

Rohrextrusion. Prinzipiell sind nun auch im Bereich der Rohrextrusion alle technischen Voraussetzungen vorhanden, um neben der seit Langem praktizierten und zum Standard einer guten Rohranlage gehörenden Dickenregelung in Abzugsrichtung auch eine Regelung der Wanddicke in Umfangsrichtung realisieren zu können.

Die Wanddicke über dem Rohrumfang regeln

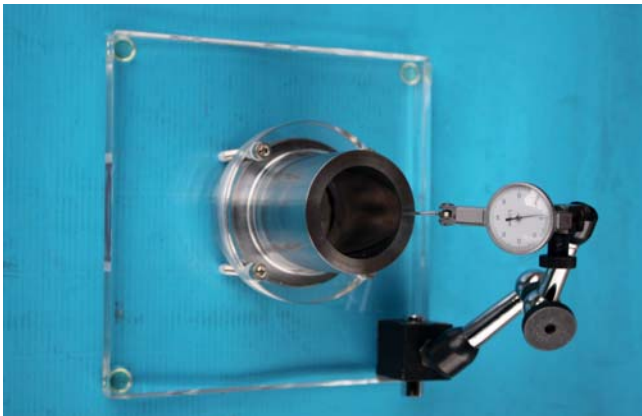


Bild 1. Messemodell zur Demonstration der Vorteile der Kippdüsenteknologie, bei dem die vier Flanschschrauben nicht nur zum Aufspannen, sondern auch zum Kippen der Düse verwendet werden (Fotos außer Bild 4: Groß)



Bild 2. Kompletter auf einer Grundplatte montierter Umrüstsatz für einen vorhandenen Blaskopf, bei dem mittels zweier Schrittmotoren jede benötigte Position der Düse relativ zum Dorn mit höchster Präzision realisiert werden kann

HEINZ GROSS

Im globalisierten Wettbewerb reicht es inzwischen nicht mehr aus, wenn man gegenüber dem Mitbewerber eine bessere Produktqualität anbieten kann. Langfristig erfolgreich werden vorrangig die Firmen sein, denen es gelingt, ihre qualitativ hochwertigen Produkte mit möglichst geringeren Fertigungskosten als die Konkurrenz zu produzieren. Vergleicht man die unterschiedlichen Verfahren, mit denen Platten, Folien, Rohre oder auch Profile aus Kunststoff hergestellt werden, dann ist im Bereich der Rohrextrusion das Potenzial für weitere mögliche Einsparungen der Fertigungskosten mit am größten. Berücksichtigt man, dass in der Extrusion der Anteil der Materialkosten an den gesamten Fertigungskosten in aller Regel weit oberhalb von 50 %

liegt, dann ist klar, dass man natürlich den größten Spareffekt erzielt, wenn man den Materialeinsatz bei der Fertigung reduziert.

Bei der Herstellung von Folien ist es nun inzwischen Standard, Dickentoleranzen von deutlich kleiner als 5 % zu erreichen. Bei Rohren erlauben die Europäischen Normen in der Regel Wanddickentoleranzen im Bereich von 10 %. So liegt beispielsweise nach EN 1401-1 die zulässige Wanddicke bei kerngeschäumten PVC-Rohren mit einem Durchmesser von 110 mm im Bereich zwischen 3,2 und 3,8 mm. Natürlich bemühen sich alle Rohrhersteller, engere Toleranzen zu erreichen. Sie liegen aber häufig immer noch oberhalb von 5 %. Die geringeren Toleranzen bei der Folienfertigung werden erreicht, indem man die Wanddicke über dem Umfang oder aber bei Flachfolien über der Breite während des laufenden Prozesses regelt, was bereits seit langer Zeit weltweit Stand der Technik ist.

Die Rohrextrusion ist von diesem Stand noch weit entfernt. Bei der Optimierung der Dicke über dem Umfang des Rohres muss man sich wegen fehlender technischer Lösungen immer noch darauf beschränken, rein manuell die Düse relativ zum Dorn zu zentrieren. Erschwerend kommt dabei noch hinzu, dass mit den Zentrierschrauben, die über dem Umfang konventioneller Rohrköpfe angeordnet sind, kein optimales Zentrieren der Düse relativ zum Dorn möglich ist [1, 2].

Will man nun den Materialeinsatz bei der Produktion von Rohren durch den Aufbau einer Regelung der Wanddicke über dem Umfang eines Rohres reduzieren, werden Rohrköpfe benötigt, die sich mittels ansteuerbarer Aktuatoren verstellen lassen. Um dabei ein optimales Ergebnis erreichen zu können, sollte der Rohrkopf sich erst einmal automatisch zentrieren lassen. Wenn die exzentrischen Dickenunterschiede minimiert sind, dann müssen von der Regelung noch vor-

ARTIKEL ALS PDF unter www.kunststoffe.de
Dokumenten-Nummer KU110733

handene unsymmetrische Dick- und Dünnstellen über dem Rohrumfang reduziert werden. Nur so besteht die Aussicht, dass man langfristig auch bei der Rohrerstellung Dickentoleranzen erreichen kann, wie sie seit Langem in der Folienfertigung üblich sind. Dass dies prinzipiell möglich ist, zeigen Versuchsergebnisse, die mit einem Flexringwerkzeug erzielt worden sind.

