

Dr.-Ing- H. Gross, Rossdorf

Extrusionswerkzeuge mit flexibel deformierbaren Fließkanalwänden (Teil 1)

Wie oft kommt es bei der Extrusion von Profilen vor, dass der Anlagenbediener sich wünscht, das Verteilverhalten der Kunststoffschmelze im Werkzeug bei laufender Anlage feinfühlig verändern zu können, um eine ungünstige Wanddickenverteilung im hergestellten Produkt auf einfache und kostengünstige Art zu korrigieren. Es gibt inzwischen interessante Ansätze, diesen Traum zumindest in einigen Fällen in die Realität umsetzen zu können. Mit einer neu entwickelten Fertigungstechnik ist es möglich, Fließkanalwände in Extrusionswerkzeuge zu integrieren, die in bestimmten Bereichen linear elastisch deformierbar sind. Diese Entwicklung steht zwar noch am Anfang, dennoch gibt es bereits eine Reihe von Anwendungen, in denen sich derartig flexibel gestaltete Fließkanalwände sogar schon in Produktionswerkzeugen bestens bewährt haben.

Beispielhaft sollen im Folgenden einige bereits realisierte Anwendungen vorgestellt werden, die belegen, dass es inzwischen möglich ist, metallische Wände so zu fertigen, dass sie dem Schmelzedruck im Werkzeug standhalten, aber dennoch linear elastisch verformt werden können. Die Verformung ist dabei zu 100% reversibel, so dass man jederzeit den Ausgangszustand vor der Verstellung wieder erreichen kann. Die möglichen Einsatzgebiete dieser neuen Technologie sind sicherlich sehr vielfältig. Allerdings können Entwickler und Ingenieure nur dann darüber nachdenken, diese neuen

Möglichkeiten in ihrem jeweils eigenen Arbeitsbereich zu nutzen, wenn sie von ihrer Existenz wissen.

Anforderungen an deformierbare Wände in Extrusionswerkzeugen

Metallische verformbare Wände werden momentan noch vorrangig zur Begrenzung von Fließkanälen in den unterschiedlichsten Extrusionswerkzeugen eingesetzt. Sie müssen mit dem Druck, unter dem die thermoplastische Schmelze steht, standhalten. Damit ergeben sich zwangsläufig für solche Wände Mindestwanddicken, die nicht unterschritten werden dürfen. Metalle werden in konventionellen Werkzeugen gerade deshalb

eingesetzt, weil sie starr und fest sind. Wenn sie sich dennoch unter den Druckkräften geringfügig deformieren, so ist das in aller Regel nur störend. Die neue Anforderung einer gewünschten, linear elastischen Deformation steht dazu erst einmal im Widerspruch.

Dieser Widerspruch konnte mit der Entwicklung von partiell mehrwandigen metallischen Fließkanälen überwunden werden. Eine Einzelwand besitzt eine sehr geringe Wanddicke. Somit ist sie extrem flexibel. Die maximale Dehnung im Bereich der Wandoberfläche bleibt sehr klein, da die Oberflächen wegen der extrem geringen Wanddicke nur einen minimalen Abstand von der neutralen Faser besitzen. Die erforderliche mechanische



Bild 1: Außenringe von Rohrwerkzeugen zur Herstellung von Schaumkernrohren (\varnothing 160 und 125 mm) mit integrierten Flexringhülsen, mit denen der Fließkanalspalt am Werkzeugaustritt über jeweils 60 Stellschrauben feinfühlig verstellt werden kann

