

„Ungenutzte“ Innovationen im Bereich von Schlauchköpfen für das Extrusionsblasformen (Teil 3)

Autor: Dr.-Ing. Heinz Groß

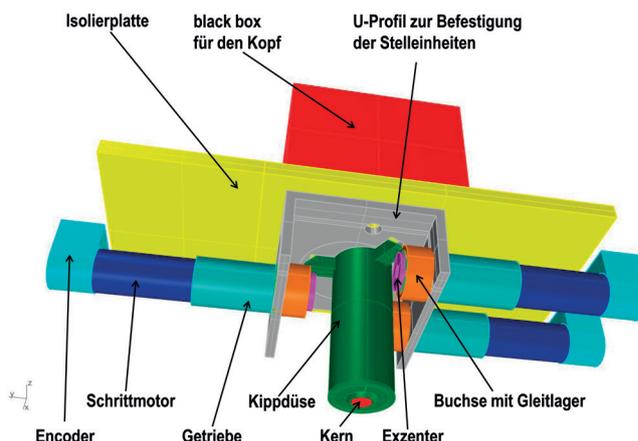
Kippdüsen mit motorischer Verstellung

Ein entscheidender Vorteil der Kipptechnologie gegenüber der konventionellen Schiebelösung liegt im Kraftbedarf, der notwendig ist, um die Düse zu kippen bzw. zu verschieben. Da die Dichtlippe der Kippdichtung den Kopf zum Abdichten nur linienförmig berührt, müssen zum Kippen nur geringe Reibungskräfte überwunden werden. Verwendet man dann auch noch eine GWDS-Düse mit einem vornehmlich zylindrischen Fließkanal, dann gibt es auch keine projizierte Fläche, auf die der Druck der Schmelze wirkt. Deshalb müssen beim Kippen abgesehen von der Reibungskraft im Dichtbereich, keine zusätzlichen Kräfte überwunden werden.



Der QR Code ist mit einem Video verknüpft, das den generellen Aufbau einer GWDS-Düse mit einem motorisch verstellbaren Kippgelenk zeigt. Bei der konventionellen Schiebelösung gibt es eine viel größere Fläche, auf der abgedichtet wird, so dass auch viel größere Reibungskräfte überwunden werden müssen, wenn die Düse verschoben werden soll. Zum Justieren einer Kippdüse können deshalb kleine, kostengünstige Motoren verwendet werden, die einen geringen Bauraum benötigen. Bild 7 zeigt am Beispiel eines Nachrüstatzes für einen bestehenden Schlauchkopf den prinzipiellen Aufbau einer mit ansteuerbaren Steleinheiten aus-

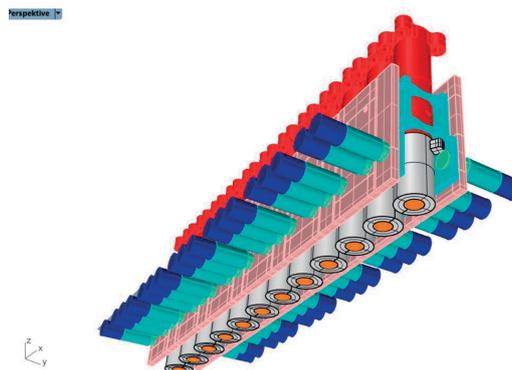
Bild 7: Umrüstsatz, bei dem die Düse mit Hilfe von drei Steleinheiten, die jeweils im Winkel von 120 Grad auf die Verstellzapfen der Düse drücken, gekippt wird, wobei dazu auf den Abtriebsachsen der Getriebe Exzenter angebracht sind



rüsteten Kippdüse. Prinzipiell lässt sich jeder existierende Blaskopf in einfacher Weise derartig umrüsten, damit die Düse vom Steuerpult der Maschine aus noch feinfühlig und noch reproduzierbarer, als das manuell möglich ist, justiert werden kann. Nachdem beim erstmaligen Einfahren einer Maschine für einen bestimmten Artikel die optimalen Produktionsdaten ermittelt worden sind, können sie im Produktionsfile abgespeichert werden und bei einem neuerlichen Anfahrvorgang wieder aufgerufen werden. Bisher ist es nach wie vor Stand der Technik, dass bei jedem

