

GWDS: Die verblüffend einfache Lösung zur dynamischen radialen Wanddickensteuerung des Vorformlings

Heinz Groß

Es gibt kaum ein blasgeformtes Teil, bei dem man nicht durch eine effektivere radiale Wanddickenbeeinflussung des Vorformlings die Qualität eines geblasenen Hohlkörpers verbessern und gleichzeitig auch noch Material einsparen und Fertigungskosten reduzieren könnte. So gab es beispielsweise lange Zeit für Düsen, deren Durchmesser kleiner als 80 mm war, überhaupt keine technische Lösung, um eine dynamische radiale Wanddickensteuerung einsetzen zu können [3]. Dies ist der Grund, weshalb bis heute die meisten kleineren Hohlkörper mit einer nicht profilierten Düse, das heißt mit einem runden Fließkanal hergestellt werden. Alternativ dazu wird der Fließkanal bei kritischen Produktgeometrien statisch profiliert, um größeren Änderungen des lokalen Verstreckgrads in bestimmten Bereichen des herzustellenden Hohlkörpers gerecht zu werden.

Im ersten Fall wird in Kauf genommen, dass in Bereichen, in denen geometriebedingt oder prozessbedingt der Vorformling stärker verstreckt wird, die Wanddicke im Hohlkörper abnimmt. Im zweiten Fall wird in aller Regel hingegenommen, dass der Vorformling durch die in den Fließkanal eingebrachte Profilierung über seine gesamte Länge mehr oder weniger stark beeinflusst wird. Dabei geht man notgedrungen einen Kompromiss ein, zwischen Bereichen, in denen die Profilierung vorteilhaft ist und solchen, in denen die Profilierung von Nachteil ist. Auch lässt sich bei Verwendung einer konventionellen konischen Düse mit einem ebenfalls konischen Dorn nicht vermeiden, dass die Wirksamkeit der Profilierung für unterschiedliche Bereiche im Hohlkörper nur verändert werden kann, wenn auch gleichzeitig der Fließkanalspalt am Austritt der Düse verändert wird. Beides führt letztendlich zu einer Dickenverteilung im hergestellten Hohlkörper, die nicht optimal und damit verbesserungswürdig ist.

Deshalb gehört inzwischen bei einigen speziellen Produkten, die mit einem größeren Düsendurchmesser hergestellt werden, der Einsatz von dynamischen PWDS- oder auch Flexringsystemen zum Standard. Mit Hilfe dieser sehr aufwendigen Technologien wird der Fließkanalspalt über dem Umfang und damit natürlich auch die Wanddicke des Vorformlings während des Ausstoßens verändert, um den unterschiedlichen Verstreckgraden, die prinzipiell in jedem Hohlkörper in mehr oder minder starker Form auftreten, gerecht zu werden. Bei vielen im Blasformen hergestellten Hohlkörpern lohnt es sich allerdings aus betriebswirtschaftlicher Sicht nicht, solche technisch aufwendigen und deshalb auch sehr teuren Systeme einzusetzen. Das Verhältnis des Aufwands, der mit diesen komplizierten dynamischen Verstellsystemen getrieben werden muss, zu dem letztendlich damit erzielten Nutzen ist häufig zu ungünstig oder muss zumindest in Frage gestellt werden.

Konventionelle konische Düsen

Seit vielen Jahrzehnten gilt es weltweit als unumstößliche Grundregel [1,2] den Austrittsbereich einer Düse beim Blasformen konisch zu gestalten (Bild 1). Dies liegt wohl vorrangig daran, dass man sich beim Blasformen daran gewöhnt hat, zur Veränderung der Wanddicke des Vorformlings in axialer Richtung

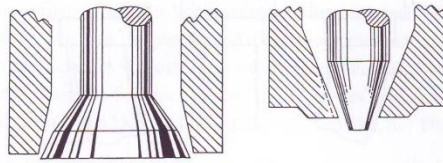


Bild 1 Düsenformen für das Blasformen (Bildquelle [1])

lediglich die relative Position zwischen der Düse und dem Dorn verändern zu müssen. Der Konstrukteur braucht sich folglich bei der Auslegung der Düse keine Gedanken zu machen, welcher genaue Düsenpalt nun erforderlich ist, um den jeweiligen Hohlkörper unter optimalen Randbedingungen herstellen zu können. Viel zu lange wurde aber nicht erkannt, dass zahlreiche Probleme, mit denen der Blasformverarbeiter zu kämpfen hat, einfach nur dadurch bedingt sind, dass der Fließkanal am Ende der Düse konisch ausgeführt ist. Die konische Gestaltung hat zur Konsequenz dass:

