Autor: Heinz Groß

Kosteneinsparung und Qualitätsverbesserung bei kleinen blasgeformten Flaschen

Bild 1:
Bekum Maschine, bestückt mit einem 10-fach Kopf und einem Tandem Werkzeug (Bildausschnitt links oben), erreicht eine Leistung von 19500 Einheiten pro Stunde (Fotos Bekum)

Nur noch ein geringer Anteil der Flaschen, die Extrusionsgeblasen werden, besitzt eine für das Verfahren ideale runde Geometrie. Je stärker der Flaschenkörper von der runden Geometrie abweicht, desto größer werden allerdings die Probleme, beim Extrusionsblasen eine gute Dickenverteilung zu erreichen. Größere Abweichungen von der idealen Dickenverteilung beeinträchtigen aber nicht nur die Qualität der produzierten Flasche, sondern führen zwangsläufig zu einem größeren Gewicht und damit zu einem erhöhten Materialverbrauch in der Produktion. Statische Fließkanalprofilierungen können das Problem nur bedingt reduzieren. Erst die Entwicklung von Flexringdüsen ermöglichte eine dynamische radiale Wanddickensteuerung auch bei Düsen mit einem kleinen Durchmesser [1]. Allerdings haben Fachleute lange bezweifelt, dass auch bei Mehrfachköpfen eine dynamische Wanddickensteuerung der Vorformlinge technisch realisierbar sei. Die größten Zweifel bestanden darin, dass bei den geringen Stichmaßen, die Mehrfachköpfe nun einmal zwangsläufig besitzen, überhaupt noch Platz für die Nachrüstung einer Flexringhülse mit den erforderlichen Stellantrieben vorhanden ist. Dementsprechend schwierig war es auch, jemanden davon zu überzeugen, es einmal zu probieren.
Speziell mit Mehrstationenanlagen (Bild 1) können nun aber in kurzer Zeit große Stückzahlen erreicht werden. Damit summieren sich auch geringste Gewichtseinsparungen pro Blasformteil sehr schnell zu beachtlichen Größenordnungen. In den meisten Fällen sind die Hersteller von blasgeformten Hohlkörpern mit der Qualität der mit statisch profilierten Werkzeugen hergestellten Produkte zufrieden und sehen deshalb keinen Grund an der bestehenden Fertigungstechnik Änderungen vorzunehmen. Deshalb ist es extrem schwierig einen Blasformbetrieb zu finden, der bereit ist, eine völlig neu entwickelte Technologie erstmals auf seiner Anlage zu erproben. Wenn allerdings ein Endkunde mit der Dickenverteilung der Hohlkörper, die ihm geliefert werden, nicht zufrieden ist, und wenn der Blasformer auch in langwierigen und kostspieligen Versuchen keine Verbesserung mehr erreicht, dann nimmt die Bereitschaft zu, entgegen den Zweifeln der Fachleute doch einmal zu testen, ob eine dynamische radiale Wanddickensteuerung bei einem Mehrfachkopf realisiert werden kann.
Nach langer Suche konnten schließlich zwei Entwicklungspartner gefunden werden, die ein Interesse besaßen, erstmals Mehrfachköpfe auf einer Produktionsanlage mit flexibel verstellbaren Düsen auszurüsten, um eine dynamische radiale Spaltverstellung zu erproben. Konkret handelte es sich um einen 8-fach Kopf mit einem Düsendurchmesser von 17 mm und einen 12-fach Kopf

Bild 2: Partiell mehrwandige Flexringhülse und Dorn, mit denen der 12-fach Kopf nachgerüstet wurde

mit einem Düsendurchmesser von 18 mm. Da in beiden Fällen die Fließkanalgeometrie des Kopfes verändert werden musste, um eine ausreichende Verstellbarkeit mit Hilfe der integrierten Flexringhülse zu erreichen, wurde jeweils entschieden, erst einmal nur eine Kavität mit einer Flexringhülse auszurüsten. Mit dieser Entscheidung konnten die Umbaukosten für erste Tests in Grenzen gehalten werden.