Neuanfahren einer Anlage der Schlauchlauf zeitraubend neu manuell eingestellt werden muss. Dabei ist es unmöglich die Düsenposition der letzten Produktion wieder exakt zu erreichen. Die Zeit, die das Anfahren erfordert, und die Menge an Anfahrabfall, der dabei erzeugt wird, sowie die Produktqualität, die erreicht wird, hängen zusätzlich noch von der Qualifikation und dem Geschick der jeweiligen Person ab, die gerade die Anlage anfährt. Besonders zeitaufwendig wird das Anfahren einer Anlage, wenn bei Mehrfachköpfen viele Vorformlinge

Bild 8: Mehrfachkopf mit 12 Kippdüsen, bei denen trotz des sehr geringen Abstands von nur 36 mm voneinander eine individuelle motorische Verstellung für jede einzelne Düse realisiert werden konnte



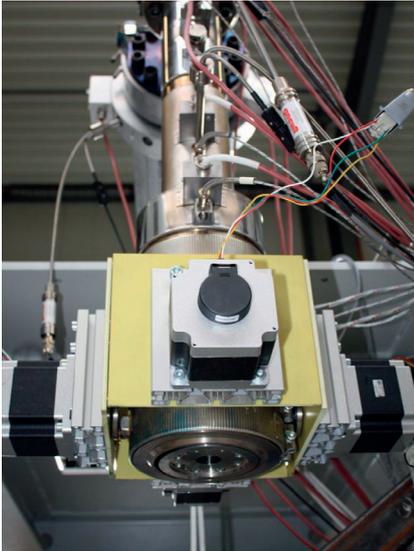


Bild 9 a+b: Vergleich zwischen einem kurzen, autarken Siebkorbkopf mit einer motorisch betriebenen Kippgelenkdüse (links) und einem Stegdornhalterkopf (rechts), bei dem zur Veränderung der Wanddicke des Vorformlings die Düse über vier lange Zugstangen verschoben wird

gleichzeitig ausgestoßen werden. Da die Teilströme der Schmelze im Verteiler, der dem Mehrfachkopf vorgelagert ist, unterschiedliche Deformationen erfahren, muss in diesen Fällen jede Düse nacheinander individuell justiert werden, was sehr viel Zeit in Anspruch nimmt.

Bild 8 zeigt beispielhaft einen Mehrfachkopf mit 12 Kippdüsen in GWDS-Ausführung, die alle einzeln über jeweils drei Stelleneinheiten vom Steuerpult der Anlage aus motorisch verstellt werden können. Je nach Anwendung können dafür Gleichstrom- oder auch Schrittmotoren verwendet werden, die auch in sehr kleinen Abmessungen verfügbar sind. Das ermöglicht es dann erstmals eine motorische Düsenverstellung bei Schlauchköpfen, die eine Vielzahl von einzelnen kleinen Düsen besitzen, zu realisieren. Mehrfachköpfe werden vorrangig zur Herstellung von Flaschen mit einem kleinen Volumen für den Medizin- oder den Verpackungsbereich verwendet. Ein Mehrfachkopf mit motorisch justierbaren Düsen lässt sich bereits beim ersten Anfahren viel schneller einfahren als das manuell möglich ist. Die einmal optimierte