- sich beim Verfahren des Dorns automatisch die Austrittsgeschwindigkeit der Schmelze verändert
- der Dorn gegen die vom Schmelzedruck resultierende Kraft verfahren werden muss (→ große Kräfte erforderlich, Verfahrensgeschwindigkeit limitiert)
- der Kopf beschädigt wird, wenn der Hub falsch eingestellt, bzw. begrenzt ist
- statische Profilierungen den Schlauchlauf verschlechtern
- statische Profilierungen die Dickenverteilung in Bereichen verschlechtern, wo sie nicht erforderlich beziehungsweise gewünscht sind
- **sich zwangsläufig auch der Düsenaustrittsspalt verändert, wenn der Dorn zur Veränderung der Wirksamkeit einer in den Fließkanal eingebrachten Profilierung verfahren wird.**

Zur Änderung der Wanddicke des Vorformlings in Umfangsrichtung beziehungsweise in radialer Richtung muss der Fließkanal der Düse profiliert werden. Eine Erweiterung oder Verjüngung des Fließkanalspalts an einer konkreten Stelle am Umfang des Fließkanals hat aber zur Folge, dass die Wanddicke des Vorformlings an dieser Stelle über die gesamte Länge größer oder kleiner wird, was in den meisten Fällen nicht der Geometrie des herzustellenden Hohlkörpers gerecht wird. Deswegen stellt die Profilierung häufig einen Kompromiss dar, der der Geometrie des Hohlkörpers in einem Bereich entgegenkommt, der aber die Dickenverteilung des hergestellten Artikels in einem anderen Bereich verschlechtert. Zusätzlich wird im profilierten Bereich die Austrittsgeschwindigkeit verändert, was dazu führt, dass sich der Vorformling beim Austritt aus der Düse in unerwünschter Weise deformiert (Bild 2). In der Praxis führt dies in der Regel dazu, dass man den Fließkanal deutlich geringer profiliert, als es eigentlich erforderlich wäre, da sonst das Schlauchaustrittsverhalten nicht mehr akzeptabel ist.

Der aus verfahrenstechnischer Sicht kritischste Punkt ist allerdings der, dass der konische Fließkanalverlauf zwangsläufig auch dazu führt, dass sich bei einer statischen Profilierung des Dorns oder der Düse auch die Wirksamkeit der Profilierung mit der Änderung der Fließkanalspalthöhe ändert. Dies ist immer dann von Vorteil und wird in der Praxis auch gezielt eingesetzt, wenn die Änderung in die für das Formteil richtige Richtung erfolgt. Wenn man also mit Vergrößerung der Fließkanalspalthöhe auch eine Abnahme des Einflusses der Profilierung benötigt hat man Glück. Wenn die Geometrie des Hohlkörpers allerdings genau das Gegenteil erfordert, steht man mit einem konischen Fließkanal vor einem Problem.

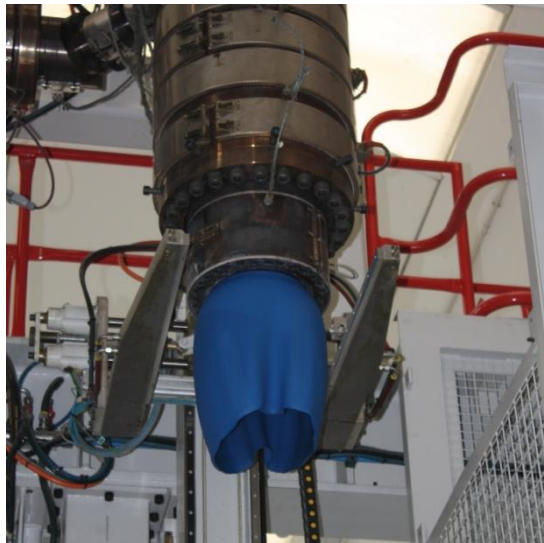


Bild 2 Deformation des Vorformlings in Folge einer Profilierung des Fließkanals

Sollen die beschriebenen negativen Auswirkungen einer statischen Profilierung vermieden werden, dann blieb in der Vergangenheit nichts anderes übrig, als aufwendige und sehr teure dynamische PWDS- oder Flexringsysteme einzusetzen, mit denen die Fließkanalgeometrie während des Austrags des Vorformlings veränderbar ist. Beide heute zum Stand der Technik gehörenden Systeme erfordern aber einen großen technischen Aufwand und demzufolge fallen während des Betriebs auch Wartungsarbeiten und Betriebskosten an. Will man mit diesen Systemen eine radiale Wanddickensteuerung realisieren, so muss man je nach Größe der Düse sehr schnell eine Investitionssumme im sechsstelligen Bereich einkalkulieren.