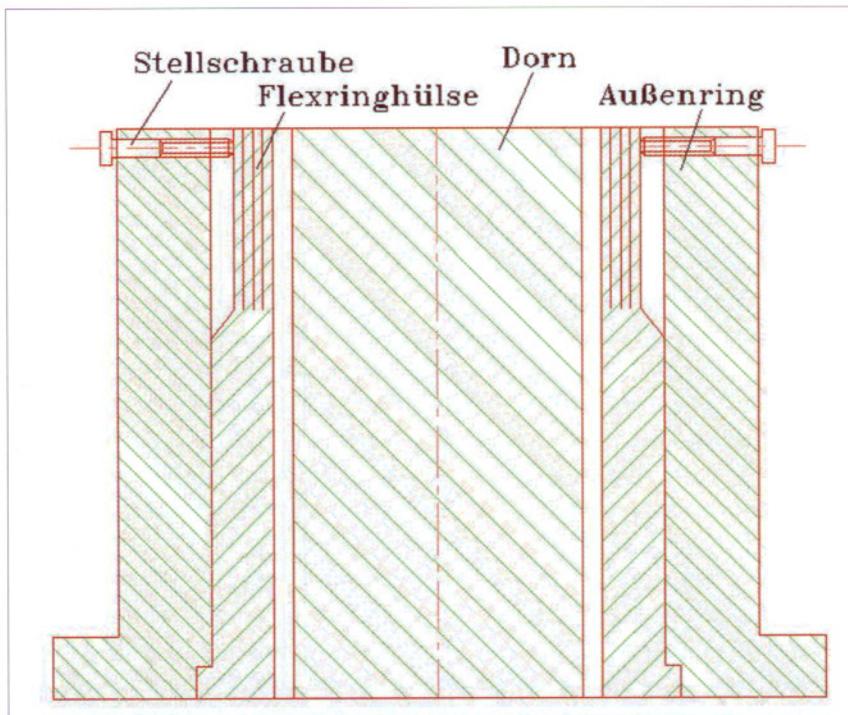


Bild 2: Querschnittsdarstellung eines Flexringwerkzeugs

Festigkeit gegenüber dem Innendruck wird nun erreicht, indem man, vergleichbar zu einem Blattfederpaket, mehrere solcher extrem dünner Einzelwände übereinander schachtelt. Dabei stützen sich die Einzelwände mechanisch gegeneinander ab. Solche Pakete, bestehend aus vielen Einzelwänden, lassen sich gegenüber dem Innendruck genau dimensionieren. Die Summe der einzelnen Wanddicken muss nur die Gesamtdicke ergeben, die erforderlich ist, um dem Innendruck standzuhalten. Trotz der so realisierbaren, großen Wanddicke, bleibt dieses "Blattfederpaket" aber flexibel deformierbar. Jede Einzelwand besitzt nämlich ihre eigene neutrale Biegelinie, da sich die Oberfläche der Wände relativ zu einander verschieben können. Somit kann man in einfacher Weise die Wand bezüglich ihrer Flexibilität und ihrer Druckfestigkeit exakt entsprechend den jeweiligen Anforderungen dimensionieren.

Einsatzgebiete für flexibel einstellbare Wandbereiche

Selbst wenn man sich auf Extrusionswerkzeuge beschränkt, sind die Anwendungsmöglichkeiten für solche in bestimmten Grenzen lokal verformbare Wandbereiche sehr vielfältig. Überall dort, wo es um das feinfühlig Optimieren eines lokalen Fließwiderstands oder um das exakte Erreichen einer Massestromverteilung geht, können sie vorteilhaft eingesetzt werden. Für viele Prozesse wird durch den Einsatz dieser Wandbereiche erstmals eine Regelung wichtiger Prozessgrößen ermöglicht. Besonders interessant ist der Bereich der Coextrusion. So wird es möglich, Einzelschichtdicken während des laufenden Prozesses zu regeln. Voraussetzung dafür ist natürlich, dass man die Schichtdicke der einzelnen Schicht auch im Prozess direkt messen kann. Aber bereits die Möglichkeit, bei laufender Anlage den lokalen Fließwiderstand an gewünschten

Stellen rein manuell feinfühlig beeinflussen zu können, wird dazu beitragen, dass man zukünftig die erreichbaren Schichtdickentoleranzen in der Coextrusion deutlich verringern wird.

Aktueller Stand bei der Umsetzung der Technologie

Werkzeuge, die in Produktionsanlagen im Einsatz sind, beweisen, dass die Integration von flexiblen Wandbereichen in Extrusionswerkzeuge dazu beiträgt, Produktionskosten zu reduzieren und gleichzeitig auch noch die Qualität der hergestellten Produkte zu verbessern. Bereits umfangreich getestet [1-3] ist der Einsatz von Flexringhülsen in Rundwerkzeugen im Bereich der Extrusion. Eine Flexringhülse ist eine kompakte einstückige Hülse aus einer korrosionsfesten Speziallegierung, die auf einer Seite einen konventionellen massiven Flanschbereich besitzt. Auf der anderen Seite besteht sie aber aus mehreren Einzelwänden. Bild 1 zeigt zwei Außenringe von Rohrwerkzeugen mit integrierter Flexringhülse. In Bild 2 ist der prinzipielle Aufbau eines kompletten Flexringwerkzeugs im Schnitt dargestellt. Man erkennt darin im unteren Flanschbereich den starren einwandigen und im oberen Mundbereich den flexiblen, mehrwandigen Abschnitt der Flexringhülse. Der mehrwandige Mundbereich der Flexringhülse kann dabei mit Hilfe der Stellschrauben lokal begrenzt deformiert werden. Solche Flexringhülsen lassen sich in höchster Präzision in nahezu jeder gewünschten Geometrie herstellen. Sie können in aller Regel in bestehende Rundwerkzeuge nachgerüstet werden. Dazu muss nur der vorhandene Außenring des Werkzeugs innen etwas aufgedreht werden,



Bild 3: Demonstration des enormen Deformationsvermögens einer Flexringhülse am Beispiel eines Werkzeugs mit einem Durchmesser von 43 mm

damit man die Hülse einschleiben kann. Bei einer solchen Nachrüstung bleibt die Fließkanalgeometrie des umgerüsteten Werkzeugs exakt erhalten, da die Hülse genau die Innenkontur des ursprünglichen Außenrings besitzt. Sie reicht grundsätzlich vom Flanschbereich, in dem die Zentrierung vorgenommen wird, bis zum Düsenmund. Bei der Integration einer Flexringhülse bestehen folglich auch keine neuen oder zusätzlichen Trennebenen. Bild 3 verdeutlicht, dass eine derartig aufgebaute Flexringhülse in beachtlicher Weise lokal verformt werden kann, ohne dass dabei Totstellen entstehen. Flexringwerkzeuge lassen sich deshalb auch uneingeschränkt für thermisch sehr empfindliche Materialien verwenden.