Position jeder einzelnen Düse lässt sich dann bei einem Neustart der Anlage exakt reproduzieren. Speziell bei Mehrfachköpfen mit konventionellen manuell zu justierenden Düsen dauert es besonders lang, bis jede einzelne Düse beim Anfahren einjustiert ist. Momentan ist es Stand der Technik bei einem Artikelwechsel diesen Anfahrvorgang immer wieder von Neuem durchzuführen. Das hat letztendlich zur Konsequenz, dass es unmöglich ist, exakt die Positionen wieder einzustellen, die bei der letzten Produktion verwendet worden sind. Auf diese Weise lässt sich eine reproduzierbare Produktqualität nicht erreichen. Bei Kippdüsen können die exakten Positionen jeder einzelnen Düse bei einem Neustart direkt wieder eingestellt werden. Sollten eventuell bei einer motorisch betriebenen Kippdüse auf Grund von Chargenschwankungen des verwendeten Polymers minimale Nachjustierungen notwendig werden, dann kann das einfach und schnell per Button vom Steuermonitor der Anlage aus erfolgen. Aber auch bei Schiebedüsen kann die Düsenposition natürlich motorisch verstellt werden. Das beschränkt sich jedoch in aller Regel

auf Köpfe, die nur eine einzige Düse besitzen. Derartige Düsen werden vorrangig beim Saugblasformen eingesetzt, um die Düse während der Vorformling ausgezogen wird zeitlich begrenzt zu dezentrieren. Auf diese Weise lassen sich Schläuche, die bereichsweise eine Krümmung besitzen, mit nahezu gleichen Wanddicken auf der Innen- und der Außenseite der Krümmung herstellen. Zum Verschieben der Düse werden in diesen Fällen Hydraulikkolben oder inzwischen auch vermehrt starke Gleichstromantriebe verwendet. Generell ist es aber konstruktiv schwierig, eine Lösung zu finden, die verschleißfrei arbeitet, da zum Verschieben der Düse die Reibungskräfte, die in der großen Dichtfläche zwischen dem Kopf und der Düse wirken, überwunden werden müssen.

Kippen der Düse und Wanddickenbeeinflussung mit einem einzigen Aktuatorensystem



Ein großer Vorteil des Kippgelenks besteht darin, dass es aber nicht nur erlaubt die

Düse zu kippen sondern sie gleichzeitig auch noch axial zu verschieben. Der QR Code führt zu einem kurzen Video, das einen konventionellen Schlauchkopf zeigt, der mit einer GWDS-Düse und einem Kippgelenk nachgerüstet ist. Der Kopf mit der nachgerüsteten GWDS-Düse und dem integrierten Kippgelenk wird mit Hilfe des zum Schlauchkopf gehörenden Zugstangensystems (Bild 9 rechts) in 1 mm Schritten hochgezogen. Die Düse muss bei dieser Nachrüstung noch manuell mit Hilfe von axial angebrachten Kippschrauben gekippt werden. Mit dem so nachgerüsteten Kopf kann die Düse zur Veränderung des Düsenpalts motorisch verfahren werden, während zum Justieren des Schlauchlaufs die Düse noch manuell gekippt werden muss.

Wenn es nicht erforderlich ist einen vorhandenen Kopf nachrüsten zu müssen, macht es natürlich mehr Sinn, sowohl das Verschieben als auch das Kippen der Düse mit einem einzigen Aktuatorssystem zu realisieren. Dazu können kostengünstige Schrittmotoren oder auch Gleichstrommotoren (Bild 9 links), die sehr präzise arbeiten, verwendet werden. Auf der Achse jedes Motors befindet sich ein Exzenter. Die Motoren werden synchron mit der gleichen Drehzahl betrieben, wenn die Düse unter Beibehaltung der vorhandenen Kippposition parallel auf- bzw. abbewegt werden soll. Zum Ändern der Kippposition wird entweder nur eine Stelleinheit oder mehrere dann aber mit unterschiedlichem Drehwinkel verstellt. Derartige sehr kostengünstig zu fertigende Düseneinheiten sind quasi autark und benötigen keine aufwendigen Konstruktionen, um die Wanddickensteuerung zu realisieren. Sie können prinzipiell einfach an jeden existierenden Schlauchkopf angeschraubt werden. Vorteilhaft ist auch die kurze Baulänge des noch konventionell gefertigten Kopfs, die der Länge der gelblichen Isolierplatten (Bild 9 links) entspricht. Oberhalb des Kopfs befindet sich eine Schmelzeleitung, die nur deshalb erforderlich wurde, da sich das Düsenende in der Anlage natürlich nach der Umrüstung auf der gleichen Höhe oberhalb der Werkzeugform befinden musste, wie der ursprünglich verwendete Kopf, der ungefähr die dreifache Länge besaß.

