

Dynamische Wanddickensteuerung. Um die Wanddickenverteilung verbessern zu können, werden z. B. bei der Rohrherstellung statisch verstellbare Flexringwerkzeuge eingesetzt.

In einem Pilotprojekt wurde nun untersucht, ob dies auch mithilfe einer dynamischen Verstellung im Bereich des Extrusionsblasformens möglich ist.



Außengehäuse mit integrierter Flexringhülse und montierten Stellantrieben

Materialeinsparung bei komplexen Formen

**HEINZ GROSS
PETER KUBISCH
MICHAEL R. RAUM**

Es gibt immer wieder Unternehmen, die beweisen, dass man trotz des hohen Lohnkostenniveaus und des globalen Wettbewerbs auch in Deutschland zu konkurrenzfähigen Kosten produzieren kann. Ein Schlüssel dazu besteht sicherlich darin, sich nicht auf dem vermeintlich vorhandenen technologischen Vorsprung auszuruhen, sondern völlig neu entwickelte, noch nicht erprobte Fertigungstechnologien zu testen und im Erfolgsfall natürlich auch in der eigenen Produktion einzuführen. Dies ist mit einem gewissen Risiko verbunden, da naturgemäß bei neu entwickelten Fertigungstechnologien noch keine langjährige Erfahrung auf Produktionsmaschinen vorliegt. Bei solchen Pilotprojekten kann keine Garantie gegeben werden, dass die erwarteten Ziele auch tatsächlich erreicht werden können. Somit ist immer ein gewisses Maß an Risikobereitschaft erforderlich, um technologisch weiterzukommen.

Die BIG-Spielwarenfabrik GmbH & Co. KG, Fürth, ist ein solches Risiko gezielt eingegangen. In enger Kooperation mit dem Entwickler der Flexringtechnologie wurde ein Pilotprojekt gestartet und entschieden, ein vorhandenes Blasformwerkzeug mit einer Flexringhülse und einer dynamischen radialen Wanddickensteuerung nachzurüsten. Erklärtes Ziel

war es, die Qualität des Blasformteils durch eine Optimierung der Wanddickenverteilung zu verbessern und, wenn möglich, gleichzeitig auch noch die Produktionskosten durch eine Verringerung des Teilgewichts und durch eine Verkürzung der Zykluszeit zu senken.

Auswahl eines geeigneten Formteils

Nach genauer Analyse aller gefertigten Formteile hinsichtlich der Eignung für das Pilotprojekt fiel die Wahl auf das Werkzeug, mit dem das BIG-Bobby-Car (Bild 1) hergestellt wird. Ausschlaggebend für diese Entscheidung war zum einen, dass das Bobby-Car das Formteil ist, das mit der größten Stückzahl produziert wird. Eine Materialeinsparung pro Form-

teil ermöglicht somit die größte Kosteneinsparung. Zum anderen stellte die sehr komplexe Form, die erhebliche Unterschiede bzw. auch Sprünge in den lokalen Verstreckgraden aufweist, aus technischer Sicht eine große Herausforderung dar. Besonders im Bodenbereich, besitzt das Bobby-Car auf einer Fließlinie einen beachtlichen Sprung im Verstreckgrad. Der vordere Bereich, in dem die Vorderachse angeschraubt wird, besitzt ein relativ großes Reckverhältnis. Um in diesem Bereich eine akzeptable Wanddicke zu erreichen, war der Dorn des alten Werkzeugs an dieser Stelle stark profiliert. Dies hatte allerdings zur Folge, dass der dahinter liegende Bodenbereich, bei dem der Reckgrad teilweise gegen Null geht, in seiner Wanddicke stark überdimensioniert war.