GWDS-Düsen mit einem zylindrischen Austrittsbereich

Wie sieht es nun aus, wenn man es wagt, sich über das festgeschriebene Fachwissen hinwegzusetzen und eine Blasformdüse im Austrittsbereich einfach zylindrisch gestaltet. Wird dabei auch ein rein zylindrischer Dorn verwendet, so erscheint diese Lösung erst einmal wenig sinnvoll, da in diesem Fall der Dorn angehoben bzw. abgesenkt werden kann, ohne dass sich an der Dicke des Vorformlings etwas ändert. So unsinnig das im ersten Moment erscheint, so beruht gerade darauf einer der wesentlichen Vorteile der zylindrischen GWDS (**G**roß **W**anddicken**s**teuerung)-Lösung, bei der der Austrittsbereich der Düse zylindrisch ist. Bild 3 zeigt exemplarisch eine GWDS-Düse mit dem charakteristischen zylindrischen Fließkanal im Austrittsbereich. Auf der Stirnseite der Düse ist der zugehörige Dorn abgelegt. Er besitzt an seinem Ende einen kurzen konischen Bereich zum Schließen des Fließkanals während des Füllens des Speicherkopfes, für den die Düse gebaut wurde.

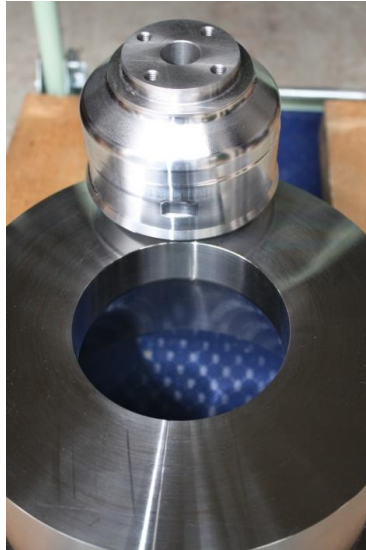


Bild 3 Düse (\varnothing 120 mm) mit zylindrischem Austrittsbereich und zugehörigem profilierten Dorn, der mit Ausnahme des kurzen konischen Endbereichs ebenfalls vorrangig zylindrisch ist, und der um 180 Grad gedreht zu seiner normalen Einbauposition auf der Düse abgelegt ist

Axiale Wanddickenveränderung mit einer zylindrischen GWDS-Düse

Ist ein kurzer Bereich (Länge) des sonst zylindrischen Dorns leicht konisch, so kann man, wie bei der konventionellen konischen Düse auch die axiale Wanddicke des Vorformlings verändern, indem man einfach den Dorn relativ zur Düse axial verschiebt. Somit lässt sich auch mit einer zylindrischen Düse derselbe Hohlkörper mit unterschiedlichen Gewichten herstellen, ohne dass dafür an der Düse oder am Dorn etwas geändert werden muss. Wenn ein Speicherkopf verwendet wird, muss man natürlich auch den untersten Bereich des Dorns konisch gestalten, so dass der Enddurchmesser des Dorns minimal größer ist, als der Düsendurchmesser (siehe Bilder 3, 4 und 6 rechts). Dann kann auch der Fließkanal einer zylindrischen Düse zum Füllen des Speichers komplett geschlossen werden. Somit ergeben sich bezüglich der Möglichkeit die Wanddicke des Vorformlings in axialer Richtung zu verändern keine nennenswerten Nachteile gegenüber einer konventionellen konischen Düse.

Veränderung der Wanddicke des Vorformlings in radialer Richtung

Deutliche Vorteile ergeben sich aber, wenn die Wanddicke des Vorformlings in radialer Richtung verändert werden soll. Natürlich kann man auch bei einer zylindrischen Düse den Fließkanal an einer bestimmten Position über dem Umfang lokal profilieren. Das hat erst einmal ähnliche Auswirkungen, wie sie für die konische Düse beschrieben worden sind. Bei der zylindrischen Düse kann man aber wie das auch bei Profildüsen üblich ist, durch eine geschickte Gestaltung der Fließkanalspaltweiten vor und hinter der Profilierung dafür sorgen, dass die Austrittsgeschwindigkeit der Schmelze trotz der Profilierung exakt der des restlichen Vorformlings entspricht. Dies lässt sich bei einem konischen Fließkanal nur schwer realisieren, da der Fließkanalspalt vom Düsenaustritt in Richtung der Schmelzeinspeisung immer größer wird und sich somit lokale Änderungen der Fließkanalspaltweiten immer weniger bemerkbar machen.