Momentan ist es immer noch Stand der Technik den Austrittsspalt am Ende der Düse mit Hilfe von vier am Kopf angebrachten Zugstangen (Bild 9 rechts) zu verschieben, wenn die Schmelze vorteilhaft axial von hinten eingespeist werden soll. Dabei muss sichergestellt sein, dass die Zugstangen beim Verfahren nicht verkanten. Auf diese Weise kann dann

aber lediglich der Austrittsspalt an der Düse verändert werden. Ein radiales Verschieben der Düse zum Justieren ist damit natürlich nicht möglich. Das muss nach wie vor manuell erfolgen oder aber es erfordert zusätzliche Stellsysteme. Alternativ ist die Düse fest mit dem Kopf verbunden und der Dorn wird verschoben. Dafür muss dann oberhalb des Kopfs ein Stellsystem (Hydraulikkolben oder ein elektrischer Antrieb) angebracht werden. Das Stellsystem ist dabei über eine Zugstange, die durch den Kopf geführt wird, mit dem Dorn verbunden. Das bedingt im Kopf einen weiteren kritischen Dichtbereich zwischen der Zugstange und dem Kopf, in dem sich die Dichtflächen relativ zueinander bewegen. Da die Zugstange mitten durch den Kopf geführt werden muss, verhindert das zusätzlich eine betriebspunktunabhängige Gestaltung des Kopfs. Die Schmelze kann dem Kopf nicht einfach zentrisch von oben zugeführt werden, sondern muss radial von der Seite eingespeist werden. Deshalb benötigen die Düsen aufwendige betriebspunktabhängige Schmelzeverteilsysteme wie beispielsweise Pinolen- oder Wendelverteiler. Derartige Verteilsysteme verlängern aber die Verweilzeit der Schmelze im Kopf und besitzen ein schlechtes Spülverhalten, so dass Farb- oder Materialwechsellvorgänge unnötig lange dauern.

Dynamische radiale Wanddickensteuerung

Um eine dynamische radiale Wanddickensteuerung zu realisieren ist es Stand der Technik, Köpfe mit teuren deformierbaren Düsen auszurüsten, die mit Hilfe von Hydraulikkolben oder in letzter Zeit auch immer häufiger über Gleichstromantriebe deformiert werden. Bild 10 zeigt beispielhaft einen speziellen 3DX-Düsensatz, bei dem die Düse während des Austrags des Vorformlings defor-

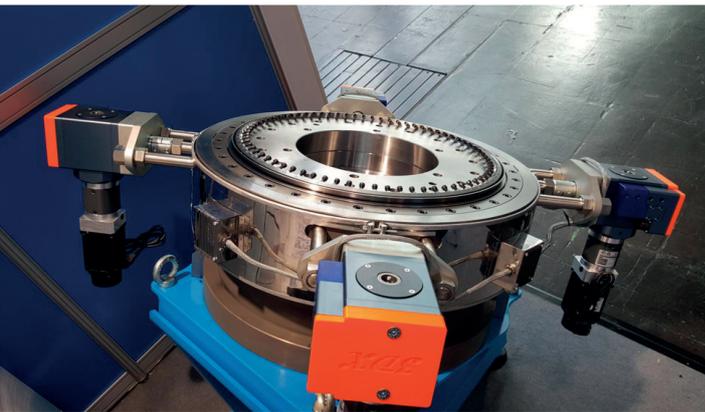


Bild 10 a+b: 3DX-Düsenkonstruktion zur dynamischen radialen Wanddickensteuerung mit einem statisch deformierbaren SDC-Dorn (Werkbilder: S.B. Enterprise Srl, Baricella, Italien)

