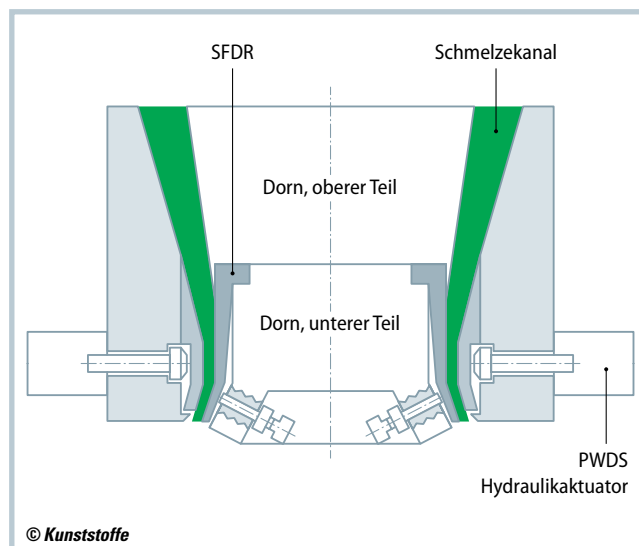


Bild 1. Partielle Wanddickensteuerung (PWDS): Aktuatoren lenken einen statisch flexibel deformierbaren Ring (SFDR) aus, um den Düsenspalt zu verändern (Quelle: [2])

formschlüssig an die Düse angebunden sind, andererseits die Düse sich nur entsprechend der natürlichen Biegelinie der jeweiligen Düsenkonstruktion verformen lässt, schränkt die Flexibilität weiter ein. Das führt oft zu einem Missverhältnis zwischen finanziellem sowie technischem Aufwand und dem zu erzielenden betriebswirtschaftlichen Nutzen. In aller Regel nicht sinnvoll ist der PWDS-Einsatz

dickenverteilungen von relativ kleinen und sehr großen Blasformartikeln. Das kleinste bisher gebaute PWDS-System besitzt einen Düsendurchmesser von 50 mm [1]. Damit scheidet das Verfahren für kleinere Hohlkörper mit einem Füllvolumen bis einem Liter aus, die die Hauptmenge des recht großen Verpackungsmarkts stellen. Ebenso sind keine dynamisch verformbaren Düsen mit »



Bild 2. Scheibenwaschwasserbehälter: Durch GWDS-Technik (links) mit optimierter Wanddickenverteilung hergestellt wiegt er 482 g, konventionell produziert dagegen 560 g (rechts) (© H. Groß)

Durchmessern ab 675 mm verfügbar, so dass sich damit auch die Wanddickenverteilung großer Tanks nicht verbessern lässt.

Düsenteknik mit zylindrischem Fließkanal

Die vom Autor eingeführte GWDS-Technik (Groß Wanddickensteuerung) erlaubt es, die Wanddicke über dem Umfang des Vorformlings sowohl statisch als auch dynamisch zu verändern. Sie ist technisch weniger aufwendig und kann auch nahezu für alle beim Blasformen vorkommenden Anwendungen eingesetzt werden, da es keine Grenzen bezüglich der Größe

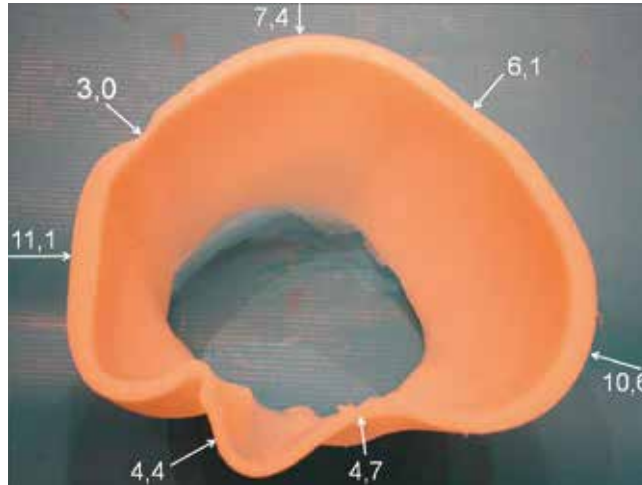


Bild 3. Unverstreckt abgekühlter Vorformling aus einer GWDS-Düse: Trotz der unterschiedlichen Wanddicken (in mm) trat der Vorformling ausreichend gerade aus der Düse aus, um den Blasdorn zu treffen (© H. Groß)

der Düsen gibt. Dadurch lässt sich die Wanddicke aller Hohlkörper optimieren. Der einfache Austausch einer Düse mit konischem Fließkanal durch eine mit zylindrischem ermöglicht, über dem Umfang Wanddickenänderungen zu erzeugen, die weit über das bisher mögliche Maß hinausgehen. So ließ sich z.B. die Wanddicke des Vorformlings für einen im Automobilbau benötigten Hohlkörper trotz seiner eigentlich für das Extrusionsblasformverfahren ungeeigneten Geometrie profilieren (**Bild 3**). Die spezielle Wanddickenverteilung wurde nur für ein kurzes Stück des Hohlkörpers benötigt; der Rest des Vorformlings wies eine nahezu gleichmäßige Wanddicke von durchschnittlich 5 mm auf. Derart auf das jeweilige Formteil zugeschnittene Wanddickenverteilungen lassen sich so mit keiner anderen Technik erreichen.

