

Dr.-Ing. Heinz Groß, Kunststoff-Verfahrenstechnik, Roßdorf

Neue Düsenkonstruktionen für das Blasformen

Reduziertes Gewicht und verbesserte Teilequalitäten

Stand der Technik

Blasformdüsen müssen immer aufs Neue vom Maschinenführer zentriert werden, nachdem die Düse gewechselt oder gereinigt worden ist. Die Zentrierung erfolgt in aller Regel mit Hilfe von Stellschrauben, die radial über dem Umfang des Kopfes angeordnet sind. Die Güte der Zentrierung hängt deshalb vorrangig von der Qualifikation des Anlagenbedieners ab und natürlich auch von der Sorgfalt, mit der er beim Zentrieren vorgeht. Auch die Dauer der Einstellung und damit die Maschinenkapazität und der Rohstoff, die dabei verloren gehen, sind folglich immer noch abhängig von dem jeweiligen Bedienpersonal. Darüber hinaus wird beim Extrusionsblasformen auch noch unnötig viel Material verbraucht, weil die meisten im Blasformverfahren produzierten Hohlkörper nach wie vor unter Verwendung eines zentrischen, nicht profilierten Fließkanals, der von einem massiven, konischen Dorn und von

einer massiven konischen Düse gebildet wird, hergestellt werden. Die Wanddickenverteilung des Vorformlings über dem Umfang ist aus diesem Grund in aller Regel nicht in idealer Weise für den herzustellenden Artikel optimiert. Deshalb gehört der Einsatz von PWDS- oder auch Flexringsystemen inzwischen bei einigen Produkten zum Standard. Mit diesen Technologien wird der Fließkanalspalt zur Verbesserung der Wanddickenverteilung des Hohlkörpers während des Austrags des Vorformlings unter Verwendung von verformbaren Düsen verändert. Bei diesen technisch sehr aufwendigen Lösungen wird der Fließkanalspalt über dem Umfang und damit natürlich auch die Wanddicke des Vorformlings lokal beeinflusst, um den unterschiedlichen Verstreckgraden, die prinzipiell in jedem Hohlkörper in mehr oder minder starker Form auftreten, gerecht zu werden. Bei der überwiegenden Anzahl der im Blasformen hergestellten Hohlkörper

per lohnt es sich allerdings aus betriebswirtschaftlicher Sicht nicht, solche Systeme einzusetzen. Das Verhältnis des technischen Aufwands, der mit diesen etablierten, komplizierten, dynamischen Verstellsystemen getrieben werden muss, zu dem letztendlich damit erzielten Nutzen ist häufig zu schlecht.

Obwohl schon seit über einem halben Jahrhundert Hohlkörper im Blasformverfahren hergestellt werden, ist es bisher nicht gelungen, eine einfache und kostengünstige Zentrierlösung zu finden, mit der man auch automatisiert die relative Position der Düse zum Dorn optimieren kann. Abgesehen von aufwendigen Schiebedüsenlösungen, war es bisher auch nicht möglich, eine einmal gefundene optimale Düsenposition bei einem Neustart der Anlage wieder exakt reproduzieren zu können. Für Düsen, deren Durchmesser kleiner als 80 mm bzw. größer als 700 mm ist, konnte zudem bisher auch noch keine technische Lösung gefunden werden, um überhaupt eine dynamische

