

„Ungenutzte“ Innovationen im Bereich von Schlauchköpfen für das Extrusionsblasformen (Teil 2)

Autor: Dr.-Ing. Heinz Groß

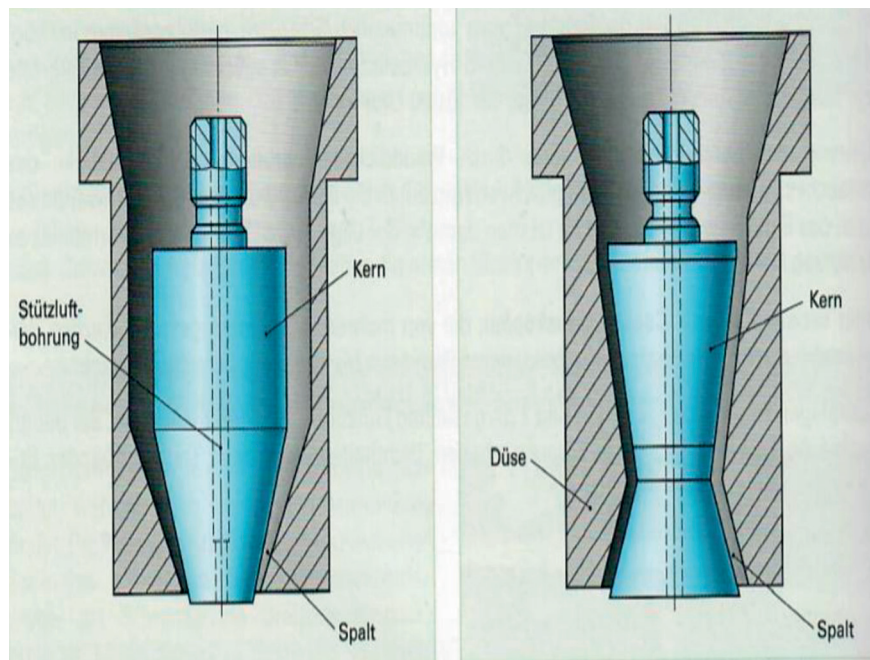


Bild 4:

Konventionelle Düsengestaltung für das Blasformen, wobei die Düse und der Dorn jeweils am Ende entweder konvergent oder divergent ausgeführt sind (Bilderquelle: © Fachkunde Kunststofftechnik, 1. Auflage 2009, Verlag Europa-Lehrmittel)

Aktuelle Situation bei der Beeinflussung der Wanddicke des Vorformlings über dem Umfang

Im Blasformen ist es seit Jahrzehnten Stand der Technik, dass am Ende des Schlauchkopfs sowohl die Düse als auch der Dorn konisch ausgeführt wird. Das steht in jedem Fachbuch und wird weltweit an jeder Universität gelehrt (Bild 4). Der Fließkanal wird wie in Bild 4 divergent oder auch konvergent gestaltet und entweder die Düse oder der Dorn können axial verschoben werden. Das hat sich beim Blasformen „bewährt“, um in einfacher Weise den Austrittsspalt durch Verschieben der Düse oder des Dorns modifizieren zu können. Darüber lässt sich die Wanddicke des Vorformlings über dem Um-

fang gleichmäßig verändern. So können dann Hohlkörper mit einer in erster Näherung gleichmäßigen Wanddicke hergestellt werden, obwohl sich der Umfang und damit auch der Materialbedarf über der Länge des Hohlkörpers ändert. Auf Grund der konventionellen konischen Gestaltung der Düse und des Dorns besteht aber das Problem, dass es zu einem Maschinenschaden kommen kann, wenn nämlich der Dorn und die Düse so weit verschoben werden, dass sie aneinanderstoßen. Deshalb muss der Verstellweg begrenzt werden, was natürlich auch in jeder Blasformmaschine vorgesehen ist. Dennoch passiert es beim Umbau einer Anlage immer wieder, dass entweder vergessen wird die Wegbegrenzung zu überprüfen und gegebenenfalls neu