Entgegen den Bedenken der Fachleute, stellte es überhaupt kein Problem dar, in die vorhandenen Kopfkonstruktionen eine Flexringhülse und die zugehörigen Stellantriebe zu integrieren. Der geringe zur Verfügung stehende Bauraum war in beiden Fällen mehr als ausreichend. Wie bereits erwähnt, war lediglich die Fließkanalgeometrie der Köpfe im Bereich nach der Trennebene ungeeignet, um eine dynamische radiale Wanddickensteuerung mit Hilfe einer integrierten Flexringhülse zu ermöglichen. Aus diesem Grund wurde die Fließkanalgestaltung hinter der Zentrierebene der Köpfe geringfügig modifiziert. Bild 2 zeigt eine einstückige, partiell mehrwandige Flexringhülse (Austrittsdurchmesser 18 mm) und den zugehörigen massiven Dorn. Die Flexringhülse besitzt einen massiven einwandigen Flansch, mit dem die Abdichtung in der Zentrierebene des Kopfes erfolgt, und einen konvergenten konischen Bereich, der mehrwandig ist und der linear elastisch verformt werden kann. Bei der dynamischen Deformation der Flexringhülse ändert sich somit die Fließkanalgeometrie in der Flexringhülse kontinuierlich. Es müssen dabei keine Teile relativ zueinander verschoben werden, so dass im Fließkanal auch kein Sprung und damit auch keine Totstelle entsteht, in deren Bereich sich Material ablagern kann.

Bild 3 zeigt nun den Nachrüstsatz mit der integrierten Flexringhülse während erster Versuche zum Deformationsverhalten. Da die coextrudierte 200 ml Flasche, deren Design noch der Geheimhaltung unterliegt, eine flächensymmetrische ovale Grundgeometrie besaß, war es ausreichend senkrecht zu der Symmetriefläche, die natürlich auch gleichzeitig die Trennebene der Blasform bildete, jeweils einen Antrieb zu positionieren.

Auf Grund des eingeschränkten Bauraums wurde entschieden, die Kraft der Schrittmotoren mit Hilfe eines Hebels auf die Flexringhülse zu übertragen. Neben dem Vorteil, dass dadurch natürlich kleine Antriebe verwendet werden konnten, ließen sich die Stellantriebe auch noch etwas weiter von dem heißen Werkzeug entfernt positionieren. Bei der Befestigung der Stellantriebe wurde zusätzlich noch besonderer Wert auf eine optimale thermische Trennung vom beheizten Werkzeug gelegt. Speziell angebrachte Isolierplatten verhinderten eine unerwünschte

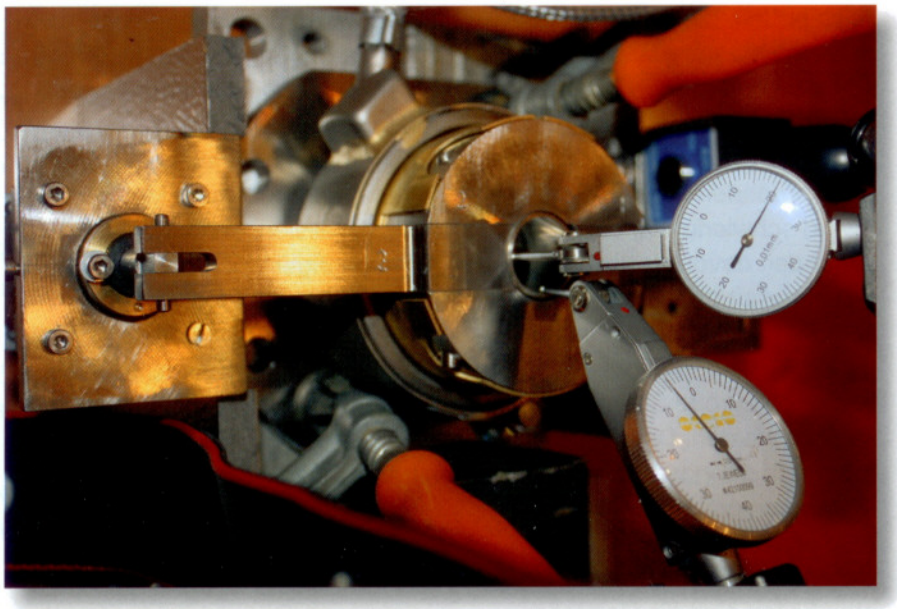

Bild 3: Versuche zum Deformationsverhalten der Flexringhülse (Durchmesser 18 mm), die in den mit zwei kleinen Schrittmotoren ausgerüsteten Nachrüstsatz integriert ist