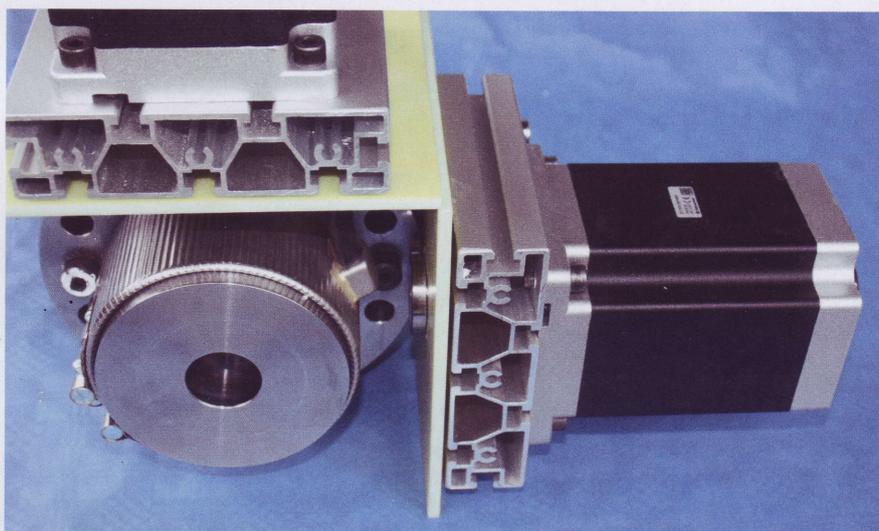
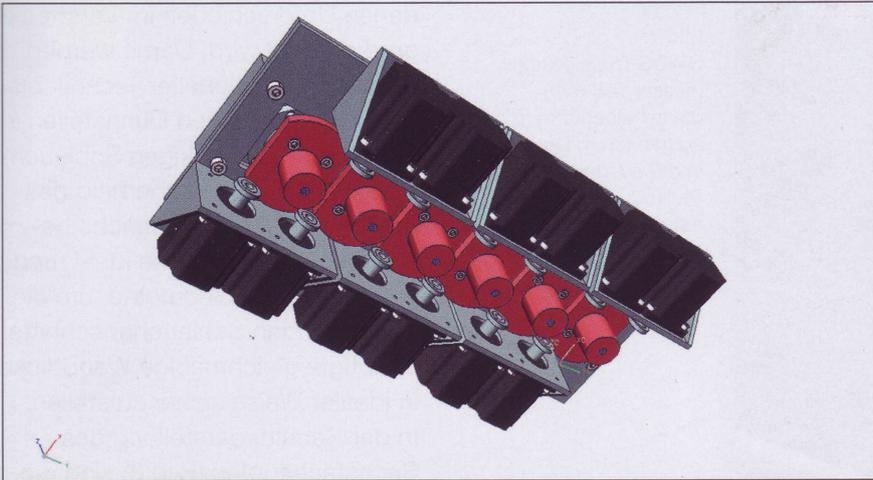


Bild 1:
Kippdüse mit zwei Schrittmotoren, die über wärmeisolierende Stehbolzen angeflanscht und auf Befestigungsprofile aufgeschraubt sind, die gleichzeitig als Kühlkörper fungieren, um ein Überhitzen der Antriebe zu vermeiden



radiale Wanddickensteuerung zu ermöglichen. Bis heute werden deshalb kleinere Hohlkörper, wie bereits erwähnt, in aller Regel mit einem massiven konischen Dorn und einer massiven konischen Düse hergestellt. Je nach Formteil, das hergestellt werden muss, wird bestenfalls entweder der Dorn oder aber die Düse statisch profiliert, um in bestimmten Bereichen des Vorformlings größere Wanddickenänderungen zu erreichen, die den unterschiedlichen Verstreckgraden, die im herzustellenden Hohlkörper auftreten, angepasst sind.

Bei nicht profilierten Düsen nimmt man zwangsläufig in Kauf, dass die Wanddicke im Hohlkörper mit den in unterschiedlichen Bereichen des Hohlkörpers sich verändernden Verstreckgraden schwankt. Bei statischen profilierten Fließkanälen muss dagegen auch hingenommen werden, dass der Vorformling über

seine gesamte Länge durch die in den Fließkanal eingebrachten lokalen Profilierungen beeinflusst wird. Dabei wird notgedrungen ein Kompromiss eingegangen zwischen Bereichen, in denen die Profilierung vorteilhaft ist, und solchen, in denen die Profilierung von Nachteil ist. Bei Verwendung einer konventionellen konischen Düse mit einem ebenfalls konischen Dorn kann nicht vermieden werden, dass die Wirksamkeit der Profilierung für unterschiedliche Bereiche im Hohlkörper nur veränderbar ist, wenn beim Verfahren des Dorns auch gleichzeitig der Fließkanalspalt am Austritt der Düse über den gesamten Umfang des Fließkanals verändert wird. Beides führt letztendlich zu Dickenverteilungen in blasgeformten Hohlkörpern, die in keinem Bereich der Hohlkörper optimal sind [1].