miert werden kann. Das erfolgt mit Hilfe von vier im Winkel von jeweils 90 Grad angeordneten Gleichstromantrieben mit nachgeschalteten Getrieben. Über dem Umfang des speziellen SDC-Dorns sind zusätzlich noch Stellschrauben angeordnet, mit denen sich der Dorn statisch profilieren lässt. Diese technisch aufwendige und auch sehr teure Lösung steht aber nur für Hohlkörper zur Verfügung, die mit Düsen, die einen mittleren Durchmesser besitzen, hergestellt werden. Für die vielen kleinen Artikel im Verpackungsbereich, bei denen Düsen mit einem Durchmesser von kleiner 50 mm zum Einsatz kommen, kann diese Technik nicht verwendet werden, da derart kleine Düsen zu steif sind und sich deshalb nicht mehr oder nur noch minimal deformieren lassen. Auch werden diese Systeme für ganz große Düsen nicht angeboten. Es gibt allerdings sehr viele Artikel, deren Wanddickenverteilung sich mit diesen etablierten Lösungen zur dynamischen radialen Wanddickensteuerung nur minimal verbessern lassen, so dass sich das letztendlich aus betriebswirtschaftlichen Überlegungen verbietet. Artikel, die große Differenzen in den lokalen Verstreckgraden aufweisen, oder bei denen sich der Verstreckgrad in einem sehr begrenzten Bereich stark verändert, lassen sich in der Wanddicken-

verteilung nur minimal verbessern. Sowohl die dynamisch deformierbare 3DX-Düse als auch der statisch verformbare SDC-Dorn lassen sich nicht in extremer Weise lokal begrenzt deformieren. Sie unterliegen physikalischen Grenzen in dem Maß, wie sie sich verbiegen lassen, ohne dabei Schaden zu nehmen. Auch die Tatsache, dass sich die Düse nur maximal an vier Positionen, die in einem Winkel von 90 Grad angeordnet sind, verformen lässt, schränkt die Anwendbarkeit weiter ein. Je nach der individuellen Position der einzelnen Aktuatoren ergibt sich dazwischen eine natürliche Biegelinie, die nur in Ausnahmefällen exakt zur Geometrie des herzustellenden Formteils passt. Trotz dieser ungünstigen Rahmenbedingungen gibt es zahlreiche Produkte, bei denen es zum Stand der Technik gehört, sie einzusetzen, da damit trotz der geschilderten Einschränkungen eine signifikante Verbesserung der Wanddickenverteilung erreicht wird.

Alle geschilderten Einschränkungen der etablierten dynamischen Systeme konnten mit der Entwicklung der GWDS-Technik überwunden werden. Mit Düsen, die einen vornehmlich zylindrischen Fließkanal besitzen, kann für alle Hohlkörper unabhängig vom Düsendurchmesser, mit dem sie hergestellt werden, und unabhängig von ihrer

jeweiligen Geometrie eine deutlich maßgeschneidertere dynamische Wanddickensteuerung realisiert werden. Dies, ohne dass eine komplizierte dynamisch deformierbare Düse, ohne dass teure Aktuatoren-systeme, ohne dass eine spezielle zusätzliche Software und ohne dass ein statisch verformbarer SDC-Dorn benötigt wird. Die GWDS-Technik arbeitet mit einer einfachen massiven Düse und einem massiven Dorn und nutzt nur die Relativbewegung zwischen der Düse und dem Dorn, um eine dynamische Wanddickensteuerung zu realisieren. Dazu ist es lediglich notwendig die konventionelle konische Düsengestaltung über Bord zu werfen, und die Düse und den Dorn vorrangig zylindrisch zu gestalten, und den Fließkanal mit einer für den Artikel maßgeschneiderten Profilierung zu versehen. Eine solche Düse, wie sie in dem



Video, das dem QR Code hinterlegt ist, betrachtet werden kann, arbeitet während des

Betriebs störungsfrei und absolut zuverlässig und erfordert auch keine regelmäßige Wartung. Obwohl mit der GWDS-Technologie die beschriebenen erweiterten verfahrenstechnischen Möglichkeiten der Verbesserung der Wanddickenverteilung zur Verfügung stehen, konnten die Kosten gegenüber den etablierten Systeme-

men drastisch gesenkt werden. Fertigungskosten für eine massive GWDS- Düse und dem massiven Dorn zuzüglich der Kosten für die einmalige produktspezifische Profilierung des Dorns stehen Anschaffungskosten für ein etabliertes System, wie es in Bild 10 gezeigt ist, im fünf- bis sechsstelligen Euro Bereich, je nach Größe der Düse, gegenüber.