Rohrwerkzeuge

Bild 4 zeigt nun ein Rohrwerkzeug (\varnothing 160 mm) im Betrieb auf einer Produktionsanlage. Mit den über dem Werkzeugumfang angeordneten 60 Stellschrauben lassen sich lokale Dickstellen im Rohr, die nach dem idealen Zentrieren des Werkzeugs noch verbleiben, auf einfache Weise weiter verringern. Mit diesem Werkzeug konnte bereits am ersten Tag beim Einfahren das

spezifische Rohrgewicht um 4 Prozent im Vergleich zur konventionellen Produktionsmethode reduziert werden. Bild 5 verdeutlicht am Beispiel einer anderen Rohrgeometrie, dass man mit Flexringwerkzeugen auch extreme Störstellen in der Dickenverteilung eines Rohres beseitigen kann.

Es gibt einen Rohrhersteller, der mit Hilfe der Nachrüstung einer Flexringhülse die Dickentoleranz des von ihm gefertigten Rohres halbieren konnte. Gleichzeitig ist es ihm gelungen, trotz der vielen Stellschrauben, die Anzahl seiner Anlage um 40% zu verringern. Zur Korrektur der Dickenverteilung müssen in aller Regel nämlich nur Schrauben benutzt werden, an denen eine Spaltkorrektur sinnvoll ist. Alle anderen Schrauben bleiben offen. Bild 6 zeigt dies am Beispiel der Herstellung eines \varnothing 30 mm Polyamidrohres, bei dem zur Optimierung der Dickenverteilung nur 2 Schrauben zugestellt worden sind.

Es besteht auch die Möglichkeit, den Fließkanal im Inneren eines Werkzeugs mehrwandig und damit flexibel deformierbar auszu-

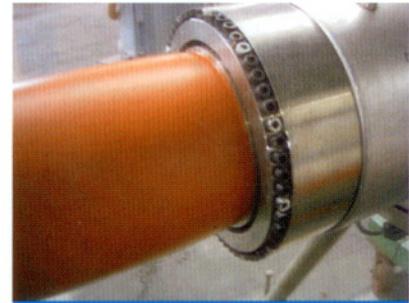


Bild 4: Rohrherstellung (110 mm Schaumkernrohr) mit einem ursprünglich thermisch zentrierten Rohrwerkzeug, das mit einer Flexringhülse nachgerüstet worden ist

führen. Dies ist zum Beispiel bei der Coextrusion erforderlich. Bild 7 zeigt im Schnitt eine einfache Lösung zur Nachrüstung eines Coextrusionskanals in ein bestehendes \varnothing 43 mm Rohrwerkzeug. Dabei wurde lediglich der Düsenring umgestaltet. Alle anderen Komponenten des vorhandenen Werkzeugs blieben unverändert. Auf diese einfache Art hat man nicht nur kostengünstig ein bestehendes Monowerkzeug in ein Coextrusionswerkzeug verwandelt, sondern damit auch noch die Dickenverteilung der Coextrusionsschicht bei laufender Anlage vergleichmäßigt. Dazu wird der erste mehrwandige Bereich

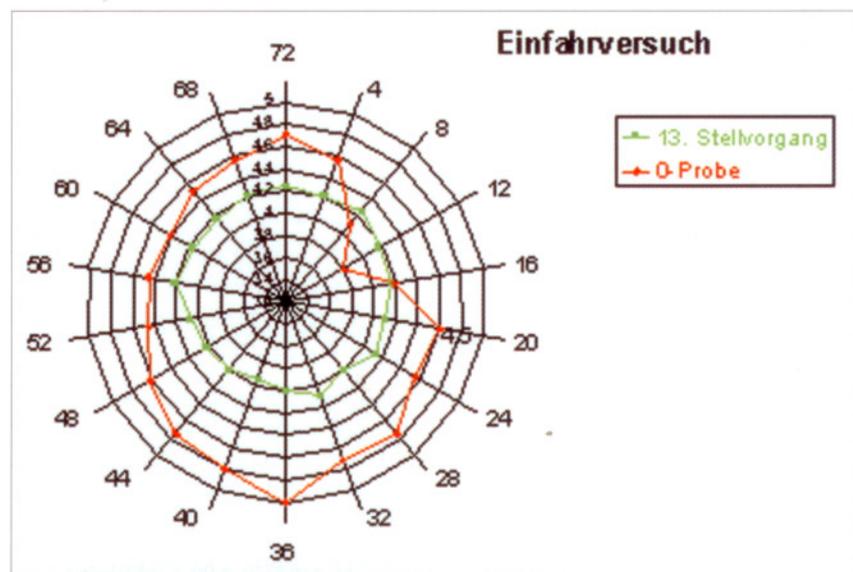


Bild 5: Wegen einer Werkzeugverschmutzung aufgetretene Dünnstelle (rote Verteilung) in der Rohrwanddicke, die durch eine Korrektur des Fließkanalspalts am Werkzeugmund korrigiert werden konnte (grüne Verteilung)