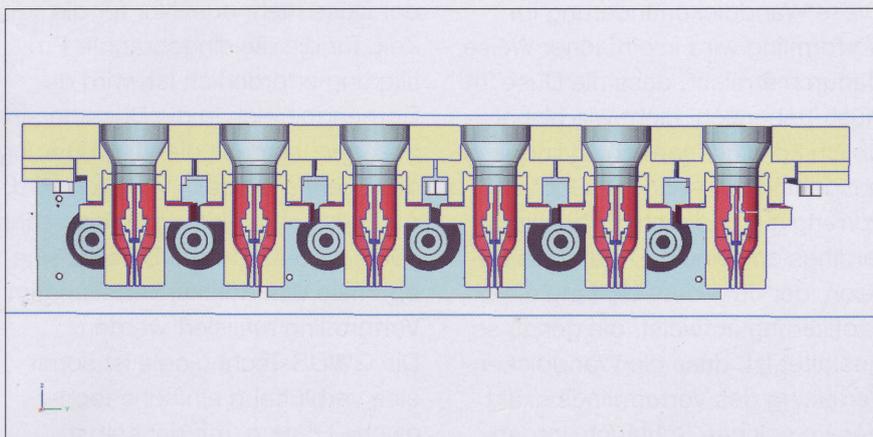


Bild 2:

Umrüstsatz, um auf einem vorhandenen Kopf mit Hilfe der Kipp- als auch der GWDS-Technologie gekrümmte Schläuche mit sich verändernder Querschnittsfläche mit einer verbesserten Wanddickenverteilung herstellen zu können

Neuartige Kipptechnologie

Mit der Entwicklung der patentierten Kipptechnologie [2,3] und der zum Patent angemeldeten GWDS-Technologie [1] hat sich diese Situation einschneidend verändert. Durch die Integration eines kostengünstigen elastischen Kippgelenks lässt sich inzwischen eine Düse in einfacher Weise mit Hilfe von Stellantrieben vom Steuerpult aus zentrieren. Dies ermöglicht dann auch gleich ein dynamisches Kippen der Düse während des Austrags des Vorformlings mit Hilfe von zwei einfachen Schrittmotoren (Bild 1).

Damit werden unter anderem die technisch aufwendigen und darüber hinaus auch noch sehr störanfälligen und wartungsintensiven Schiebedüsen, die bei der Produktion von gekrümmten Schläuchen zur Zeit standardmäßig eingesetzt werden, überflüssig. Die Kippbewegung wird über Exzenter, die auf dem Achsende der Schrittmotoren angebracht sind, realisiert. Über den Exzenter, der direkt auf den Flansch der Düse wirkt, wird die Düse gekippt. Die Kipptechnologie hat gegenüber der konventionellen Schiebedüse die Vorteile, dass sie viel kostengünstiger herzustellen ist, dass im Betrieb keine metallischen

Bild 3:

Schnittansicht des Umrüstsatzes für den Sechsfachkopf, mit den im Endbereich zylindrischen GWDS-Düsen und Dornen



Bild 4:
GWDS-Düse (Durchmesser 145 mm) mit scheibenförmig aufgebautem Dorn in der ausgefahrenen Stellung, in der die auf dem Umfang eingebrachte lokale Profilierung unwirksam ist

Teile verschleiben und es die erste Lösung ist, die eine dauerhafte Leckagefreiheit gewährleistet. Sie erfordert zudem wenig Bauraum und kann deshalb auch bei Mehrfachköpfen eingesetzt werden. Bild 2 zeigt einen Nachrüstsatz für einen bestehenden Sechsfachkopf, mit dem Schläuche, die eine Krümmung und eine Querschnittsänderung besitzen, hergestellt werden. Jede einzelne Düse besitzt erst einmal ein elastisches Kippgelenk. Damit können über jeweils zwei Schrittmotoren die einzelnen Düsen unabhängig voneinander feinfühlig zentriert und dann auch noch gekippt werden, während der Vorformling ausgetragen wird. Darüber lässt sich dann im Bereich der Schlauchkrümmung die Wanddicke des Vorformlings entsprechend den Unterschieden im Verstreckgrad, die auf der Innen- und der Außenseite der Krümmung vorhanden sind, anpassen.

Neuartige GWDS-Technologie

Zusätzlich sind die einzelnen Düsen aber auch noch als GWDS-Düsen [1], also mit einer rein zylindrischen Düse und einem profilierten nahezu zylindrischen Dorn ausgeführt.