Bild 11 zeigt links beispielhaft einen in der Hälfte aufgeschnittenen Kraftstoffkanister mit einer Einfüllöffnung, die ein Gewinde besitzt. Die Wanddicke dieses Kanisters kann mit einem der extrem teuren konventionellen Systeme nur marginal verbessert werden. Im Bild unten ist die Wanddickenverteilung des Kanisters dargestellt, der mit einer konventionell gestalteten konischen Düse hergestellt worden ist. Vergleichend dazu links oben das Ergebnis, das lediglich durch das Auswechseln der Düse und des Dorns erreicht wurde. Bei dem Kanister wird der Vorformling nur in dem sehr kleinen Bereich der Einfüllöffnung immer weiter verstreckt, bis er letztendlich in der Form die Kante, die den Gewindeanfang bildet, erreicht. Mit einer konventionellen konischen Düsenanordnung ergibt sich die im linken Bild unten gezeigte Wanddickenverteilung. Um am Gewindeanfang

der Einfüllöffnung die gewünschte Restwanddicke von einem Millimeter zu erreichen, muss der Düsenpalt bei einer konventionellen konischen Fließkanalgestaltung über dem gesamten Umfang geöffnet werden. Als Folge ergibt sich eine viel zu große Wanddicke über dem gesamten restlichen Umfang des Kanisters.

Wird allerdings die Düse an ihrem Ende nicht konisch sondern einfach zylindrisch ausgeführt, dann kann in den Dorn eine sehr tiefe, lokal begrenzte Profilierung eingebracht werden (Bild 11 rechts), die nur dann in Eingriff gebracht wird, wenn in diesem Bereich die Wanddicke des Vorformlings kurzzeitig extrem vergrößert werden muss. Der Fließkanalspalt am Ende der Düse bleibt dabei für den gesamten restlichen Umfang des Vorformlings unverändert, so dass die übrige Wanddicke des Kanisters nicht unnötig vergrößert wird (Bild 11 links oben). Mit dieser ganz einfachen Modifikation der Düsengestaltung konnte das Gewicht des Kanisters um 18 Prozent und die Zykluszeit um 13 Prozent reduziert werden. Dafür war keine teure deformierbare Düse mit Aktuatoren notwendig. Selbst mit einer solch aufwendigen Lösung ließe sich die Wanddicke des Kanisters nicht so gravierend verbessern, da

es mit den auf dem Markt verfügbaren Systemen absolut unmöglich ist, die Düse derartig lokal begrenzt zu deformieren, um die Wanddicke des Vorformlings ausschließlich in dem benötigten Bereich so extrem zu vergrößern. Mit der GWDS-Technologie kann somit erstmals auch die Wanddickenverteilung von Formkörpern entscheidend verbessert werden, bei denen der Vorformling beim Aufblasen extrem lokale Unterschiede in der Verstreckung erfährt, bis er schließlich die Wand der Form erreicht.

Bei der GWDS-Technologie kann der Dorn jeweils individuell und zielgerichtet exakt in dem Bereich profiliert werden, der zum Formteil passt. Man ist nicht auf vier Positionen beschränkt, die auch noch in einem Winkel von 90 Grad zueinander angeordnet werden müssen. Mit einer in erster Näherung zylindrischen GWDS-Fließkanalgestaltung ist es zusätzlich möglich, trotz einer lokalen Profilierung die Austrittsgeschwindigkeit des Vorformlings über dem Umfang nahezu gleich zu halten. Bei der Gestaltung von Profildüsen ist es seit langem Stand der Technik sicher zu stellen, dass unabhängig von dem jeweils vorhandenen Fließkanalspalt am Ende der Düse die Austrittsgeschwindigkeit überall möglichst gleich ist.