einzustellen, oder dass sie versehentlich falsch eingestellt wird. Das führt dann unweigerlich zu einem Schaden, was eine Reparatur und zwangsläufig auch noch einen Maschinenstillstand zur Folge hat. Die Aufgabenstellung der Wanddickenbeeinflussung über dem gesamten Umfang des Vorformlings ist somit mit Inkaufnahme der Tatsache, dass bei einer Fehlbedienung ein Schaden entstehen kann, gelöst. Nun gibt es aber kaum einen Hohlkörper, bei dem es nicht zusätzlich von Vorteil wäre, wenn auch die Wanddicke lokal begrenzt über dem Umfang des Vorformlings verändert werden könnte. Beispielhaft sind in Bild 5 Wanddickenwerte einer einfachen runden Flasche gezeigt. Selbst bei einer solchen vermeintlich unkritischen runden Flasche gibt es Bereiche, in denen die Wand zu dick ist. Blasformexperten behaupten dann immer, dass diese unnötig großen Wanddicken „verfahrensbedingt“ seien, weil der Vorformling an den beiden Enden der Quetschnaht beim Aufblasen nicht oder nur noch geringfügig verstreckt wird, wohingegen senkrecht zur Quetschnaht eine große Verstreckung erfolgt, bis die Wand den Eckbereich der Form erreicht



Bild 5: „Verfahrensbedingte“ Wanddickenunterschiede im unteren Bereich einer einfachen runden Flasche, die mit einer konventionellen konischen Düse hergestellt worden ist

hat. Die vergrößerten Wanddicken an den Enden der Quetschnaht führen dazu, dass die Flaschen schwerer sind als sie sein müssten und dass mehr Material benötigt wird als es notwendig wäre. Sie führen weiterhin dazu, dass die Zykluszeiten bei der Herstellung der Flaschen länger als notwendig sind, da die unnötigen Dickstellen mehr Zeit benötigen, bis sie soweit abgekühlt sind, dass die Flaschen entformt werden können. Dadurch wird natürlich auch die Kapazität der Maschine limitiert.

Um die Verdickungen an den beiden Enden der Quetschnaht zu eliminieren, müsste die Wanddicke des Vorformlings gezielt in diesen Bereichen reduziert werden. Das lässt sich prinzipiell erreichen, indem entweder über dem Umfang des Dorns oder aber der Düse definierte lokal begrenzte Profilie-

rungen eingebracht werden. Das wiederum hat aber zur Folge, dass sich dadurch dann die Wanddicke des Vorformlings über der gesamten Länge ändert, und dass sich die Austrittsgeschwindigkeit der Schmelze im Vergleich zu dem restlichen nicht profilierten Bereich ebenfalls ändert. Als Folge der Unterschiede in der Austrittsgeschwindigkeit des Vorformlings über dem Umfang des Düsen- spalts tritt er nicht mehr senkrecht aus der Düse aus, was aber im Verfahren zu Problemen führt. Der Fall, dass der Vorformling über der gesamten Länge der Wand eine Dick- oder Dünnstelle benötigt, kommt allerdings in der Praxis so gut wie nicht vor. Vielmehr ist es erforderlich, die Wanddicke über einen genau definierten Bereich, also begrenzt über der Länge und auch über dem Umfang zu verändern. Für den Fall der runden Flasche müsste die Wanddicke aber beispielsweise lediglich an den beiden Enden der Quetschnaht nur für einen kurzen Bereich verringert werden, wie man an den Dickenwerten in Bild 5 erkennen kann.

Das lässt sich jedoch mit einer konventionellen Fließkanalgestaltung kaum realisieren. Man kann zwar die Wirksamkeit einer Profilierung verändern, indem man den Abstand der Profilierung vom Düsenende variiert. Solange sich jedoch die Profilierung innerhalb des Fließkanals befindet, wird dadurch auch die Schmelzeverteilung im Fließkanal beeinflusst, was zur Folge hat, dass auch in Bereichen der Flasche Wanddickenunterschiede auftreten, in denen sie nicht sein sollten und prinzipiell auch nicht sein müssten. Weiterhin wird die Möglichkeit mit einer Profilierung das Quetschnahtproblem in einer einfachen runden Flasche zu reduzieren dadurch in extremer Weise erschwert, dass bei einer Veränderung der Position zwischen der Düse und dem Dorn

sich zwangsläufig auch der Düsen- spalt am Ende der Düse ändert. Diese Kopplung der Änderung der Wirksamkeit einer Profilierung während des Ausstoßes des Vorformlings und der sich dadurch zwangsläufigen Änderung der Größe des gesamten Ausstoßspalts über dem Umfang der Düse ist bei einer runden Flasche störend. Abgesehen vom Flaschenhals bleibt nämlich der Umfang der Flasche konstant, weshalb sich die Wanddicke des Vorformlings nicht ändern darf. Das ist der Grund dafür, dass konventionelle konische Düsen in der Praxis nur in seltenen Ausnahmefällen profiliert werden. Stattdessen werden unerwünschte Verdickungen der Wand, wie beispielsweise am Ende der Quetschnaht, akzeptiert und einfach als „verfahrensbedingt“ bezeichnet. Das ist aktueller Stand der Technik bei allen Hohlkörpern, die mit einem Düsendurchmesser, der kleiner als 50 mm ist, hergestellt werden.