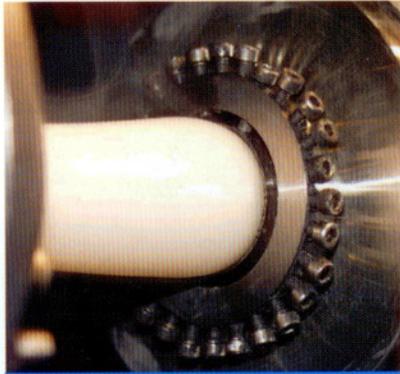


Bild 6: 30 mm Flexringwerkzeug, bei dem zur Vergleichmäßigung der Wanddicke des hergestellten PA-Rohres die Flexringhülse nur von 2 Stellschrauben leicht verformt werden musste

der Flexringhülse im konischen Fließkanalbereich, nämlich genau am Zusammenströmpunkt der beiden Schmelzen, lokal begrenzt verändert. Zusätzlich kann man auch noch die Gesamtdickenverteilung des Rohres durch die Veränderung des zweiten mehrwandigen Wandbereichs am Düsenaustritt verbessern. Bild 8 zeigt das umgebaute Werkzeug beim Einfahren auf der Anlage. Man erkennt deutlich die zwei separaten Stellschraubenreihen, die zur Optimierung der Einzelschichtdicke und der Gesamtdicke des Rohres dienen.

Blasfolienwerkzeuge

Ein weiterer interessanter Anwendungsbereich für den Einbau von Flexringhülsen sind Werkzeuge zur Herstellung von Blasfolien. Dabei werden momentan Flexringhülsen noch vorrangig in bestehende Werkzeuge von Anlagen nachgerüstet, da man in diesen Fällen die Dickentoleranzen der hergestellten Folie zu moderaten Kosten verringern kann. Zur Zeit sind spezielle Stellsysteme in Erprobung, um den Fließkanalspalt auch automatisch verändern zu können, um dann auch eine

Dickenregelung zu ermöglichen. Die Vorteile der Flexringwerkzeuge kommen aber besonders in solchen Blasfolienanlagen zum Tragen, bei denen die konventionellen Verfahren zur Regelung der Foliendicke versagen. Dies sind all die Verfahren, bei denen der Schmelzeschlauch, wie zum Beispiel beim Double Bubble Verfahren, nicht direkt nach dem Werkzeugaustritt aufgeblasen wird. In solchen Anlagen kann man mit der Nachrüstung einer Flexringhülse die bisher erreichten Dickentoleranzen weiter reduzieren und so in aller Regel einen doppelten Effekt erzielen. Bild 9 zeigt beispielhaft ein Werkzeug in einer Double Bubble Anlage.

Einerseits wird Rohstoff eingespart, andererseits wird aber gleichzeitig auch die Maschinengängigkeit der Folie ver-

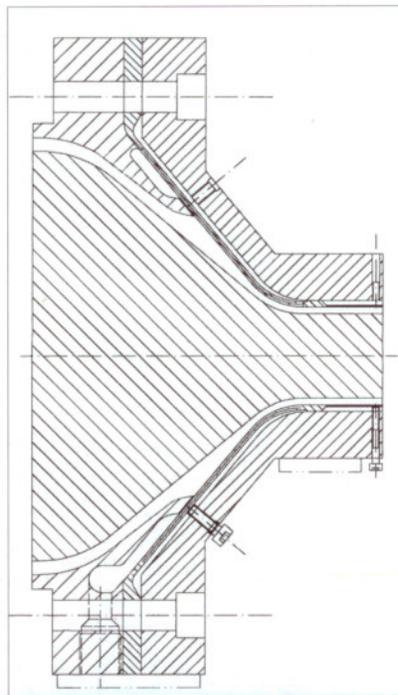


Bild 7: Zeichnung für die Umrüstung eines bestehenden Einkanalwerkzeugs in ein Flexringcoextrusionswerkzeug, bei dem man sowohl die Einzelschichtdicke als auch die Gesamtwanddicke des Rohres bei laufender Anlage mit Hilfe von je einem mehrwandigen und damit flexiblen Fließkanalwandbereich optimieren kann

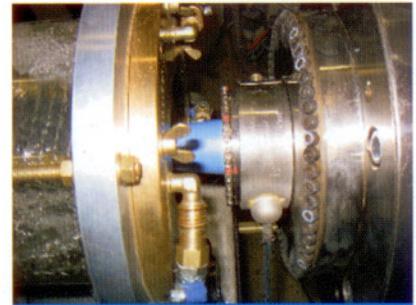


Bild 8: Coextrusionswerkzeug mit einer Flexringhülse, die zwei unabhängige, mehrwandige Bereiche besitzt, mit denen die Schichtdicke der Einzelschicht (erste Stellschraubenreihe) sowie die Gesamtdicke (zweite Stellschraubenreihe) jeweils separat beeinflusst werden kann

bessert, was häufig sogar der interessantere Aspekt ist. Für diesen Anwendungsbereich gibt es inzwischen mit der Plamex Maschinenbau GmbH; Kelberg, auch schon einen Anlagenbauer, der eine Lizenz zur Verwendung von Flexringwerkzeugen in seinen Anlagen erworben hat. Zum einfachen Nachrüsten von manuell betriebenen Flexringwerkzeugen mit einer automatischen Verstellung eignen sich Schrittmotoren mit angeflanschem Getriebe. Auf Grund der geringen Kräfte, die zum Verstellen der Flexringhülse benötigt werden, reichen dazu bereits relativ kleine Antriebe aus.