Vorteilhaft an der zylindrischen Lösung ist auch, dass man die Düse in einfacher Weise so auslegen kann, dass das Verfahren des Dorns keine Veränderung der Austrittsgeschwindigkeit des Vorformlings zur Folge hat. Wenn der Durchmesser des Dorns, wie in Bild 4 gezeigt, abgesehen von den lokalen Profilierungen in erster Näherung komplett zylindrisch ist, und damit am Dornende und im Bereich der Dornführung gleich ist, dann bleibt das Fließkanalvolumen und folglich auch die Austrittsgeschwindigkeit der Schmelze beim Verfahren des Dorns konstant. Dabei ist es dann unerheblich, ob der Dorn sehr schnell bewegt wird oder nicht. Es ergibt sich dadurch keine unerwünschte Änderung der Austrittsgeschwindigkeit des Vorformlings.



Bild 4 Aus einzelnen unterschiedlich profilierten Dornscheiben aufgebauter vorrangig zylindrischer Dorn, der an beiden Enden nahezu den gleichen Durchmesser besitzt

Der größte Vorteil, den die zylindrische Lösung besitzt, besteht nun aber darin, dass es sehr einfach möglich wird, die Wanddicke des Vorformlings in radialer Richtung zu verändern, ohne dass dabei die für die konische Düse beschriebenen Nachteile in Kauf genommen werden müssen. Eine aufwendige PWDS- oder Flexringlösung wird somit nicht mehr benötigt. Da nichts deformiert werden muss, werden auch keine speziellen Aktuatoren und besonderen Steuerungen mit speziell zugeschnittener Software mehr benötigt. Es ist schon etwas verblüffend, dass nur durch die Abänderung des Fließkanalverlaufs am Ende der Düse verfahrenstechnische Möglichkeiten entstehen, die sogar noch über die hinausgehen, die bisher nur mit den aufwendigen konventionellen dynamischen radialen Wanddickensteuerungen realisierbar waren.

Statische Profilierung eines GWDS-Düse

So, wie man eine bestimmte Länge des vorrangig zylindrischen Dorns konisch gestalten kann, um eine axiale Wanddickensteuerung zu ermöglichen, so kann man den Dorn an seinem Ende natürlich auch in einem bestimmten Umfangbereich und über eine bestimmte Länge mehr oder weniger stark profilieren (Bild 5). Fährt man dann diesen untersten Bereich des Dorns so weit aus der Düse heraus, dass er sich komplett unterhalb des Düsenendes befindet, so übt diese Profilierung keinen Einfluss auf die Schmelzeverteilung innerhalb der Düse aus. Wird der Dorn allerdings während des Austrags des Vorformlings hochgezogen, so gelangt die lokale Profilierung in den Fließkanal. Je nach Art der Profilierung wird die Dicke des Vorformlings ausschließlich im Bereich, in dem sich die Profilierung befindet, zu- oder abnehmen.

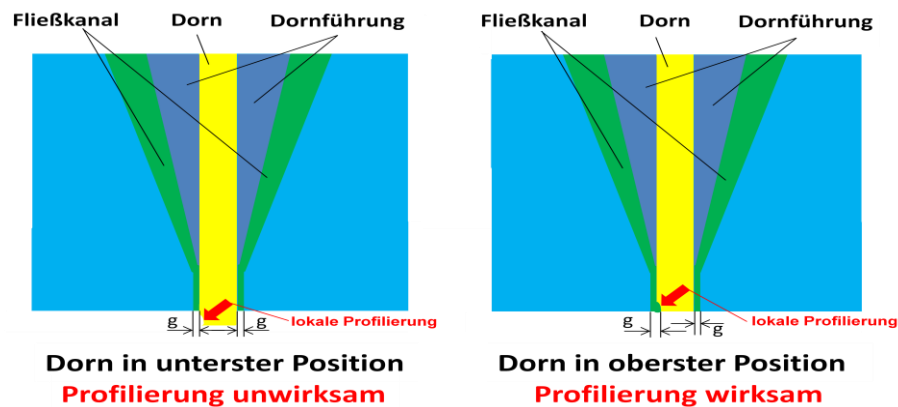


Bild 5 Schnittdarstellung einer GWDS-Düse mit einer lokalen Profilierung am Ende des zylindrischen Dorns