Diese verfahrenstechnischen Vorteile sind ohne Zusatzkosten in jeder existierenden Blasformanlage realisierbar. Erforderlich sind nur einfache und sehr kos-

tengünstig herzustellende massive Düsen und Dorne; es müssen weder zusätzliche Aktuatoren nachgerüstet, noch eine spezielle Software in die Anlagensteuerung integriert werden. Die Düsen sind somit im Betrieb wartungsfrei. Die GWDS-Technik ist folglich sowohl bezüglich der Anschaffungskosten, der Betriebskosten wie auch der verfahrenstechnischen Möglichkeiten einer PWDS-Lösung überlegen.

Trotzdem unterscheidet sich eine GWDS-Düse von einer ganz einfachen konventionellen Blasformdüse lediglich dadurch, dass sowohl Düse als auch Dorn am Fließkanalende nicht konisch, sondern vorrangig zylindrisch ausgeführt sind. Damit kann der Dorn weit aus der Düse herausgefahren werden, ohne dass er an die Düse anstößt oder ohne dass dadurch der Düsenspalt in seiner Größe verändert wird (**Bild 4**). Die Dorne können somit in dem aus der Düse herausragenden Bereich beliebig für bestimmte Abschnitte eines Hohlkörpers profiliert werden, ohne dass dies die Schmelzeverteilung in der Düse beeinflusst. Deshalb besitzen GWDS-Dorne am Ende eine leichte Profilierung, mit deren Hilfe sich die bei Blasformartikeln charakteristischen Verdickungen der Wand an den beiden Enden der Quetschnaft vermeiden lässt.

Oberhalb lassen sich am Dornende einzelne Bereiche oder auch unterschiedliche Dornscheiben anordnen, die je nach den Erfordernissen des herzustellenden Formteils profiliert sind. Solange sich ein speziell profilierter Dornbereich außerhalb der Düse befindet, beeinflusst er die Schmelzeverteilung innerhalb der Düse beziehungsweise die Wanddickenverteilung



Bild 4. In einen Vierfachkopf integrierte GWDS-Düsen mit 40 mm Durchmesser. Die zylindrischen und am Ende profilierten Dorne sind hier aus der Düse herausgefahren worden, da die Profilierung für den Abschnitt des Bauteils nicht benötigt wird (© H. Groß)

Bild 5. Gerader, wellenfreier Vorformling (links) mit einem großen Wanddickenunterschied (rechts), der aus einer GWDS-Düse mit einem extrem profilierten Dorn (Mitte ausgetragen wurde) (© H. Groß)



lung des aus der Düse austretenden Vorformlings nicht. Durch Verschieben des Dorns lässt sich somit die Fließkanalgeometrie am Düsenaustritt verändern. Um die Wanddicke des Vorformlings insgesamt gleichmäßig über dem Umfang zu verändern, wird lediglich eine geringfügig konische Scheibe am Dornende integriert.

Für eine GWDS-Düse wird auch kein Dorn mehr benötigt, der einen aufwendigen und teuren statisch flexibel deformierbaren Ring (SFDR) besitzt, da die jeweils formteilspezifische Geometrie direkt in den massiven GWDS-Dorn eingearbeitet wird. Auf diese Weise lassen sich viel gravierendere Spaltänderungen am Ende der Düse erzeugen (siehe Bild 3) als mit der SFDR-Technik. Wird eine konventionelle konische Düse stark profiliert, so ergeben sich zwangsläufig große Unterschiede in der Austrittsgeschwindigkeit der Schmelze über dem Umfang der Düse. Das hat zur Folge, dass der Vorform-

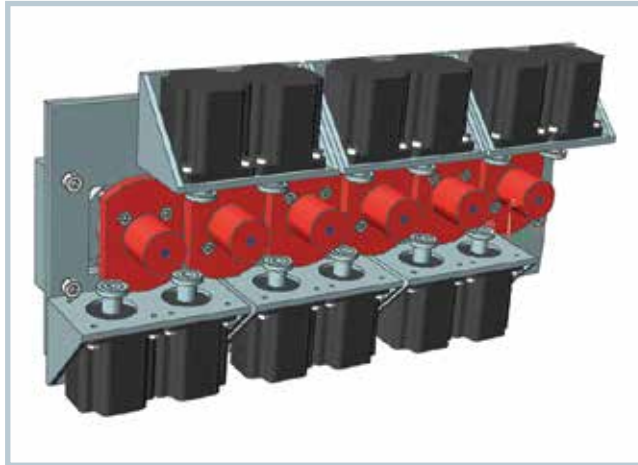
ling nicht mehr gerade aus der Düse austritt. Dieses Problem lässt sich mit einer GWDS-Düse, die einen vorrangig parallelen Fließkanal aufweist, durch eine Abstimmung des Fließwiderstands über der Länge des Fließkanals überwinden. Das Vorgehen ähnelt dabei der Auslegung von Profilwerkzeugen, wo in der Regel am Düsenende Bereiche mit unterschiedlichen Fließkanalspalten existieren. Deshalb werden die ebenfalls vorrangig parallelen Fließkanäle so dimensioniert, dass die Schmelze trotz der unterschiedlichen Austrittsspalte der Düse überall nahezu gleich schnell austritt. Analog lassen sich gerade Vorformlinge ohne Wellen aus einer GWDS-Düse austragen (Bild 5 links), obwohl der Dorn in extremer Weise profiliert ist (Bild 5 Mitte) und dadurch einen relativ großen Wanddickenunterschied (Bild 5 rechts) über dem Umfang erzeugt, der bei dem so hergestellten Waschwasserbehälter zu einer Gewichtsreduktion um über 20% führt (Bild 6). »