Das ermöglicht erstmals, dass auch noch die Unterschiede im Verstreckgrad, die durch eine Querschnittsänderung im Schlauch bedingt sind, bei der Realisierung der angestrebten Wanddickenverteilung in bestimmten Bereichen des Vorformlings berücksichtigt werden können. Der Vorformling besitzt damit in den Bereichen, in denen der Schlauch einen idealen runden Querschnitt aufweist, auch eine exakt gleiche Wanddicke über seinem Umfang. Er hat aber über die Länge, über die der Schlauchquerschnitt eine eckige Geometrie besitzt, eine sich über dem Umfang ändernde, der eckigen Schlauchgeometrie genau angepasste Wanddickenverteilung. Diese Wanddickenänderung im Vorformling wird in einfacher Weise dadurch erreicht, dass die Düse im Austrittsbereich, nicht wie bisher üblich konisch, sondern zylindrisch ausgeführt ist. Auch der Dorn ist vorrangig zylindrisch. Er besitzt allerdings an seinem Ende einen Bereich, der über dem Umfang eine Profilierung aufweist, die genau so gestaltet ist, dass die Wanddickenverteilung des Vorformlings exakt den im eckigen Schlauch vorhan-

denen Unterschieden im Verstreckgrad gerecht wird. Damit werden die mit konventioneller Technik bisher unvermeidlichen Dünnstellen in den Kanten des eckigen Schlauchbereichs eliminiert. Oberhalb des profilierten Dornendbereichs besitzt der Dorn aber eine ideal runde nicht profilierte Geometrie, um die für die runden Schlauchabschnitte benötigte gleichmäßige Wanddicke in idealer Weise sicher zu stellen. In der Schnittdarstellung des Sechsfachkopfes (Bild 3) sind die im Endbereich ebenfalls zylindrischen Fließkanäle zu erkennen. Da der Durchmesser der einzelnen Dornendbereiche kleiner ist als der Austrittsdurchmesser der Düsen, können die Dorne, die, wie beschrieben, im Endbereich eine der eckigen Schlauchgeometrie entsprechende Profilierung aufweisen, aus der Düse herausgefahren werden, wenn die Profilierung nicht benötigt wird, beziehungsweise nur störend wäre.

GWDS-Technologie bei größeren Düsendurchmessern

Bild 4 verdeutlicht am Beispiel einer großen GWDS-Düse, dass es möglich ist, den profilierten Dornendbereich beim Austragen von Vorformlingsbereichen, in denen die eingebrachte Profilierung nur störend ist, komplett aus der Düse herauszufahren. Damit übt die aus der Düse herausragende Profilierung bei dieser Dornstellung überhaupt keinen Einfluss auf die Schmelzeverteilung im Fließkanal der Düse mehr aus. Nur für die Zeit, für die die eingebrachte Profilierung erforderlich ist, wird der Dornendbereich in die Düse hereingezogen, so dass die Vergrößerung des Fließkanalspalts wirksam wird. Auf diese sehr einfache Weise kann dann auch für diesen Bereich eine optimale Wanddickenverteilung im Vorformling realisiert werden. Die GWDS-Technologie ist somit eine verblüffend einfache technische Lösung, mit der selbst

Wanddickenverteilungen von blasgeformten Hohlkörpern, die man bisher mit den etablierten dynamischen Wanddickensteuerungen produziert hat, weiter verbessert werden können. Eine GWDS-Düse ist von außen nicht von einer einfachen konventionellen, massiven Düse zu unterscheiden. Nur durch den herausgefahrenen nahezu zylindrischen im Endbereich profilierten Dorn und die fehlenden, sonst bei konventionellen Düsen üblichen radialen Zentrierschrauben, ist erkennbar, dass es sich bei der in Bild 4 gezeigten Düse um eine GWDS-Düse mit einem integrierten elastischen Kippgelenk handelt. Jeder bestehende Blaskopf lässt sich in einfacher Weise mit einer GWDS-Düse und einem elastischen Kippgelenk nachrüsten. Ebenso kann ein umgerüsteter Kopf auf jeder normalen Blasformmaschine, ohne dass dafür eine Sonderausrüstung mit Aktuatoren oder eine zusätzliche Software erforderlich wäre, betrieben werden. Bild 5 zeigt beispielhaft in einer Querschnittsdarstellung einen Nachrüstsatz für einen vorhandenen größeren Einfachkopf, der ursprünglich konventionell mit einem PWDS-System ausgestattet wurde. Ähnlich wie bei der Verwendung eines SFDR-Dorns kann für das herzustellende Formteil eine statische Grundprofilierung in den Fließkanal einge-