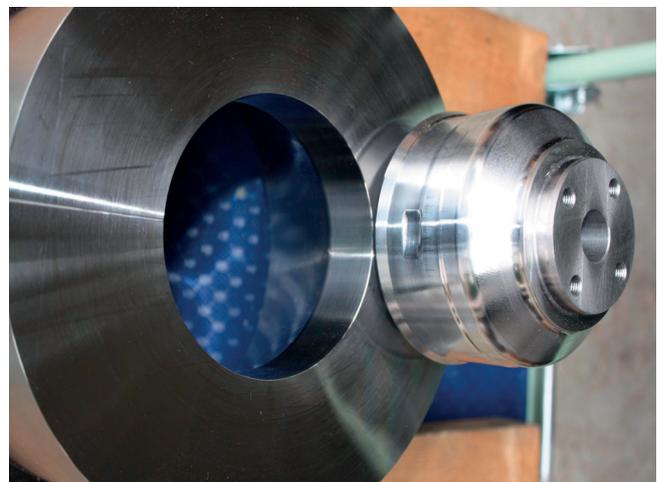
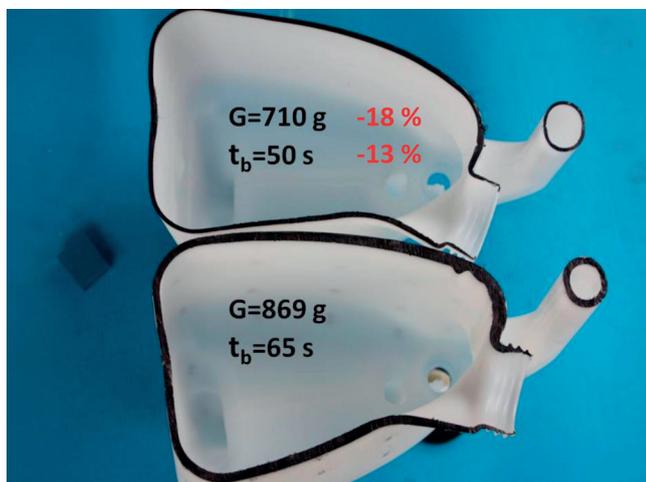


Bild 11 a+b: Verbesserung der Wanddickenverteilung des Kanisters (links) mit Hilfe der am Ende zylindrischen GWDS-Düse und des lokal profilierten Dorns (rechts)

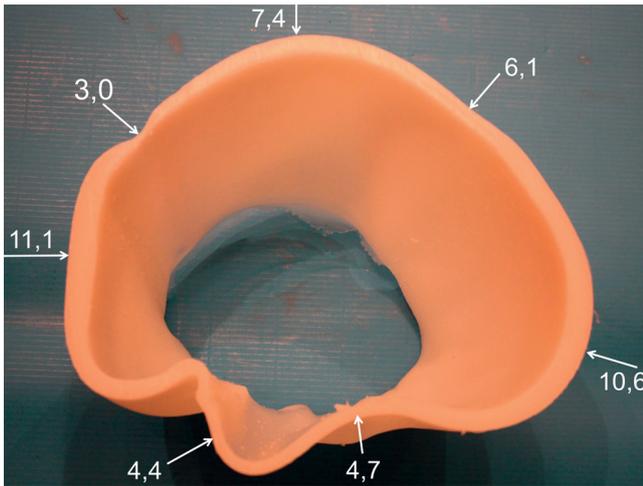


Bild 12: Wanddickenverteilung eines Vorformlings, der mit der GWDS-Technik realisiert wurde (Wanddickenangaben in mm)