Automatisierte Zentrierung über Kippdüsen

Eine einfache Lösung zum automatisierten Zentrieren eines Rohrkopfes wurde mit der Entwicklung der Kippdüsenteknologie [3] gefunden. Zur Optimierung der relativen Position zwischen Düse und Dorn wird dabei die Düse nicht wie sonst meist üblich verschoben, sondern gekippt. Die Abdichtung zwischen dem Kopf und der Düse erfolgt bei dieser neuartigen Lösung mithilfe einer flexiblen Dichtung. Die Dichtung besteht aus einem Elastomer, das speziell für diese Anwendung optimiert wurde. Diese Lösung ermöglicht selbst bei Verwendung von konventionellen manuell einzustellenden Stellschrauben ein viel präziseres Zentrieren, als es mit den konventionellen radial angebrachten Zentrierschrauben möglich ist. In Hinblick auf eine automatische Verstellung, wie sie für eine Regelung erforderlich ist, hat die Kipptechnologie den großen Vorteil, dass in aller Regel bereits zwei kostengünstige Schrittmotoren ausreichen, um die Düse automatisch mit noch viel höherer Präzision, als dies manuell möglich ist, kippen bzw. zentrieren zu können.

Die neuartige Kippdüsenteknologie unter Verwendung eines elastischen Kippgelenks wurde erstmals im letzten Oktober auf der Kunststoffmesse in Düsseldorf vorgestellt (Bild 1). Allerdings wurde die Technologie bereits in unterschiedlichen Anlagen mit verschiedenen Rohstoffen und einem breiten Spektrum an Rohrabmessungen erfolgreich erprobt. Die Bereitschaft, die Kippdüsenteknologie schnell zu erproben, wird insbesondere dadurch gefördert, dass man in einfacher Weise und zu sehr moderaten Kosten jeden bestehenden Rohrkopf mit einem elastischen Kippgelenk nachrüsten kann. Am unteren Ende der bereits getesteten „Rohrgeometrie“ liegt ein Spezialwerkzeug zur Herstellung von Kapillaren aus PLA für medizinische Anwendungen. Die Tatsache, dass mit diesem Werkzeug, das direkt als Kippdüsenwerkzeug konzipiert wurde, Kapillaren mit einem Außen-

durchmesser von nur 0,2 mm hergestellt werden konnten, verdeutlicht, dass eine sehr genaue und feinfühligere Zentrierung mit der Kippdüsenteknologie möglich ist.

Das bisher größte Werkzeug, das mit einem elastischen Kippgelenk nachgerüstet worden ist, besitzt im abzudichtenden Bereich zwischen dem Kopf und der Düse einen Durchmesser von 220 mm. Es handelt sich um eine Düse für einen Kopf, mit dem Vorformlinge für das Extrusionsblasformen ausgetragen werden. Da bei der neuartigen Kipplösung die Düse aufgrund einer engen Passung nur noch zentrisch auf den Kopf aufgespannt werden kann, werden die Rüstzeiten verkürzt. Noch interessanter ist es aber speziell für das Extrusionsblasformen, dass durch die motorische Verstellung (Bild 2) die Blasformmaschine nicht mehr angehalten werden muss, um den Schlauchlauf zu optimieren. Inzwischen hat sich auch ein erster Hersteller von Blasfolien entschieden, die Vorteile der Kippdüsenteknologie zu nutzen und seinen vorhandenen Blaskopf mit einem elastischen Kippgelenk nachgerüstet.

Auf der Rohstoffseite wurden Kippdüsen bereits mit Polyolefinen, mit PVC, mit PA und mit PLA erfolgreich erprobt. Betriebswirtschaftlich gesehen besitzt die Kippdüsenteknologie zudem auch noch den Vorteil, dass bei der Fertigung des Kopfes geringere Kosten anfallen als bei der Herstellung eines herkömmlichen Kopfes mit konventioneller Zentriertechnik.