Bild 6 zeigt beispielhaft ein Foto einer kontinuierlichen und einer diskontinuierlichen GWDS-Düse mit weit aus der Düse herausgefahrenen Dornen. Die links abgebildete kontinuierliche GWDS-Düse besitzt im Endbereich eine in dieser Dornposition unwirksame Profilierung. Diese Profilierung beeinflusst die Schmelzeverteilung in der Düse nicht, solange der Dorn sich in dieser Position befindet. Erst wenn der Bereich des Vorformlings ausgetragen wird, für den die Profilierung wichtig ist, wird der Dorn hochgezogen. Nur dann beeinflusst die Profilierung die Verteilung des Schmelzestroms im Fließkanal. Die GWDS-Düse auf der rechten Seite besitzt am Dornende einen sehr kurzen divergenten Bereich, der notwendig ist, um den Fließkanal zum Füllen des Speichers schließen zu können.

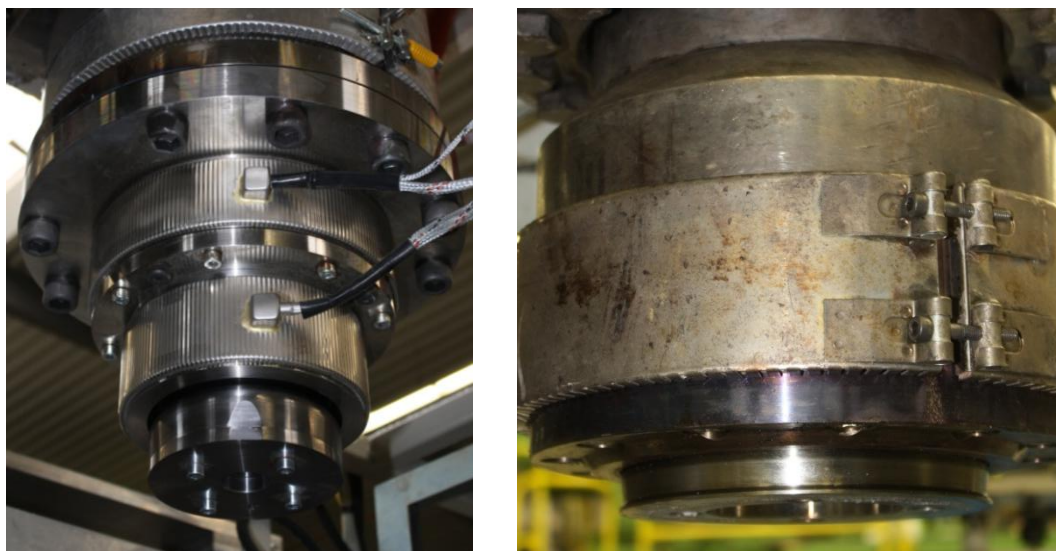


Bild 6 Foto einer Kippdüse (\varnothing 135 mm) in GWDS-Ausführung für den kontinuierlichen Betrieb (links) sowie einer GWDS-Düse (\varnothing 170 mm) für den diskontinuierlichen Betrieb (rechts), bei denen der Dorn jeweils weit aus der Düse herausgefahren ist

Die Ausdehnung der Wanddickenveränderung in Umfangsrichtung des Vorformlings kann somit über die Breite der Profilierung auf dem Dorn festgelegt werden. Die Länge der Dickenänderung in axialer Richtung des Vorformlings lässt sich über die Zeit, die der Dorn in der speziellen Stellung verbleibt, sehr einfach verändern. Auf diese Weise kann ein viel größerer Unterschied in der Wanddicke des

Vorformlings erreicht werden, als dies beispielsweise mit einem komplizierten PWDS- oder einem Flexringsystem möglich ist. Auch kann die Dickenänderung über eine viel kleinere Fläche erfolgen, als dies mit einem konischen Werkzeug und den aufwendigen Systemen zur dynamischen radialen Wanddickensteuerung erreichbar ist. Ist die Profilierung in ihrer Geometrie, das heißt in ihrer Tiefe und ihrer Länge richtig ausgeführt, dann ergibt sich auch keine Änderung der Austrittsgeschwindigkeit der Schmelze gegenüber beispielsweise einem benachbarten nicht profilierten Fließkanalbereich. Das heißt auch das Austrittsverhalten des Vorformlings wird im Gegensatz zur konischen Düse durch die Profilierung nicht negativ beeinflusst.