Dafür wird dann vor einem großen Austrittsspalt am Düsenende die Höhe des parallelen Fließkanals in der Düse verringert und vor einem kleinen Austrittsspalt entsprechend vergrößert. So wird dann die erforderliche einheitliche Austrittsgeschwindigkeit erhalten. Das geht in dieser Form bei einem Fließkanal nicht, bei dem sowohl die Düse als auch der Dorn konisch sind, da mit zunehmender Entfernung vom Düsenende der Fließkanalspalt in der Düse immer größer wird. Mit einer größeren Höhe des Fließkanals nimmt aber die Möglichkeit der Beeinflussung des Fließwiderstands immer weiter ab, so dass eine Änderung der Fließkanalhöhe nur noch eine geringe Wirkung zeigt. Mit einer GWDS-Düse lassen sich aber trotz extremer Unterschiede

in der Wanddicke Vorformlinge mit nahezu gleicher Austrittsgeschwindigkeit über dem Umfang aus der Düse austragen. Bild 12 zeigt die Wanddickenverteilung eines Vorformlings, die mit einer GWDS-Düse erreicht wurde und die nötig war, um einen Formkörper, der eigentlich für das Rotationsformen ausgelegt war, aufblasen zu können. Auf Grund dieser Möglichkeit auch in Nahbereichen extreme Wanddickenunterschiede erzeugen zu können, lässt sich mit der GWDS-Technologie auch die Wanddickenverteilung von Formteilen, die eine sehr komplizierte Geometrie besitzen, erheblich verbessern und damit das Gewicht verringern und die Zykluszeit verkürzen (Bild 13). Allerdings muss natürlich der Fließkanal einer GWDS-Düse

dazu immer spezifisch für den jeweils herzustellenden Formkörper profiliert werden. Man kann nicht so einfach den Fließkanalspalt über dem Umfang der Düse vom Steuerpult aus ändern, um ein anderes Produkt herstellen zu können, wie es mit den etablierten Systemen möglich ist. Bei einer GWDS-Düse muss dazu die Endscheibe des Dorns gewechselt werden, was aber relativ einfach ist, da der Dorn weit aus der Düse herausgefahren werden kann, so dass die Endscheibe schnell ab- und eine neue an den Dorn angeschraubt werden kann. Jede GWDS-Düse muss natürlich individuell profiliert werden. Das kann sehr einfach sein, wenn man beispielsweise nur die Verdickungen an den beiden Enden der Quetschnaht minimieren will. Es kann aber auch sehr schwierig werden und viel Erfahrung erfordern, wenn die Wanddickenverteilung von Formteilen, wie sie in Bild 13 gezeigt sind, optimiert werden soll. Einfacher wird es bei einer solchen komplexen Artikelgeometrie, wenn die Schmelzeverteilung in der Düse mit Hilfe von Simulationssoftware unterstützend berechnet wird.

Die Fortsetzung des Beitrages folgt in der nächsten Ausgabe 6/2020

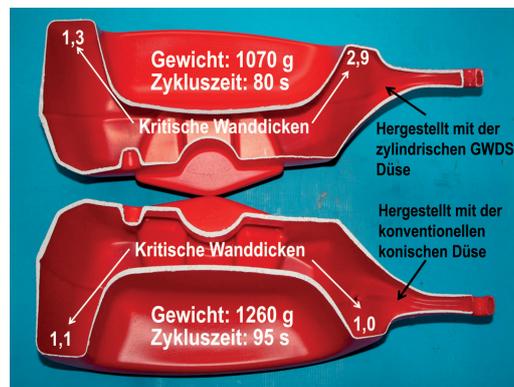


Bild 13 a-c: Beispiele von Formteilen, bei denen die Wanddickenverteilung lediglich durch den Austausch der konventionellen konischen Düse durch eine zylindrische GWDS-Düse erheblich verbessert werden konnte, wodurch eine beachtliche Gewichtsabnahme und eine Reduktion der Zykluszeit erreicht wurde (Werkbilder 7-9 und 11-13: Dr.-Ing. Heinz Groß Kunststoff-Verfahrenstechnik, Roßdorf)