bracht werden. Bei der GWDS-Technik kann diese Grundprofilierung so eingebracht werden, dass die Austrittsgeschwindigkeit der Schmelze gegenüber dem nicht profilierten Bereich gleich bleibt. Auf Grund der zylindrischen Fließkanalgeometrie im Düsenendbereich verändert sich der Einfluss dieser Profilierung auf die Schmelzeverteilung in der Düse auch bei einer Veränderung der Dornposition nicht, solange die Profilierung innerhalb der Düse verbleibt. In der unteren Dornscheibe können nun spezifische Profilierungen eingearbeitet werden, die zusätzlich zur Grundprofilierung für einen speziellen Bereich des Formteils von Vorteil sind (siehe beispielhaft Bild 4). Dies kann prinzipiell mit einer Deformation der PWDS- oder einer Flexring-Düse verglichen werden, bei der unter Beibehaltung der Grundprofilierung die Fließkanalgeometrie für eine vorgegebene Zeit zusätzlich verändert wird. Jedoch sind sowohl bei der Flexring-Düse als auch in noch stärkerem Maß bei einer steiferen PWDS-Düse der Deformation der Düse klare Grenzen gesetzt. In dieser Hinsicht besitzt die GWDS-Düsenkonfiguration entscheidende Vorteile. Bei der Profilierung der letzten Dornscheibe können in Achs- und in Umfangsrichtung extrem große Änderungen in der Höhe des Fließkanals

DIE NR. 1 FÜR WELTPREMIEREN K 2013

Seien Sie gespannt auf Ihre weltweit wichtigste Business- und Kontaktplattform. Rund 3.000 Aussteller aus über 50 Ländern präsentieren Ihnen auf über 168.000 m² Netto-Ausstellungsfläche innovative, nachhaltige Lösungen und visionäre Konzepte in den Bereichen Maschinen und Ausrüstung, Roh- und Hilfsstoffe, Halbzeuge, technische Teile und verstärkte Kunststoffe und Kunststofferzeugnisse. Planen Sie jetzt Ihren Besuch. Willkommen auf Ihrer K 2013.

Internationale Messe
Nr. 1 für Kunststoff und
Kautschuk weltweit



2013

16 - 23 October
Düsseldorf, Germany

makes the
difference

realisiert werden (siehe Bild 7). Man kann völlig unabhängig von der natürlichen Biegelinie der jeweiligen flexibel deformierbaren Düse, die extrem eingeschränkt ist, nahezu beliebige Änderungen in der Fließkanalgeometrie erzeugen. Somit ist es mit einer GWDS-Düse problemlos möglich, die Wanddicke des Vorformlings in einem Abstand von nur 20 mm zu verdoppeln, was beispielsweise selbst mit einer Flexring-Düse niemals realisierbar ist.

Ein großer Vorteil der GWDS-Technologie besteht weiterhin darin, dass sie sich jederzeit ohne Einschränkungen bei jedem im Extrusionsblasformen verwendeten Düsendurchmesser einsetzen lässt. Folglich können die Vorteile der GWDS-Technologie für alle blasgeformten Teile, unabhängig wie groß oder klein sie auch sind, genutzt werden, um die Qualität

der Hohlkörper weiter zu steigern und dabei auch noch das Gewicht zu reduzieren. Mit der Technologie können wie erläutert deutlich größere Dickengradienten im Vorformling erzeugt werden, so dass die Wanddicke von lokal begrenzten Unterschieden im Verstreckgrad, wie sie häufig speziell bei technischen Teilen auftreten, bei der Dickenverteilung im Vorformling berücksichtigt werden können. Bild 6 zeigt im Schnitt einen weiteren GWDS-Umrüstsatz für einen Speicherkopf, mit dem die kritische Dünnstelle im Bereich einer lokalen Ausbuchtung eines Automobilteils beseitigt werden konnte.