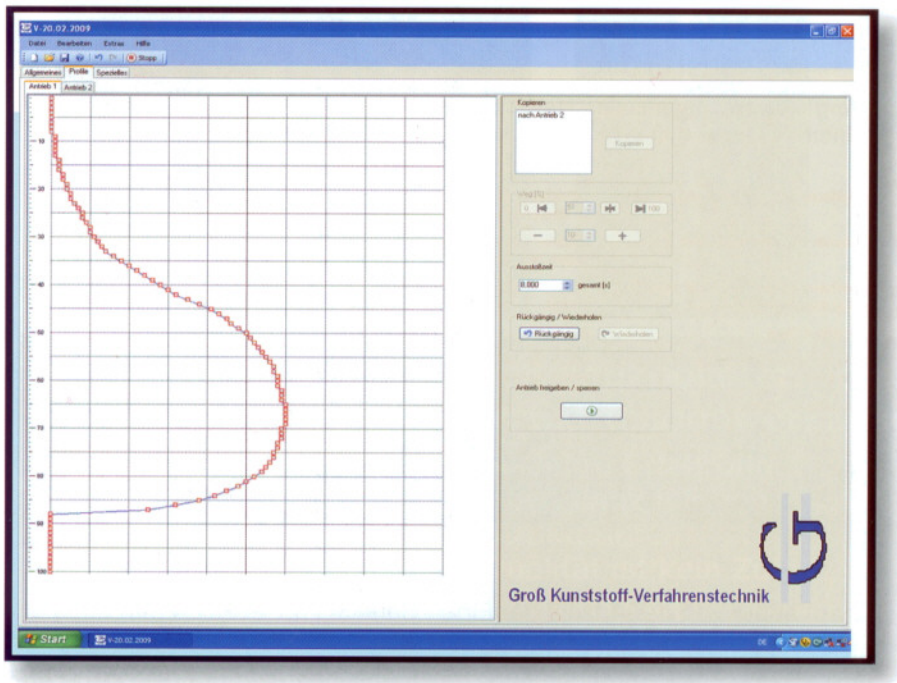

Bild 4: Bedienoberfläche des Programms zur Ansteuerung der einzelnen Schrittmotoren

Erwärmung der Stellantriebe über Strahlung und Konvektion. All diese Maßnahmen führten letztendlich dazu, dass die verwendeten Linearantriebe in Schrittmotortechnik auch im Dauerbetrieb ihre zulässige Maximaltemperatur nicht erreichten, und somit auch keine separate Kühlvorrichtung erforderlich war.

In der Vergangenheit bereitete der Einsatz von Schrittmotoren für die radiale Wanddickensteuerung noch Probleme, weil die existierenden Programme zur Ansteuerung von Servomotoren oder von Hydraulikzylindern für Schrittmotoren nicht eingesetzt werden konnten, und es deshalb keine für das Extrusionsblasformen spezifisch geschriebene Software zur Programmierung der Schrittmotoren gab. Aus diesem Grund wurde eine geeignete Software geschrieben, die auf jedem PC, Labtop oder auch auf jeder zentralen Maschinensteuerung, auf dem bzw. auf der ein Windows Betriebssystem implementiert ist, aufgespielt werden kann.

Sie wurde gezielt für die radiale Wanddickenprofilierung des Vorformlings mit Hilfe von Schrittmotoren geschrieben und kommuniziert direkt mit der notwendigen Schrittmotorsteuerung.