Bild 6. Gewicht und Dickenverteilungen eines mit einer GWDS-Düse (links) und eines konventionell (rechts) hergestellten Waschwasserbehälters (© H. Groß)

Bild 7. GWDS-Mehrfachdüse in Kipp-technologie: Jeweils zwei Schrittmotoren (schwarz) können jede Düse (rot) individuell in jede benötigte Richtung relativ zu den im Inneren der Düse befindlichen Dornen (blau) kippen

(© H. Groß)



Trifunktionelles Bauteil zum dynamischen Kippen der Düse

Integriert man zusätzlich noch ein patentiertes [3] trifunktionelles Bauteil, mit dem die Düse zum Kopf abgedichtet wird, dann kann die Düse zur Veränderung des Fließkanalspalts auch relativ zum Dorn gekippt und verschoben werden. Da einerseits viel geringere Kräfte zum Kippen der Düse erforderlich sind, und sich die Kraft zusätzlich in einfacher Weise über einen Hebelarm verstärken lässt, sind kleine und kostengünstige Aktuatoren ausreichend, z.B. sehr schnelle und kostengünstige Schrittmotoren. Solche Kippdüsen mit integriertem trifunktionellen Bauteil sind im Betrieb ebenfalls wartungsfrei. **Bild 7** zeigt einen Sechsfachkopf mit GWDS-Düsen, bei dem jede einzelne Düse individuell über zwei Schrittmotoren zum dynamischen Zentrieren oder Dezentrieren gekippt werden kann. Dafür befinden sich jeweils auf den Motorachsen ein Exzenter und ein Kugellager, die auf den Flanschbund der Düse drücken.

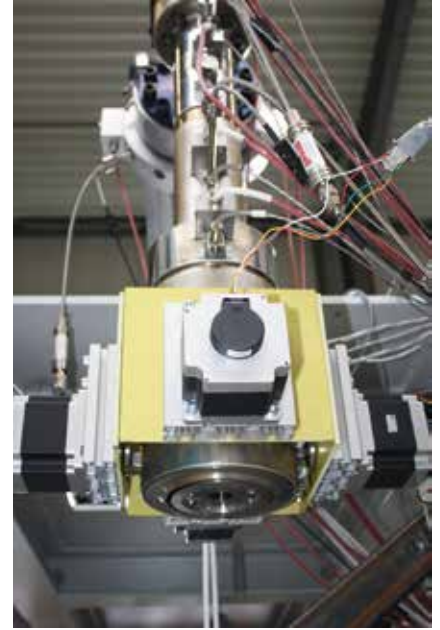


Bild 8. Kompakter autarker Blaskopf mit integriertem Kippgelenk: Sowohl die translatorische Hubbewegung als auch die Kippbewegung der Düse wurden mithilfe identischer Schrittmotoren realisiert (© H. Groß)

Prinzipiell lassen sich mit einem trifunktionellen Bauteil völlig autarke Blasköpfe realisieren, indem vier Schrittmotoren an den Kopf angeflanscht werden (**Bild 8**). Wenn alle Schrittmotoren mit identischer Geschwindigkeit arbeiten, verschieben sie die Düse translatorisch. Zum Kippen der Düse werden jeweils nur einzelne Antriebe angesteuert. Ein solcher Kopf lässt sich schnell und einfach von einer Anlage abflanschen und an einer anderen Anlage wieder anflanschen, wobei für den Betrieb dann nur noch die Leitungen der Schrittmotoren mit der Anlagensteuerung verbunden werden müssen. ■

Der Autor

Dr.-Ing. Heinz Groß ist Inhaber eines Ingenieurbüros in Roßdorf; heinz-gross@t-online.de

Service

Hürden für die technische Weiterentwicklung

Eine Einschätzung des Autors zur Ursache für die schleppende Verbreitung des GWDS-Verfahrens finden Sie unter

➤ www.kunststoffe.de/2727983

Literatur & Digitalversion

➤ Das Literaturverzeichnis und ein PDF des Artikels finden Sie unter

www.kunststoffe.de/2727983

English Version

➤ Read the English version of the article in our magazine *Kunststoffe international* or at www.kunststoffe-international.com