Bild 7 zeigt ein Foto der an den Kopf nachgerüsteten GWDS-Düse. Die am Ende des Dorns befindliche abschließende konische Dornscheibe bleibt ohne Profilierung. Sie hat lediglich die

Funktion den Fließkanal während des Füllens des Speichers verschließen zu können. Bild 8 demonstriert, dass mit der GWDS-Technologie extreme lokale Profilierungen möglich werden, um die Wanddicke des Vorformlings auf einer sehr geringen Fläche gegenüber benachbarten Bereichen vergrößern zu können. Da die Bereiche im Hohlkörper, die derart extreme Wanddickenänderungen erfordern, in aller Regel nur eine geringe Ausdehnung in axialer Richtung besitzen, führt das trotz der gravierenden Profilierung nicht zu Problemen mit dem Schlauchlauf, da die Profilierung während des Austrags des Vorformlings nur ganz kurz im Einsatz ist.

Fazit

Sowohl die Kipp- als auch die GWDS-Technologie lösen verfahrenstechnische Aufgabenstellungen, die im Blasformen bisher überhaupt nicht oder nur unbefriedigend gelöst werden konnten. Dies in einer Art und Weise, die nicht, wie es bei Neuentwicklungen häufig der Fall ist, das Verfahren komplexer und aufwendiger werden lässt. Beide Technologien führen im Gegenteil eher zu einer Vereinfachung der Kopf- und Düsenkonstruktion. In beiden

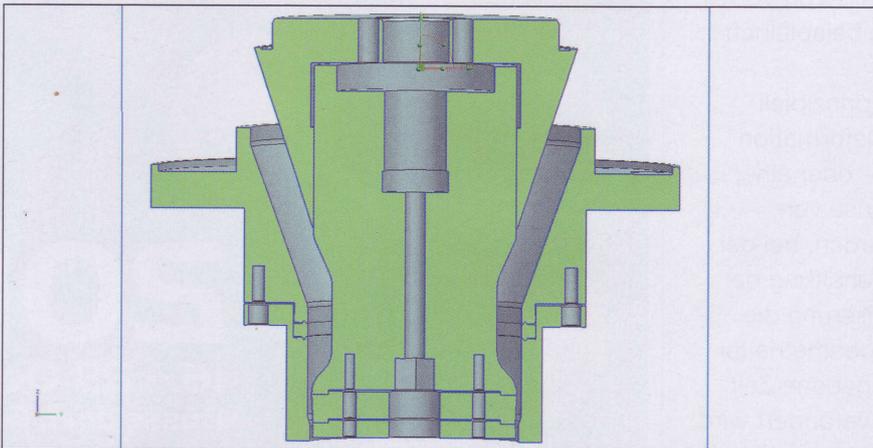


Bild 5: Schnittdarstellung der Komponenten eines Umrüstsatzes zur Nutzung der Kipp- und der GWDS-Technologie zur Verbesserung der Wanddickenverteilung (Düsendurchmesser 145 mm)

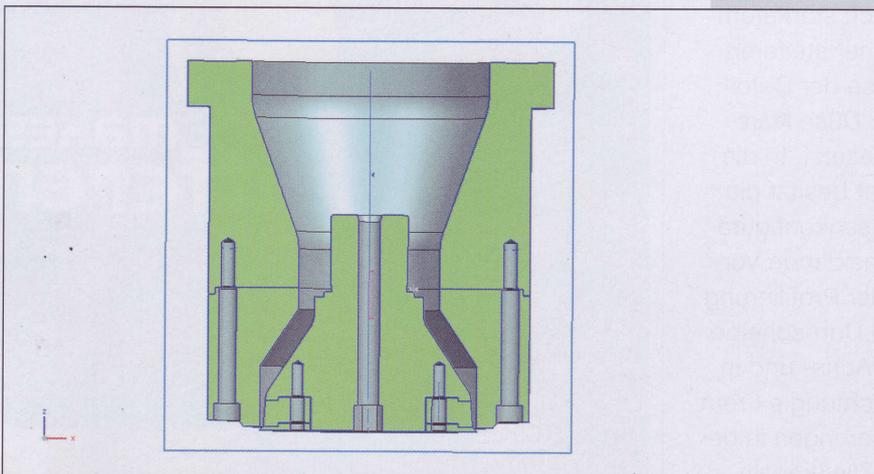


Bild 6: GWDS-Nachrüstsatz für einen Speicherkopf, mit dem ein technisches Teil mit einer extremen lokalen Ausbuchtung hergestellt wird (Düsendurchmesser 170 mm)