Prinzipiell ist diese Software ähnlich aufgebaut, wie bekannte Programme, die zur axialen Wanddickenprofilierung des Vorformlings mit Hilfe von Hydraulikzylindern oder Servomotoren eingesetzt werden. Die Zykluszeit wird aufgeteilt in Zeitinkremente, für die dann mit Hilfe eines Schiebereglers oder aber auch alphanumerisch die Position des Schrittmotors vorgegeben werden kann. Bild 4 zeigt die Bedienoberfläche des Programms, auf der das gewünschte Fahrprofil für den Schrittmotor eingegeben wird. Mit dem Programm können momentan die Fahrbewegungen von bis zu sechs Schrittmotoren individuell programmiert werden. Bei einer geringfügigen Änderung der Zykluszeit, die auf Grund eines Farbwechsels oder gar eines Materialwechsels vom Anlagenbediener vorgenommen wird, ändert sich die Länge der einzelnen Zeitinkremente automatisch proportional zu der vorgenommenen Änderung der Zykluszeit.

Wird das Programm extern von der zentralen Maschinensteuerung auf einem Labtop oder einem PC betrieben, so wird lediglich ein Startsignal von der Maschine benötigt, über das die Fahrbewegungen der Schrittmotoren mit dem Maschinenzyklus synchronisiert werden.

Schrittmotoren führen Fahrbewegungen generell mit einer hohen Präzision und Wiederholgenauigkeit aus, solange sie bezüglich der Kraft, die sie realisieren können, ausreichend groß dimensioniert sind. Mit Hilfe der Schrittmotoren gelingt es nun erstmalig für einen runden Schraubverschluss einer ovalen Flasche auch mit einem idealen runden Fließkanal zu arbeiten, um dann im Übergangsbereich allmählich den Fließkanalspalt so lange immer stärker zu ovalisieren, bis er tatsächlich an jeder Position des ovalen Flaschenkörpers dem Verstreckgrad, der über dem Flaschenumfang in dem jeweiligen Bereich vorhanden ist, gerecht wird.

In Vorversuchen (Bild 3), die allerdings bei Raumtemperatur erfolgten, wurde nun ermittelt, dass mit der 18 mm Flexringdüse problemlos eine Differenz zwischen der Haupt- und der Nebenachse der ovalisierten Düse von 1,2 mm erzeugt werden kann, ohne dass dabei der linear elastische Deformationsbereich der partiell mehrwandigen Hülse überschritten wird. Zur späteren Optimierung der Wanddicke bei der Versuchsflasche wurde allerdings lediglich eine Differenz von 0,4 mm benötigt. Eine schnelle Optimierung der Fließkanalgeometrie wird dadurch ermöglicht, dass man bei Verwendung eines Flexringwerkzeugs sehr feinfühlig von Schuss zu Schuss Änderungen vornehmen kann, ohne dass dafür das Werkzeug auseinander gebaut werden muss, um den Fließkanal spanabhebend nacharbeiten zu können. Während der Optimierung der Fließkanalgeometrie mit einem Flexringwerkzeug besteht auch nicht die Gefahr, einmal zu viel oder an der falschen Stelle zu profilieren, und deswegen