Bild 7 zeigt den Vergleich der Dickenverteilung eines Kraftstoffbehälters, der konventionell mit einem konischen Werkzeug hergestellt wurde, mit der eines Behälters, bei dem eine zylindrische GWDS-Düse zum Einsatz kam. Versuche beim konischen Werkzeug die Dickenverteilung des Behälters mit Hilfe eines PWDS-Systems oder eines Flexringsystems zu verbessern, wurden erst gar nicht unternommen, da die Kosten zu hoch waren, und die zu erwartende Verbesserung der Wanddickenverteilung demgegenüber zu gering. Der Vorformling muss nämlich im Bereich der Einfüllöffnung die Wanddicke erreichen, die der konventionell hergestellte Behälter unterhalb des Griffbügels besitzt, um die geforderte minimale Wanddicke am Gewindeende zu realisieren. Eine so gravierende Änderung des Fließkanalspalts ist selbst mit einer bereits extrem flexiblen Flexringhülse nicht zu erreichen.

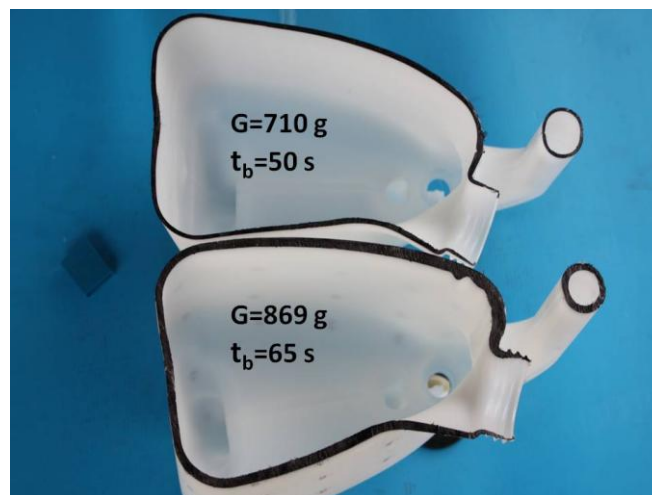


Bild 7 Wanddickenverteilung eines aufgeschnittenen Kraftstoffbehälters, der mit einer konischen (unten) und einer zylindrischen GWDS-Düse (oben) hergestellt worden ist [G = Gewicht; t_b = Blas- bzw. Kühlzeit]

Die mit der zylindrischen Düse realisierte Wanddickenverteilung zeigt dagegen, dass es tatsächlich möglich ist auf einer sehr kleinen eng begrenzten Fläche des Vorformlings die Wanddicke extrem zu verändern. Da beide Behälter eine vergleichbare Wanddicke am Ende des Gewindes des Einfüllstutzens besitzen, muss vor dem Aufblasen und damit vor der Verstreckung die Wanddicke des Vorformlings in diesem Bereich gleich gewesen sein. Allerdings ist es nicht einfach, die für einen vorgegebenen Hohlkörper optimale Dorngeometrie zu erreichen. Insbesondere, wenn kein Simulationsprogramm zur Ermittlung der komplexen dreidimensionalen Strömungsverhältnisse im Fließkanal zur Verfügung steht, muss die komplexe dreidimensionale Schmelzeverteilung in der Düse rein empirisch optimiert werden.

Ähnlich wie es vielfach bei der Auslegung von Profilwerkzeugen noch praktiziert wird, muss auch die Dorngeometrie in mehreren Einfahrversuchen profiliert werden. So wie ein Profilwerkzeug meist aus mehreren einzelnen Platten besteht, so hat es sich beim Einsatz einer zylindrischen GWDS-Düse als vorteilhaft erwiesen, wenn der Dorn aus einzelnen Scheiben aufgebaut ist (siehe auch Bild 4), deren Geometrie dann beim Einfahren der Düse einzeln und unabhängig voneinander verändert bzw. profiliert werden kann, um bei einheitlicher Austrittsgeschwindigkeit der Schmelze aus der Düse die an jeder Stelle im Vorformling gewünschte Dicke erreichen zu können. Die bei dem in Bild 7 gezeigten Kraftstoffbehälter mit der zylindrischen Düse erreichte Gewichtseinsparung und die Reduktion der Blaszeit beziehungsweise der Kühlzeit sind ein eindeutiger Beweis dafür, dass die einfache GWDS-Technologie, die mit einer massiven zylindrischen Düse und einem einfachen massiven Dorn auskommt, und die keine zusätzlichen Aktuatoren und auch keine spezielle zusätzliche Steuerungssoftware benötigt, dem etablierten dynamischen radialen Wanddickenregelungssystem deutlich überlegen ist.