Ganz neue verfahrenstechnische Möglichkeiten bei der Blasfolienherstellung, die mit den bisher auf dem Markt verfügbaren Technologien nicht realisierbar waren, ergeben sich durch den Einsatz von Flexringhülsen in Werkzeugen zur Herstellung coextrudierter Folien. Zur Zeit befindet sich ein Werkzeug mit einer flexibel verstellbaren Fließkanalwand in der Erprobung, bei dem man die Dickenverteilung einzelner Schichten bei laufender Anlage optimieren kann. Das am Institut für Kunststoffverarbeitung (IKV-Aachen) im Test befindliche Coextrusionsblasfolienwerkzeug

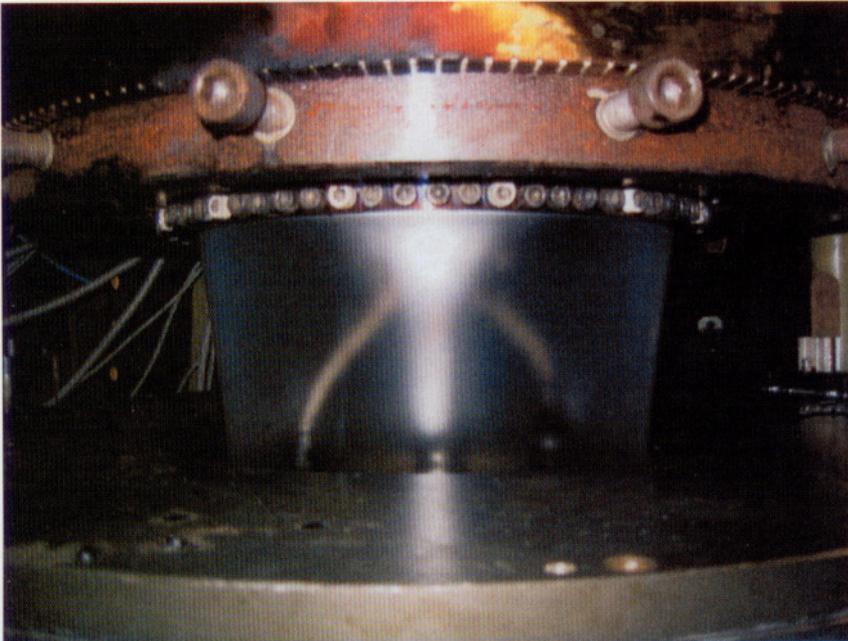


Bild 9: Blasfolienwerkzeug (ø 248 mm) in einer Double Bubble Anlage, bei dem der Fließkanalspalt am Austritt mit Hilfe von 72 über dem Umfang angeordneten Stellschrauben eingestellt werden kann

mit drei Wendelverteiltern wurde speziell ausgelegt, um mit Hilfe einer flexibel deformierbaren Fließkanalwand die Dicken-

schwankungen der mittleren Schicht einer dreischichtigen Schlauchfolie während des Prozesses optimieren zu können.



Bild 10: Flexringwerkzeug (ø 120 mm) mit 60 Stellschrauben zur Optimierung der Schaumdicke über der Breite der hergestellten Platte

Neben der einfachen Rohrextrusion und dem Bereich der Blasfolienherstellung werden Flexringhülsen auch in Rundwerkzeugen zur Herstellung geschäumter Platten (Bild 10) eingesetzt. Auch in dieser Anwendung wird durch den Einsatz von Flexringwerkzeugen ein neues Niveau an Dickentoleranz in den Schaumplatten erreicht.

Schluss folgt in Heft 2/2005

Formenbau für Prototypen und Kleinserien

NEU

Metal-Spray-Mold-Technologie

- Werkzeuge für PUR, RIM, SMC, Extrusionsblasen, Spritzguss ...
- Beschichtungen in Zink, Zinn, Kupfer, Aluminium ...
- Originalmaterial und Verarbeitung / Werkzeuggröße bis 3000 mm

SKT Ingenieurbüro • Buchenweg 10 • 72379 Hechingen • Tel. 07471/7 1542
Fax. 07471/7668 • info@skt-soltwedel.de • www.skt-soltwedel.de

Dr.-Ing. H. Gross, Rossdorf

Extrusionswerkzeuge mit flexibel deformierbaren Fließkanalwänden (Teil 2)