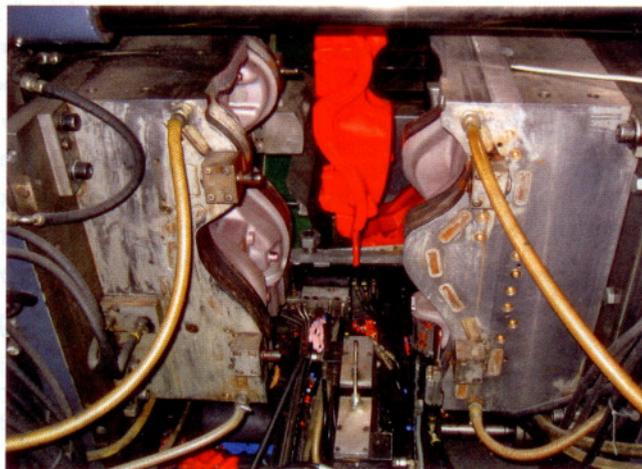


Bild 1. Das Bobby-Car am Ende der Kühlzeit beim Austrag aus dem Werkzeug

(Foto: BIG)

Technische Lösung

Die Vorgabe von BIG bei der Wahl der technischen Lösung war ganz eindeutig: Auf keinen Fall sollte mehr Technik in das neue Werkzeug implementiert werden, als es für die Erfüllung der Aufgabenstellung nötig war. Damit ließ sich das finanzielle Risiko so klein wie möglich halten und gleichzeitig vermeiden, dass zum Betreiben des Flexringwerkzeugs in die Maschinensteuerung eingegriffen werden musste. Letzteres erforderte eine Lösung, die völlig autark arbeiten kann.

Auslegung der Flexringhülse

Zur Integration der Flexringhülse musste die Fließkanalgestaltung im Werkzeug geändert werden. Dies hatte zur Folge, dass zur Umrüstung auch ein neuer Dorn erforderlich wurde. Bild 2 zeigt die in das neu konzipierte Werkzeug integrierte einstückige Flexringhülse. Im unteren Bereich besitzt sie einen massiven einwan-



Bild 2. Einteilige Flexringhülse mit einem Durchmesser von 130 mm, bei der sich die 15 Einzelwände im flexibel deformierbaren konischen Bereich gegeneinander abstützen

digen Flansch, besteht aber im gesamten konischen Teil aus 15 Einzelwänden. Sie ist so dimensioniert, dass die Gesamtwanddicke ausreicht, um dem Innendruck der Schmelze standzuhalten, und die Einzelwanddicken dünn genug sind, um ein hohes Maß an linear elastischer Verformung zu gewährleisten.

Wahl geeigneter Stellantriebe

Da wegen der mehrwandigen Flexringhülse die benötigten Stellkräfte gering sind, konnten zur dynamischen Deformation kostengünstige Schrittmotoren (Bild 3) eingesetzt werden. Sie haben den Vorteil, dass sie auch ohne eine aufwendige Positionsregelung auskommen, wartungsfrei sind und die vom Programm vorgegebenen Bewegungen trotzdem mit höchster Präzision und Wiederholgenau-



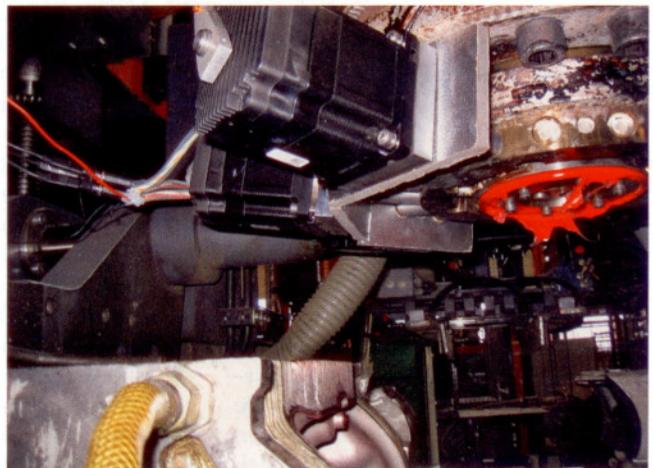
Bild 3. Schrittmotor in Linearausführung mit integriertem speicherprogrammierbarem Chip

igkeit ausführen. Für die Nachrüstung wurden nun Schrittmotoren in Linearausführung ausgewählt, die über Stellbacken direkt von außen auf die Wand der Flexringhülse drücken. Darüber hinaus besitzen die Motoren einen speicherprogrammierbaren Chip mit vier Ein- und Ausgängen. Somit ist eine Synchronisation des Programmablaufs mit dem Beginn des Vorformlingausstoßes sehr einfach zu realisieren.