Mehrfachköpfe mit GWDS-Düsen

Mit zylindrischen GWDS-Düsen kann endlich auch die Wanddicke von Vorformlingen mit einem kleinen Durchmesser in einzelnen Längenabschnitten unabhängig voneinander radial profiliert werden. Jedes Mehrfachwerkzeug, unabhängig von der Größe des jeweiligen Stichmaßes, kann ganz einfach mit GWDS-Düsen ausgerüstet werden, da im Vergleich zu einer konventionellen Düse kein größerer Bauraum benötigt wird. Somit lässt sich erstmals auch die Wanddicke von Vorformlingen, die einen kleinen Durchmesser besitzen, über dem Umfang in einer optimierten Weise profilieren. Dabei kann die radiale Dickenverteilung entsprechend den Erfordernissen des jeweiligen Artikels in vorgegebenen Längenabschnitten unterschiedlich profiliert werden. Bild 8 zeigt beispielhaft einen Vierfachkopf, mit dem 1 Liter Ölflaschen produziert werden.



Bild 8 Mit GWDS-Düsen (Düsendurchmesser 40 mm) nachgerüsteter Vierfachkopf mit den im Inneren der Vorformlinge erkennbaren Dornen, die weit aus den Düsen herausgefahren sind

Völlig neue verfahrenstechnische Möglichkeiten ergeben sich, wenn ein Mehrfachwerkzeug auch noch mit elastischen Kippgelenken ausgerüstet wird. Dann kann selbst bei einem Mehrfachwerkzeug die Wanddicke jedes einzelnen Vorformlings durch dynamisches Kippen der Düsen für Schlauchkrümmungen optimiert werden. Zusätzlich kann auch noch der Vorformling mit Hilfe der GWDS-Düsen in seiner Wanddickenverteilung angepasst werden, wenn sich die Querschnittsgeometrie des Schlauchs über seiner Länge ändert. Bild 9 zeigt einen entsprechenden Nachrüstatz, mit dem jede

einzelne GWDS-Düse über einfache Schrittmotoren, auf deren Achse ein Exzenter montiert ist, individuell dynamisch gekippt werden kann. Zusätzlich lässt sich der Vorformling nicht nur für den runden Schlauchbereich mit einer exakt gleichen Wanddicke über dem Umfang herstellen, sondern auch beispielsweise mit einer für einen eckigen Schlauchbereich optimierten Wanddickenverteilung. Auch in diesem Fall besitzen alle Dorne an ihrem Ende eine für den eckigen Schlauchabschnitt ideale Profilierung, die wiederum aus den Düsen herausgefahren wird, wenn der Vorformling für die runden Schlauchabschnitte ausgetragen wird.

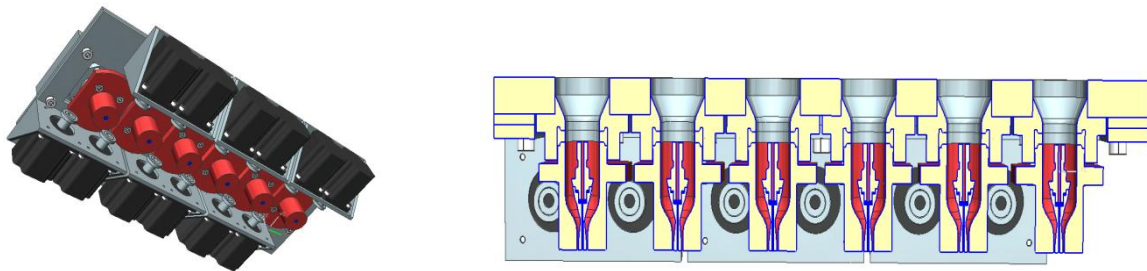


Bild 9 Kompletter Nachrüstsatz für einen Sechsfachkopf (Düsendurchmesser 10 mm), um die Vorteile der Kipp- (linke Seite) und der GWDS-Technologie (Querschnittsdarstellung auf der rechten Seite) bei der Herstellung von Schläuchen mit einer komplexen Geometrie nutzen zu können

Fazit

Probleme, wie die negative Beeinflussung der Austrittsgeschwindigkeit des Vorformlings durch eine statische Profilierung des Fließkanals, sowie die dadurch bedingte Deformation des Vorformlings, oder die unerwünschte Änderung der Austrittsgeschwindigkeit des Vorformlings beim Verfahren des Dorns, sind direkte Folgen der konischen Fließkanalgestaltung. Eine kurzzeitige Änderung der Vorformlingswanddicke an einer speziellen lokal begrenzten Stelle ohne gleichzeitige Änderung der restlichen Wanddicke über dem Umfang ist bei konischen Düsen nur unter Verwendung der extrem teuren und aufwendigen PWDS- oder Flexringsysteme möglich.