Neue Möglichkeit zur Beeinflussung der Wanddicke des Vorformlings über dem Umfang

Nun gibt es aber mit der neuartigen GWDS-Technologie eine einfache Lösung, die störende Kopplung zwischen der Änderung des Düsen- spalts und der Wirksamkeit einer Profilierung zu vermeiden. Dazu muss lediglich das Düsenende nicht, wie es weltweit nach wie vor Stand der Technik ist, konisch sondern einfach zylindrisch ausgeführt werden. Gleichzeitig sollte der maximale Durchmesser des Dorns kleiner sein als der Durchmesser der Düse. Bei einer derart gestalteten Düse kann erst einmal der Dorn beliebig hoch und runter gefahren werden, ohne dass die Gefahr besteht, dass er an die Düse anstößt und dass dadurch ein Schaden entsteht. Verfahrenstechnisch viel interessanter ist es aber, dass bei der GWDS-Technologie der Dorn weit aus der Düse

herausgefahren werden kann. Der große Vorteil dieser Lösung besteht darin, dass dadurch auf der aus der Düse herausgefahrenen Oberfläche des Dorns Platz entsteht, der genutzt werden kann, um beliebige Profilierungen einzubringen, die zur Verbesserung der Wanddickenverteilung des herzustellenden Hohlkörpers erforderlich sind.



Der QR Code verbindet mit einem kurzen Video, das die Besonderheiten der GWDS-Technologie verdeutlicht. Das Video zeigt den Vorformlingsaustrag mit einer GWDS-Düse für ein Teil, das eine sehr komplexe Geometrie besitzt. Am Anfang des Videos ist der GWDS-Dorn mit einer angeschraubten Endscheibe zu sehen, die einfach gegen eine andere für ein anderes Produkt profilierte Endscheibe ausgetauscht werden kann. Die Endscheibe besitzt über dem Umfang extreme lokal begrenzte Profilierungen, um die Wanddicke des Vorformlings während des Austrags entsprechend den Anforderungen des herzustellenden Formteils verändern zu können. Werden diese über dem Umfang der Endscheibe eingebrachten Profilierungen nicht benötigt, weil sie die Schmelzeverteilung in bestimmten Bereichen des Vorformlings ungünstig beeinflussen würden, dann wird der Dorn aus der Düse herausgefahren, wie

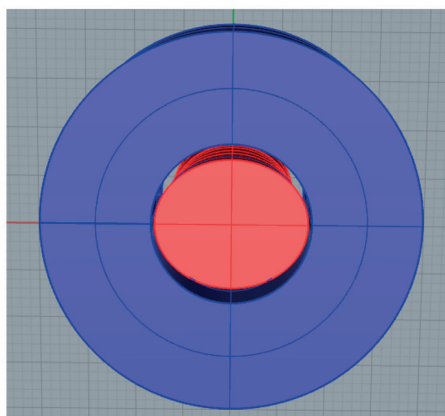
am Anfang des Videos zu sehen ist. Die eingebrachten Profilierungen beeinflussen in dieser außerhalb der Düse befindlichen Position die Schmelzeverteilung in der Düse nicht. Wenn sie allerdings notwendig sind, um die Wanddicke über dem Umfang des Vorformlings in einem bestimmten Bereich zu verändern, dann wird der Dorn mit der profilierten Dornendscheibe in die Düse hineingezogen. Damit wird die Wanddicke des Vorformlings in den profilierten Bereichen lokal begrenzt deutlich angehoben. Auch die Austrittsgeschwindigkeit vergrößert sich dort, so dass der Vorformling beginnt wellig aus der Düse auszutreten. Bis zu einem bestimmten Maß wird die Wanddickenverteilung im fertigen Formteil durch die Wellen nicht negativ beeinflusst. Sie werden beim Aufblasen wieder glatt gezogen, bevor der Vorformling die gekühlte Wand des Werkzeugs erreicht. Mit keiner momentan im Blasformen verfügbaren Technologie kann ein Vorformling so spezifisch an genau zum Formteil passenden Positionen über dem Umfang dynamisch verändert werden.