Somit steht seit Kurzem auch eine geeignete Düsentechnologie zur Verfügung, um an Rohranlagen erst einmal exzentrische Dickenunterschiede ausregeln zu können. Unsymmetrische Dick- oder Dünnstellen in der Rohrwanddicke können nun, wie bereits kurz erwähnt, mit Flexringwerkzeugen verringert werden. Flexringwerkzeuge sind bereits seit über zehn Jahren verfügbar [4, 5]. Sie werden zur Reduzierung der Dickentoleranzen über dem Umfang der Rohre das gleiche Grundprinzip, das seit Jahrzehnten bei Castfolien erfolgreich eingesetzt wird. Der Strömungskanal wird am Düsenaustritt lokal begrenzt verstellt, um den Fließwiderstand relativ zu den benachbarten Bereichen zu verändern. Auf diese Weise können nun tatsächlich auch bei der Rohrerstellung extrem geringe Dickentoleranzen erreicht werden (Bild 3).

Geregeltes Flexringwerkzeug als Lösung

Dennoch konnten sich Flexringwerkzeuge in der Produktion bis jetzt nicht durchsetzen. Dies liegt vorrangig daran, dass gegenüber einem konventionellen Rohrkopf ein erheblich erhöhter Personalaufwand zum Feineinstellen der zahlreichen Stellschrauben, die über dem Umfang der Düse angeordnet sind, erforderlich ist. Verstärkt wird das Problem noch dadurch, dass natürlich bei den erreichten geringeren Dickentoleranzen Linienschwankungen sich viel schneller und somit auch häufiger bemerkbar machen. →

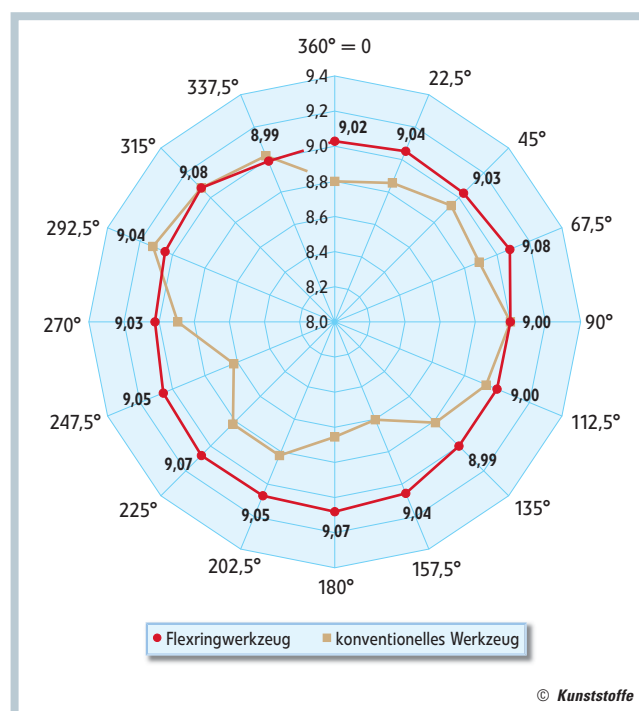


Bild 3. Mithilfe eines Flexringwerkzeugs durch lokale Optimierung des Fließkanalspalts über dem Umfang der Düse erreichte Wanddickenverteilung (Rohrgeometrie: 110 x 9 mm)



Bild 4. Neuartiges Messsystem zur Online-Erfassung der Wanddicken von kompakten oder auch kerngeschäumten Rohren, das hinter dem ersten Vakuumtank in die Rohrlinie integriert wurde (Foto: Ingenieurbüro Walz)

Diesen Nachteil gilt es mit einem geregelten Flexringwerkzeug auszugleichen. Lange Zeit war es nicht möglich, Interessenten zu finden, die bereit waren, eine Regelstrategie zu entwickeln und die erforderliche Software zu schreiben.

Erst die Konjunkturkrise hat mit dem von der Bundesregierung beschlossenen Konjunkturpaket 2 Rahmenbedingungen geschaffen, die es ermöglichten, eine Technologie zur Regelung der Wanddicke über dem Rohrumfang zu entwickeln. Über das Zentrale Innovationsprogramm Mittelstand des BMWi werden zurzeit zwei Einzelprojekte gefördert, mit denen die Wanddicke über dem Umfang eines kerngeschäumten PVC-Rohres auf einen möglichst konstanten Dickenwert geregelt werden soll. In einem ersten Einzelprojekt wird von dem Ingenieurbüro Walz in Obertshausen ein neuartiges relativ einfaches und kostengünstiges Messsystem entwickelt. Es zeichnet sich insbesondere dadurch aus, dass es nicht nur die Wanddicke von kompakten sondern insbesondere auch von kerngeschäumten Rohren messen kann. **Bild 4** zeigt das Pilotssystem integriert in eine Rohrlinie der

Pipelife Deutschland GmbH & Co. KG in Bad Zwischenahn, auf der kerngeschäumte PVC-Kanalrohre mit einem Durchmesser von 110 mm hergestellt werden.