Werkzeuge für das Extrusionsblasformen

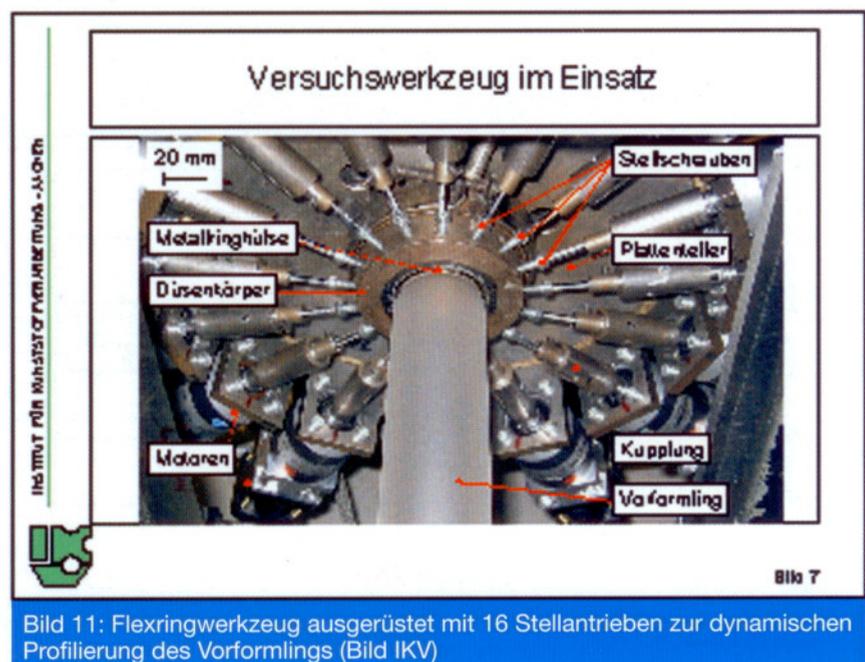
Die anspruchsvollste Aufgabenstellung besteht allerdings im Bereich des Extrusionsblasformens, wenn es um die radiale Wanddickenprofilierung des Vorformlings geht. Dazu muss die Flexringhülse gezielt während des Austrags des Vorformlings dynamisch verändert werden. Dies ist unter Zuhilfenahme von automatisch ansteuerbaren Stellgliedern möglich. Im Rahmen eines zweijährigen Forschungsprojekts wurde am Institut für Kunststoffverarbeitung (IKV-Aachen) ein Blasformwerkzeug (Bild 11) mit Flexringhülse für eine Testflasche (Bild 12) konzipiert, die zu Forschungszwecken drei unterschiedliche Bereiche aufwies [4,5]. Die Geometrie änderte sich über der Länge der Flasche von einem rechteckigen Bodenbereich über einen ovalen unteren Flaschenbereich zu einer runden Geometrie im oberen Teil der Flasche. Der Austrittsspalt des Werkzeugs wurde, wie in Bild 11 zu sehen ist, mit Hilfe von 16 Stellantrieben lokal begrenzt verstellt. In statischen Versuchen konnte für jeden Bereich der Flasche eine sehr gute Dickenverteilung erreicht werden (Bild 13). Bei den dynamischen Versuchen stellte sich ein Zeitproblem mit der Datenübertragung ein, das ein gleichzeitiges Ansteuern der Kanäle verhinderte. Auch hier muss festgehalten werden, dass diese Untersuchungen gezeigt haben, was prinzipiell möglich

ist. In einer Produktionsanwendung würde man für die konzipierte symmetrische Flasche natürlich auch mit den üblichen vier Stellpositionen auskommen. Damit wäre dann auch das Zeitproblem bei der Datenverarbeitung sicherlich überwunden. Auch zur kostengünstigen Optimierung der Dornkontur kann die Flexringtechnik vorteilhaft eingesetzt werden. Das bisher notwendige mechanische Nacharbeiten der Kontur ist nicht nur eine sehr zeitaufwändige, sondern auch eine sehr heikle Angelegenheit. Neben dem Personalbedarf und dem Materialaufwand geht dabei immer auch wertvolle Maschinenkapazität verloren. Unter Verwendung eines linear, elastisch verstellbaren Flexringdorns (Bild 14) wird diese Prozedur erheblich vereinfacht, da man mit dem ersten Anfahr-

ren des Werkzeugs die Kontur zielgerichtet optimieren kann. Man kann die Dornkontur von Schuss zu Schuss nachkorrigieren. Das Risiko, an einer Stelle zu viel abgearbeitet zu haben und im ungünstigsten Fall wieder von vorne anfangen zu müssen, besteht nicht mehr. Mit einem Flexringdorn kann man jede Änderung, die nicht das gewünschte positive Ergebnis erbracht hat, sofort im nächsten Schritt sehr einfach durch Zurückstellen der entsprechenden Schrauben wieder rückgängig machen.

Profilwerkzeuge

Auch bei Profilwerkzeugen lässt sich die Flexringtechnik einsetzen, um lokale Abweichungen der Außenwanddicken vom Sollwert minimieren zu kön-