Besitzt das herzustellende Formteil aber eine eher einfache Geometrie, wie beispielsweise die in Bild 5 gezeigte Flasche, dann wird natürlich keine so komplizierte Profilierung der Dornendscheibe benötigt. Mit einer derart gestalteten

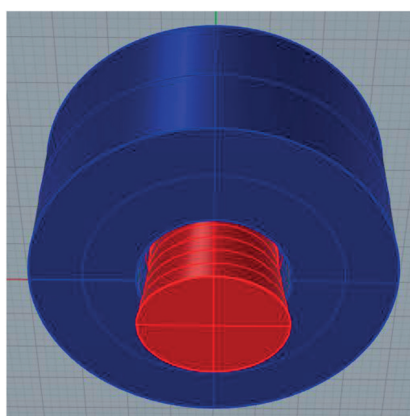
GWDS-Düse kann dann die Wanddickenverteilung der Flasche ganz einfach und sehr effektiv verbessert werden. Bild 6 zeigt als Beispiel die einfache Profilierung der Dornendscheibe der GWDS-Düse für eine solche runde Flasche. Die Düse ist im Gegensatz zu konventionellen Düsen nicht konisch sondern einfach zylindrisch ausgeführt. Der Grunddorn ist ebenfalls zylindrisch, besitzt aber eine Endscheibe mit einer ovalen Geometrie. Das Dornendstück hingegen ist im Endbereich oval ausgeführt, wobei die Ovalisierung kontinuierlich in eine ideal runde Geometrie übergeht. Diese ideal runde Dorngrundgeometrie wird für den ungestörten Flaschenkörper oberhalb des Bereichs, in dem die Quetschnaht sich noch auswirkt, benötigt. Der Dorn wird nun hochgezogen, wenn der Bereich des Vorformlings ausgestoßen wird, der vom Werkzeug zusammengequetscht und verschweißt wird (Bild 6 links). Dadurch wird die Wanddicke des Vorformlings in den Bereichen der Enden der Quetschnaht verringert und in den Bereichen senkrecht dazu vergrößert, so dass nach dem Aufblasen eine nahezu gleichmäßige Wanddicke im Bereich der Quetschnaht erreicht werden kann. In dem Maß, in dem die Verdickung der Wand der Flasche mit größerer Entfernung vom Quetschnahten-

de kontinuierlich abnimmt (siehe Bild 5), wird der Dorn entsprechend aus der Düse herausgefahren bis er den Bereich erreicht hat, der eine runde Geometrie aufweist (Bild 6 rechts). Mit dieser Dornposition wird dann der Rest des Vorformlings ausgestoßen, der zum Flaschenkörper aufgeblasen wird, in dem keine Auswirkungen der Quetschnaht mehr vorhanden sind. Sollte eine sehr lange Flasche, oder aber eine Flasche aus einem Polymer, das eine sehr geringe Schmelzezugfestigkeit besitzt, hergestellt werden, dann muss natürlich auch noch das Auslangen des Vorformlings auf Grund des Eigengewichts kompensiert werden. In diesen Fällen muss der runde Bereich des Dorns über eine kurze Länge leicht konisch ausgeführt sein, um den Düsenpalt insgesamt durch weiteres Verfahren des Dorns gleichmäßig verändern zu können. Für den Konstrukteur ist es natürlich ungewohnt, dass er bei der Auslegung der Düse festlegen muss, wie stark der Dorn für einen konkreten Hohlkörper ovalisiert werden muss. Das sollte allerdings kein Grund dafür sein, die Lösung nicht zu verwenden. Wird bei den ersten Projekten das Maß der Ovalisierung bewusst etwas groß gewählt, dann befindet man sich auf der sicheren Seite. Beim Einfahren muss der Anlagenführer

den Dorn genau so weit aus der Düse herausfahren, bis das Maß der Ovalisierung dazu führt, dass sich im Bereich der Quetschnaht die gewünschte Wanddickenverteilung in der fertigen Flasche ergibt. Dann muss er nur noch die Geschwindigkeit optimieren, mit der der Dorn danach aus der Düse herausgefahren wird, um den abnehmenden Einfluss der Quetschnaht auf die Wanddicke zu berücksichtigen. Diese sehr einfache Lösung zur Verringerung der Wanddickenunterschiede beschränkt sich natürlich nicht nur auf einfache runde Flaschen. Da die Problematik der Dickstellen am Ende der Quetschnaht bei allen blasgeformten Hohlkörpern existiert, kann die Wanddickenverteilung aller blasgeformten Hohlkörper auf diese einfache Weise verbessert werden, ohne dass dafür große Zusatzkosten entstehen. Mit Hilfe dieser geringen Änderung der Fließkanalgestaltung gegenüber dem aktuellen Stand der Technik, lässt sich, allein durch die Reduzierung der Verdickungen an den Enden der Quetschnähte, das Gewicht der Hohlkörper im Bereich von 2 bis 4 % verringern. Gleichzeitig wird durch die Vermeidung von unnötig großen Wanddicken die Zykluszeit verkürzt, wodurch automatisch auch die Kapazität der Anlagen vergrößert wird.