In einem weiteren Schritt wird ein bei Pipelife vorhandener Rohrkopf mit einer Flexringhülse und mit Schrittmotoren nachgerüstet, um die Spaltverstellung motorisch vornehmen zu können.

In einem zweiten vom BMWi geförderten Einzelprojekt wird die aiXtrusion GmbH, Arnsberg, eine Regelstrategie entwerfen und die entsprechende Software schreiben, um basierend auf den mit dem neuartigen Messsystem ermittelten Istwerten der Wanddicke über dem Umfang des Rohres in einem Regler Stellgrößen zu berechnen. Mit diesen Stellgrößen wird dann der Fließkanalspalt am Rohrkopf lokal begrenzt korrigiert werden, um die Dicktoleranzen zu verringern. Alle Versuche werden direkt auf den bei Pipelife vorhandenen Produktionsanlagen, mit denen kerngeschäumte PVC-Rohre in den Abmessungen 110, 125 und 160 mm hergestellt werden, durchgeführt. Erklärtes Ziel ist es natürlich, vorrangig durch deutlich verringerte Dickentoleranzen Material einzusparen, und gleichzeitig damit auch die Qualität der Rohre zu verbessern. Natürlich sollte letztendlich darüber hinaus auch der notwendige Personalbedarf, der zur Produktion und für die Qualitätssicherung erforderlich ist, verringert werden können.

Fazit und Ausblick

Prinzipiell sind nun auch im Bereich der Rohrextrusion alle technischen Voraussetzungen vorhanden, um neben der seit Langem praktizierten und zum Standard einer guten Rohranlage gehörenden Dickenregelung in Abzugsrichtung auch eine Regelung der Wanddicke in Umfangsrichtung realisieren zu können. Hinkte man bei der Rohrproduktion hinsichtlich des Automatisierungsgrads in der Vergangenheit immer hinter der Blasfolienextrusion hinterher, so besteht nun sogar die Möglichkeit, sie zu überholen. Bei Blasfolienanlagen muss man immer noch unzulässig große exzentrische Dickenunterschiede rein manuell mithilfe der konventionellen Zentrierschrauben verringern. Bei der in der Entwicklung befind-

lichen Dickenregelung für Rohre ist vorgesehen, dass auch exzentrische Dickenunterschiede ausgeregelt werden können. Dies wird durch den Einsatz von Kippdüsen mit elastischen Kippgelenken erstmals möglich. Letztendlich wird es eine Frage der notwendigen Investitionen und der sich ergebenden Amortisationszeiten sein, ob sich eine Nachrüstung im Einzelfall lohnt oder nicht. Günstig ist es dabei natürlich, wenn in der Anlage bereits ein geeignetes Dickenmesssystem vorhanden ist. Sollte das nicht der Fall sein, so könnte das in Entwicklung befindliche Wanddickenmesssystem eine interessante Alternative sein, da es voraussichtlich im Vergleich zu konventionellen Ultraschallmesssystemen kostengünstiger sein wird. Noch befindet sich allerdings nur das in **Bild 4** gezeigte Pilotmesssystem in der Test- und Erprobungsphase. Der zur Regelung notwendige Algorithmus wird ebenfalls erst erarbeitet. Es kann folglich zum augenblicklichen Zeitpunkt nur sehr schwer vorausgesagt werden, wann eventuell die ersten Anlagenhersteller Neuanlagen anbieten werden, mit denen die Rohrwanddicke sowohl in Abzugs- als auch in Umfangsrichtung geregelt werden kann. ■

LITERATUR

- 1 Groß, H.: Manuelles Zentrieren wird überflüssig. *Extrusion International Magazine* 16 (2010) 6, S. 22–25
- 2 Groß, H.: Manual centring becomes superfluous. *Extrusion International Magazine* 16 (2010) 7, S. 52–55
- 3 Gorczyca, P.: Nachhaltigkeit – neues Image im Fokus. *Kunststoffe* 100 (2010) 12, S. 52–55
- 4 Groß, H.: Neuheiten in der Extrusion. *Kunststoffe* 91 (2001) 12, S. 82–85
- 5 Groß, H.: Flexible Werkzeugwände. *Kunststoffe* 93 (2003) 8, S. 28–33

DER AUTOR

DR.-ING. HEINZ GROSS, geb. 1950, ist seit 1993 Inhaber der Groß Kunststoff-Verfahrenstechnik, Roßdorf; heinz-gross@t-online.de

SUMMARY

CONTROLLING PIPE WALL THICKNESS AROUND THE CIRCUMFERENCE

PIPE EXTRUSION. In addition to wall thickness control in the take-off direction, which has been become common practice and a standard feature of a good pipe extrusion system, all technical prerequisites are now in place in the field of pipe extrusion to also implement closed-loop control for the pipe wall thickness around the circumference.

Read the complete article in our magazine

Kunststoffe international and on

www.kunststoffe-international.com