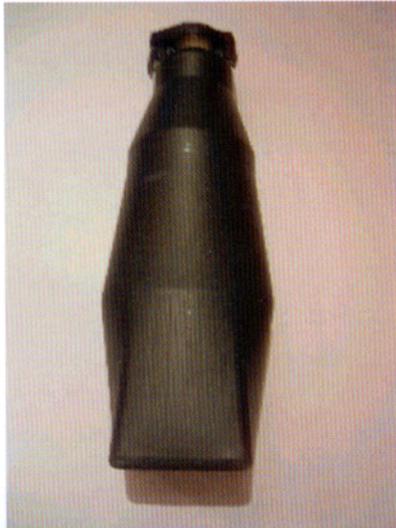


Bild 12: Zu Versuchszwecken konzipierte Flasche mit variierender Geometrie, die am IKV mit dem in Bild 9 dargestellten Werkzeug hergestellt worden ist

nen. Innenliegende Stege oder Rippen können allerdings nicht beeinflusst werden. Besonders geeignet für eine Nachrüstung sind Profilwerkzeuge, die längere gerade oder auch leicht gekrümmte Bereiche aufweisen. Oft lassen sich bestehende Werkzeuge einfach nachrüsten, indem in die letzte Werkzeugplatte eine Flexringhülse integriert wird. Das restliche Werkzeug bleibt dabei

unverändert. Dadurch ist die Nachrüstung eines Werkzeugs natürlich erheblich kostengünstiger als eine Neuanschaffung. Bild 15 zeigt bezüglich der Abmessungen ein Extrembeispiel eines Profilwerkzeugs mit integrierter Flexringhülse. Es handelt sich um ein Werkzeug für ein Dichtprofil aus Silikon für den neuen Airbus A 380. Der Profilrundschauch, an den die Dichtlippe angehängt ist, besitzt einen Durchmesser von nur 9 mm. Dennoch lässt sich die Wanddickenverteilung mit Hilfe von 7 Stellschrauben verändern. Im Gegensatz zur Rohrextrusion liegen im Bereich der Profilherstellung aber erst wenige praktische Erfahrungen vor, weshalb viele potentielle Anwender immer noch zögern, die Vorteile dieser Technik einmal an einem konkreten Werkzeug zu überprüfen.

Breitschlitzwerkzeuge

Bei den bisher beschriebenen Anwendungen wurden Teile mit flexiblen Wandbereichen separat hergestellt und in das Werkzeug integriert. Inzwischen wird aber

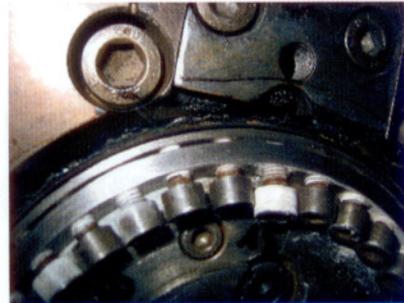


Bild 14: In ein PWDS-Werkzeug integrierter Flexringdorn bei der Erprobung auf einer Produktionsanlage



Bild 15: Versuchswerkzeug mit bereichsweise verstellbarem Austrittsspalt zur Herstellung eines Dichtprofils aus Silikon

auch intensiv daran gearbeitet, mehrwandige Fließkanalbereiche direkt in Werkzeuge zu integrieren, ohne dass dafür das Teil in das Werkzeug eingeschweißt werden muss. Dies ist vorrangig interessant für die Herstellung von Breitschlitzwerkzeugen und Coextrusionsadaptern mit integrierter feinfühlig verstellbarer Membran zur Herstellung von Platten oder Folien. In diesem Bereich soll nun das Membrankonzept [6], unter den jetzt vorhandenen verbesserten fertigungstechnischen Möglichkeiten, neu aufgegriffen werden. Die Vorteile der Membrantechnik sind inzwischen unter Fachleuten unbestritten, allerdings ist die Markteinführung der Membrantechnologie im ersten Anlauf unter anderem an fertigungstechnischen Problemen gescheitert. Bild 16 zeigt beispielhaft eine 3-D Ansicht der Oberhälfte eines bei laufender Anlage optimierba-

Wanddickenverteilung in den Schnittebenen bei optimaler statischer Hülsendeformation

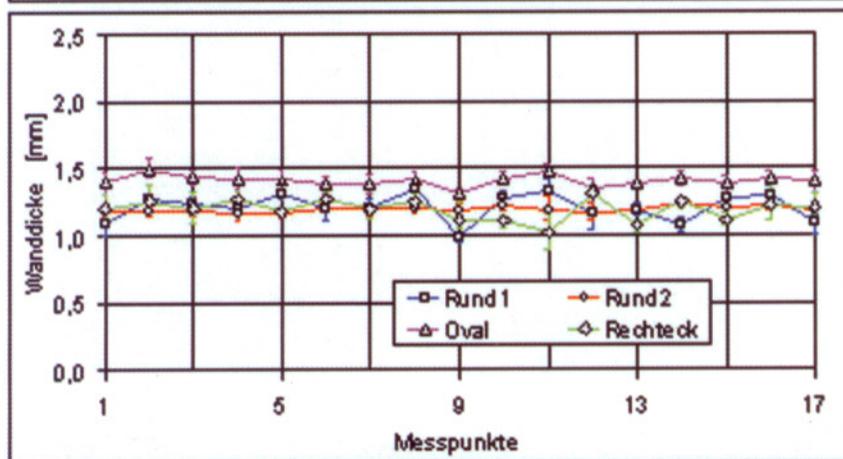


Bild 13: Wanddickenverteilung in den unterschiedlichen Bereichen der Flasche (Ergebnisse IKV)