Quetschnahtbereich



Flaschenkörperbereich

Bild 6:
GWDS-Düse für eine einfache runde Flasche mit einem ovalen Düsenpalt für den Quetschnahtbereich (links) und einem ideal runden Düsenpalt für den Flaschenkörperbereich (rechts)

(Werkbilder 5+6: Dr.-Ing. Heinz Groß
Kunststoff-Verfahrenstechnik, Roßdorf)

Über die einfache Modifikation der Düsen wird aber auch die Qualität der hergestellten Hohlkörper verbessert. Die gleichmäßigere Wanddicke im Formteil führt zu einer gleichmäßigeren Abkühlung im Werkzeug. Das heißt auch zu einem gleichmäßigeren Schwindungsverhalten, wodurch sich das Formteil beim Abkühlen in geringerem Maß verzieht. Diesen Vorteilen steht der Nachteil gegenüber, dass der Dorn nicht mehr gedreht sondern gefräst werden muss. Je nach Ausstattung des Fertigungsbetriebs und nach Auslastung der vorhandenen Fertigungsanlagen muss das aber nicht unbedingt ein Nachteil sein. Weiterhin sollte bedacht werden, dass die eventuell entstehenden Mehrkosten bei der Fertigung des Dorns nur einmal anfallen, dass aber der Maschinenutzer über Jahre von den Vorteilen der GWDS-Düse profitiert. Trotz dieser eindeutigen Überlegenheit der Kipp- und der GWDS-Technologie gibt es nur einige wenige Hersteller von blasgeformten Hohlkörpern, die sich gezielt existierende Schlauchköpfe mit konventionellen Düsen auf die Kipp- und die GWDS-Technologie haben umrüsten lassen. Dies ist einfach möglich, da prinzipiell jeder Schlauchkopf ohne Probleme umgerüstet werden kann. Dazu müssen jeweils nur die konventionelle Düse und der Dorn abgeflanscht und die zum Kopf passend konzipierte neue GWDS-Düse und der neue GWDS-Dorn angeschraubt werden. Auch kann jeder in einer Anlage vorhandene Blaskopf in einfacher Weise mit einem Kippgelenk nachgerüstet werden. Die Kipptechnologie erfordert keine spezielle Einarbeitung des Anlagenpersonals. Im Gegenteil, Anlagenbediener können in aller Regel den Schlauchlauf mit dem Kippgelenk beim Anfahren der Maschine auf Antrieb schneller einstellen wie das kurze Video, das mit dem QR Code verlinkt ist,



zeigt. Dies speziell deshalb, weil sie immer genau wissen, um wie viel sie bei einem Stellvorgang die Düse kippen. Wenn mit der neu installierten GWDS-Düse lediglich die Quetschnahtproblematik abgemildert werden soll, dann dauert es maximal einen Tag, um die Anlage mit der neuen Düse einzufahren und um Hohlkörper mit einer verbesserten Wanddickenverteilung herstellen zu können. Dennoch konnte sich bisher immer noch kein Hersteller von Blasformmaschinen dazu durchringen, Kippdüsen mit zylindrischer Fließkanalgestaltung zu übernehmen und Schlauchköpfe direkt mit derartigen Düsen auszurüsten. Dies hat in letzter Konsequenz zur Folge, dass Hersteller, die eine neue Anlage beschaffen und die aber auch die verbesserten Düsentechnologien nutzen wollen, nach wie vor darauf angewiesen sind, mit der Anlage erst einen Schlauchkopf mit einer konventionellen Düse kaufen zu müssen. Dann müssen sie die neu beschaffte Düse und den neuen Dorn ausbauen und nochmals investieren, um eine GWDS-Düse mit Kipptechnologie anbauen zu können. Das obwohl mit einer GWDS-Düse auch noch zusätzlich eine sehr kostengünstige und effektive dynamische Wanddickensteuerung für größere Hohlkörper, die eine komplexere Geometrie aufweisen, realisierbar ist. Darauf wird im dritten Teil genauer eingegangen.

Die Fortsetzung des Beitrages folgt in der nächsten Ausgabe 5/2020