Benutzt man eine zylindrische GWDS-Düse, so sind ausnahmslos alle verfahrenstechnischen Möglichkeiten verfügbar, die bei einer konischen Gestaltung des Austrittsbereichs der Düse möglich sind. Eine zylindrische GWDS-Düse überwindet aber die bei einer konventionellen konischen Düse vorhandenen Probleme der negativen Beeinflussung des Schlauchlaufs und der Schlauchverformung in Folge einer statischen Profilierung sowie der Änderung der Austrittsgeschwindigkeit des Vorformlings beim Verfahren des Dorns. Bisher existiert aber noch wenig Erfahrung, bei der Festlegung der optimalen Geometrie für den dreidimensionalen profilierten Dorn.

Steht keine Simulationssoftware zur Verfügung, mit der das komplexe dreidimensionale Strömungsfeld innerhalb der Düse berechnet werden kann, bleibt nur das empirische "try and error" Verfahren, wie es nach wie vor auch beim Blasformen üblich ist, wenn der Fließkanal von konischen Düsen statisch profiliert wird. Das Profilieren einer zylindrischen Düse kann man aber besser Vergleichen mit der Optimierung von komplizierten Profildüsen während der Einfahrphase. In beiden Fällen muss man unabhängig von unterschiedlichen Fließkanalspaltweiten am Düsenmund und damit unterschiedlichen Wanddicken im Profil bzw. im Vorformling an allen Stellen des Profils oder des Vorformlings die gleiche Austrittsgeschwindigkeit der Schmelze realisieren. Diesbezüglich muss sich sowohl der

Düsenkonstrukteur als auch der Einfahrtspezialist zwangsläufig neue Kenntnisse und Erfahrungen aneignen, will er die Vorteile einer zylindrischen Düsengestaltung nutzen.

Der aber wohl bedeutendste Vorteil einer zylindrischen GWDS-Düsengestaltung besteht nun ohne Zweifel darin, dass man mit einer massiven GWDS-Düse und einem ebenfalls massiven Dorn auf verblüffend einfache Weise eine dynamische radiale Wanddickensteuerung realisieren kann. Die bei einer konischen Düse notwendige Beschaffung eines teuren PWDS- oder Flexringsystems, das dann auch noch während der Nutzung erhöhte Betriebskosten zur Folge hat, wird völlig überflüssig. Dies führt im Fall der Neubeschaffung einer Düse nicht nur zu einer Kostenersparnis von mindestens 50.000 Euro, sondern reduziert auch den Wartungsaufwand und vermindert die Anfälligkeit des Verfahrens gegenüber unerwünschten Störungen.

Dennoch kann man bei Vermeidung von erhöhten Betriebskosten mit einer zylindrischen GWDS-Düse größere Wanddickengradienten im Vorformling erreichen. Dies ist der Grund, weshalb sich speziell bei Hohlkörpern mit starken lokalen Änderungen der Querschnittsgeometrie bessere Wanddickenverteilungen erreichen lassen. Da GWDS-Düsen unabhängig vom jeweils benötigten Durchmesser genutzt werden können, ist es letztendlich möglich mit einer GWDS-Düse die Qualität jedes Hohlkörpers, der zur Zeit weltweit im Extrusionsblasformverfahren produziert wird, weiter zu verbessern, und dabei den Materialverbrauch und den Energieverbrauch zu verringern und zusätzlich auch noch die Kapazität der Blasformmaschine durch die Reduzierung der Zykluszeit zu erhöhen.

Literatur

- 1 Thielen, M. Hartwig, K. Gust, P.: Blasformen von Kunststoff-Hohlkörpern, Carl Hanser Verlag, München Wien 2006
- 2 Hensen, F. Knappe, W. Potente, H.: Handbuch der Kunststofftechnik II Extrusionsanlagen, Carl Hanser Verlag, München Wien 1986
- 3 Grünewald, J. Entwicklung und Erprobung neuer Werkzeugkonzepte zur radialen Wanddickenbeeinflussung beim Extrusionsblasformen, Dissertation RWTH Aachen 2004