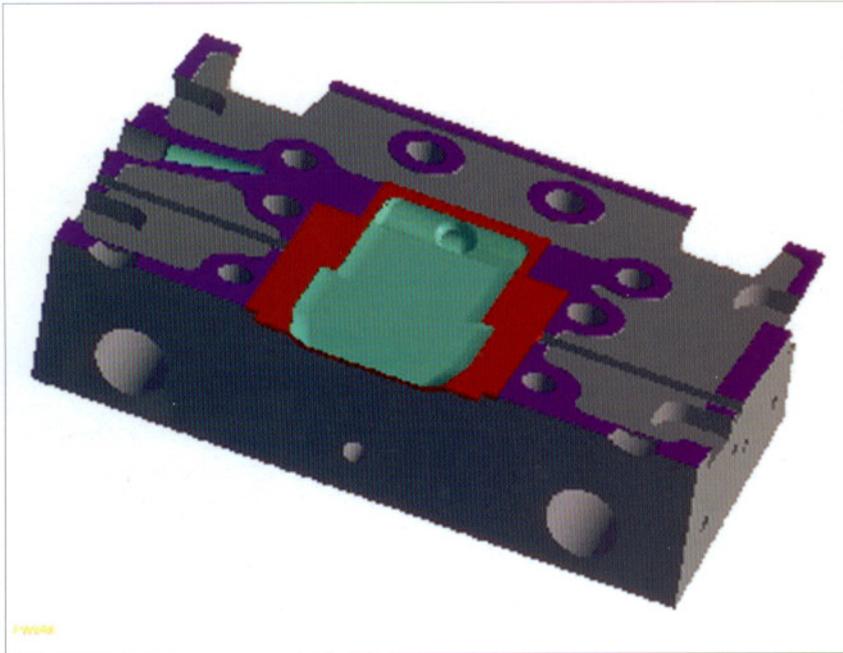


Bild 16: Membranadapter mit dreidimensional gekrümmter mehrwandiger Membran

ren Membranadapters, der nach dem neuen Fertigungsverfahren gebaut worden ist.

Die neue Produktionsmethode ermöglicht nun eine dreidimensionale Krümmung der mehrwandigen, flexiblen Wand (grüner Bereich). Trotz dieser komplexen Geometrie liegen die Oberflächen der Einzelwände an jeder Stelle ohne den geringsten Zwischenspalt absolut dicht aufeinander. Dadurch stützen sie sich mechanisch in idealer Weise gegenseitig ab, so dass solche Membranen auch für einen Schmelzedruck, wie er bei Coextrusionsadaptersn allgemein üblich ist, ausgelegt werden können.

Die früher, wegen der gekrümmten Trennfläche, vorhandenen Dichtprobleme sind damit überwunden, da der Adapter nun wieder eine konventionelle gerade Trennebene zwischen den beiden Adapterhälften besitzt. Mit Hilfe von 13 Stellschrauben, die über der Kanalbreite angeordnet sind, kann nun der Fließkanalspalt bei laufender Anlage entsprechend der sich im Produkt ergebenden Schichtdickendifferenzen opti-

miert werden. Bild 17 zeigt den Adapter bei der Erprobung auf einer Produktionsanlage.

Mit einem Membranadapter lässt sich somit im Gegensatz zu konventionellen Adaptersn mit fester Geometrie, der Fließkanalspalt im Zusammenströmbereich an geänderte Produktionsbedingungen anpassen, ohne dass dazu die Anlage abgestellt werden muss. Veränderungen in der Produktion können sich durch den Wechsel des Rohstofflieferanten, durch die Verwendung eines anderen Rohstoffes oder durch eine Erhöhung des Durchsatzes im Zuge der Optimierung der Anlagengeschwindigkeit schnell ergeben.

Mit einem Adapter, der eine flexibel einstellbare Fließkanalwand besitzt, kann man auf die Veränderungen, die dadurch bedingt sind, sehr schnell im laufenden Betrieb reagieren. Solche flexibel einstellbaren Adaptersysteme sind aber auch die Grundvoraussetzung für den Aufbau einer Schichtdickenregelung im Bereich der Coextrusion, die früher oder später einmal kommen wird. Zur Zeit sind unterschiedliche

Membranadapter zum Verbinden von zwei Schmelzeströmen in der Erprobung.

Langfristiges Ziel ist es ein Adaptermodell zu konzipieren, das nur noch aus drei kompakten Einzelteilen besteht, und bei dem für unterschiedliche Aufgabenstellungen jeweils nur noch der Fließkanal entsprechend dem geforderten Durchsatz und dem Fließverhalten der Schmelze angepasst werden muss. Durch standardisierte Flansche sollen derartige Module in einfacher Weise hintereinander geschaltet werden können, so dass man jederzeit weitere Schichten hinzufügen kann.

Wenn diese Versuche positive Ergebnisse zeigen sollten, ist daran gedacht, im nächsten Schritt auch Breitschlitzwerkzeuge mit einer nach dem speziellen neuen Fertigungsverfahren hergestellten mehrwandigen Membran zu bauen und zu erproben.

Da es keine Schwierigkeiten bereitet, den mehrwandigen Bereich auch in einer dreidimensionalen Geometrie auszuführen, sollten auch die bei Breitschlitzwerkzeugen der ersten Gene-