gezwungen zu sein, wieder von vorne beginnen zu müssen. Hat man eine Verstellung zu groß, zu klein oder auch an der falschen Stelle gewählt, so wird einfach die Fahrkurve der Stellantriebe umprogrammiert. Bereits am ersten Versuchstag konnte auf diese Weise die Dickenverteilung gegenüber den Flaschen, die mit einer statischen Profilierung hergestellt worden waren, verbessert werden. Darüber hinaus verringerte sich durch die Vermeidung von unnötigen Dickstellen in der Flasche auch noch die Kühlzeit. Einen Vergleich wichtiger verfahrenstechnischer Aspekte zwischen der konventionellen statischen Kopfprofilierung und einer dynamischen Fließkanalprofilierung zeigt Bild 5. In allen betrachteten Punkten besitzt die dynamische Lösung Vorteile. Einzige Ausnahme ist natürlich der Preis. Dies allerdings auch nur, wenn man einzig die Beschaffungskosten losgelöst vom Nutzen des Kopfes betrachtet. Bild 6 zeigt die Basisdaten, mit denen die Amortisationszeit eines Werkzeugs mit einer dynamischen radialen Wanddickensteuerung abgeschätzt wurde. Nimmt man an, dass unter Einsatz einer dynamischen radialen Wanddickensteuerung eine Gewichtseinsparung von 1 g pro Blasteil erreichbar ist und rechnet mit einer Stundenleistung von 19500 Stück, dann amortisiert sich das Werkzeug bereits nach 64 Tagen. Werden coextrudierte Flaschen hergestellt, dann reduziert sich die Amortisationszeit noch weiter, da die mittleren Materialkosten einer coextrudierten Flasche sicherlich oberhalb der angenommenen 1 Euro/kg liegen. Die Kosten für die Ausrüstung eines kompletten Mehrfachkopfes mit einer dynamischen radialen Wanddickensteuerung sind hingegen geringer, als man vermuten könnte, da die benötigten Flexringhülsen auf Grund des besonderen Fertigungsverfahrens in einem einzigen Prozess gleichzeitig hergestellt werden können. Darüber hinaus werden unabhängig von der Anzahl der Einzelkavitäten des Mehrfachkopfes lediglich zwei Stellantriebe benötigt, die einen über die gesamte Breite des Werkzeugs verlaufenden Stellbalken bewegen. Alle vorhandenen Kavitäten können so sehr effektiv simultan bewegt werden. Mit diesen Entwicklungsprojekten konnte eine weitere Lücke für den Einsatz einer radialen Wanddickensteuerung beim Extrusionsblasformen erfolgreich geschlossen werden. Auch geringe Stichmaße von Mehrfachköpfen stellen absolut keinen Hindernisgrund für eine Nachrüstung oder auch eine Ausrüstung einzelner Kavitäten eines Mehrfachkopfes mit dynamisch deformierbaren Flexringhülsen dar. Sieht man einmal von extrem kleinen Düsendurchmessern im Bereich von kleiner 4 mm ab, gibt es somit bei der Fertigung unsymmetrischer Blasformteile keine Anwendungen mehr, bei denen nicht mit einer vorteilhaften dynamischen radialen Wanddickensteuerung gearbeitet werden kann.

Bild 5: Darstellung aus einem auf der VDI Blasformtagung 2009 gehaltenen Vortrag [2]

Literatur

[1] Grünewald, J.: Entwicklung und Erprobung neuer Werkzeugkonzepte zur radialen Wanddickenbeeinflussung beim Extrusionsblasformen. Dissertation RWTH Aachen, 2004

[2] Groß, H.: Radiale Wanddickensteuerung für Mehrfachwerkzeuge. Vortrag, VDI-Tagung Blasformen 2009, Baden-Baden 12.-13.05.2009

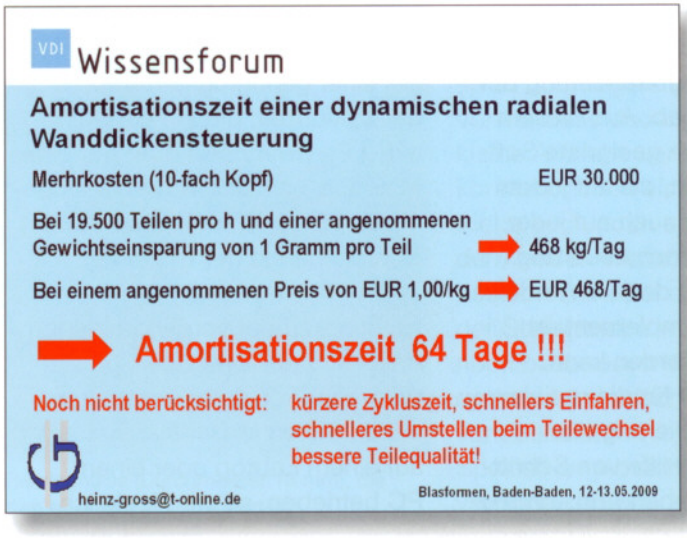

Bild 6: Darstellung aus einem auf der VDI Blasformtagung 2009 gehaltenen Vortrag [2] (Werkbilder: Dr. Ing. Heinz Groß, Kunststoff-Verfahrenstechnik, Roßdorf)