Fällen ergeben sich auch Einsparungen bei den Fertigungskosten für die Düsen. Die Verwendung einer einfachen elastischen Dichtung in der Trennebene zwischen dem Kopf und der Düse erlaubt erstmals eine normale Düse nicht nur automatisch sondern auch reproduzierbar zu zentrieren. Die Verwendung einfacher massiver zylindrischer, bereichsweise profilierter Dorne und einer ebenso einfachen massiven, zylindrischen nicht deformierbaren Düse ermöglichen es ebenfalls erstmals beim Blasformen die Wanddickenverteilung im Vorformling für zwei unterschiedlich gestaltete Hohlkörper in idealer Weise an die Verstreckverhältnisse, die in den beiden unterschiedlichen Bereichen des Hohlkörpers vorhanden sind, anzupassen. Es werden dafür weder eine aufwendige verstellbare Düse noch zusätzliche Stellantriebe oder eine ergänzende Steuerungssoftware benötigt. Dennoch kann man mit der GWDS-Technologie deutlich größere Wanddickenunterschiede über dem Umfang des Vorformlings erreichen, als dies mit irgendeiner bisher auf dem Markt verfügbaren Technik möglich ist. Jeder zur Zeit verwendete Kopf, ob es sich um einen Einfach- oder aber auch einen Mehrfachkopf handelt, kann unabhängig von seinem Düsendurchmesser in einfacher Weise und mit geringen Kosten mit einer GWDS-Düse nachgerüstet werden. Extrem kleine Köpfe als auch extrem große Köpfe können problemlos nachgerüstet werden. Speziell bei kleineren Blasformartikeln, die momentan mit einer nicht profilierten Fließkanalgeometrie hergestellt werden, erreicht man auf Grund der geringen Umrüstkosten und der großen Stückzahlen extrem kurze Amortisationszeiten. Prinzipiell kann jeder blasgeformte Hohlkörper, der zur Zeit im Blasformverfahren produziert wird,

Bild 7:
Mit einer GWDS-Düse nachgerüsteter
Speicherkopf entsprechend der in
Bild 6 gezeigten Zeichnung mit
ausgefahretem Dorn

selbst wenn er, wie erläutert, mit einem aufwendigen PWDS-System hergestellt wird, unter Beibehaltung aller geforderten anwendungstechnischen Eigenschaften mit reduziertem Gewicht und kürzeren Zykluszeiten hergestellt werden. Der nächste Schritt ist nun auch die Kopfkonstruktionen mit den kritischen Verteilerkanälen für die Schmelze auf den Prüfstand zu stellen, um zu neuen vereinfachten Kopfösungen zu kommen. Ziel ist es dabei, die Herstellkosten zu halbieren und dabei natürlich vorrangig eine gute Rundumverteilung sicher zu stellen. Ziel ist es unter anderem auch die Wartungsfreundlichkeit durch eine Verringerung der Einzelteile, die zum Bau des Kopfes erforderlich sind, sowie das Spülverhalten beim Farbwechsel durch eine Reduktion der Fließkanallängen und damit auch der Verweilzeit der Schmelze im Kopf entscheidend zu verbessern. Ein erster entsprechender Kopf ist bereits gebaut und wartet darauf erprobt zu werden.

Literatur

- 1 Groß, H.: Muss eine Blasformdüse im Austrittsbereich konisch sein? Zeitschrift Kunststoffe, Heft 9/2012, Seite 58-64

Bild 8:
Scheibenförmig aufgebauter GWDS-
Dorn mit einer extremen fast 10 mm
tiefen lokalen Profilierung (auf der
linken Seite der dunklen Dornscheiben)
(Werkbilder: Dr. Groß Kunststoff-
Verfahrenstechnik, Roßdorf)



- 2 Groß, H.: Kippdüse zur Zentrierung des Blaskopfes und zur Herstellung von gekrümmten Schläuchen. Blasformen & Extrusionswerkzeuge, Fachverlag Möller Velbert, 6. Jahrgang Heft Mai/Juni 2010, Seite 5-8
- 3 Groß, H.: Düse, DP 10 2009 058 361 B3, angemeldet am 15.12.2009