Positionierung der Stellantriebe

Die Stellantriebe wurden auf einer Flanschplatte montiert, die über jeweils zwei Stehbolzen an das Außengehäuse des Flexringwerkzeugs angeschraubt wurde (Titelbild). Zwischen der Aufspannplatte und dem Flansch der Stellantriebe wurde noch eine Isolierplatte verbaut, um eine möglichst gute Wärmetrennung gegenüber dem beheizten Kopf zu realisieren. Zwischen dem Außengehäuse der Düse und den Stellantrieben wurden zusätzlich reflektierende Isolierplatten angebracht, um eine Erwärmung der Antriebe aufgrund von Konvektion und Strahlung zu verhindern (Bild 4). Ziel war es dabei, die Stellantriebe ohne eine zusätzliche eigene Kühlung betreiben zu können.

Bild 4. Auf der Produktionsanlage montiertes Flexringwerkzeug während der Optimierungsversuche (Foto: BIG)



Das Gehäuse, mit dem die Flexringhülse auf den Kopf festgespannt wird, besitzt im Winkel von 45° acht Befestigungsmöglichkeiten für die Stellantriebe. Zur gleichmäßigen Verteilung der Wanddicken im Bodenbereich wurden drei Antriebe jeweils in einem Winkel von 45° montiert. Der vierte Antrieb war vorgesehen, um die Wanddicke der beiden Höcker auf der Oberseite der Sitzschale zu vergrößern. Die Achsen der Stellantriebe wirken auf die Flexringhülse über Stellbacken, deren aktive Kontur nochmals über Gewindestifte optimierbar ist. Damit kann in diesem Bereich der Fließkanalspalt sehr genau der komplexen Geometrie des Bobby-Cars angepasst werden.

Einfahren des Kopfes

Das Einfahren des Kopfes fand unter starkem Zeitdruck statt, da die Anlage wegen eines hohen Auftragsbestands eigentlich nicht für Versuche zur Verfügung stand. Nachdem auf der Anlage Vorversuche vorgenommen wurden, konnten die Stellantriebe für den Bodenbereich programmiert und die axiale Wanddickenprofilierung an die neue Situation der Wanddickenverteilung angepasst werden.

Zu Beginn des Vorformlingausstoßes fahren die beiden äußeren Stellantriebe vor und schließen somit den Fließkanalbereich neben der Anschraubstelle für die Vorderachse. Dabei weicht die Flexringhülse im kritischen Anschraubbereich in der Mitte zwischen den beiden Stellantrieben nach außen aus und vergrößert somit den Fließkanalspalt. Wenn dieser Vorderachsbereich im Vorformling ausgestoßen ist, fahren die beiden Antriebe wieder zurück, und der mittlere Antrieb fährt vor, um den Fließkanalspalt für den nachfolgenden Kardantunnel zu verringern. Bild 5 zeigt an zwei aufgesägten ▶

Formteilhälften die Wanddickenverteilungen, die mit dem konventionellen bzw. mit dem mit der Flexringhülse nachgerüsteten Kopf erreicht worden sind.

Bestimmung der Stellprogramme

Die Stellprogramme für die Antriebe wurden so programmiert, dass die Fließkanaländerung für die Vorderachse zeitlich geringfügig zu lang ist. Sie beginnt etwas zu früh und wird etwas zu spät zurückgenommen. Dadurch entsteht ein Betriebsfenster, das alle üblicherweise auftretenden Änderungen in der Ausstoßgeschwindigkeit des Vorformlings, z. B. Chargenschwankungen oder unterschiedliche Farbrezepturen, sicher abdeckt. Dies hat den Vorteil, dass keine teure Steuerung für eine Wanddickenprofilierung notwendig ist.

Zwischenergebnis

Die Erstellung und Optimierung der Stellprogramme für den Bodenbereich inklusive der notwendigen Anpassung der axialen Wanddickensteuerung hat einen Versuchstag in Anspruch genommen. Danach war die in Bild 5 gezeigte

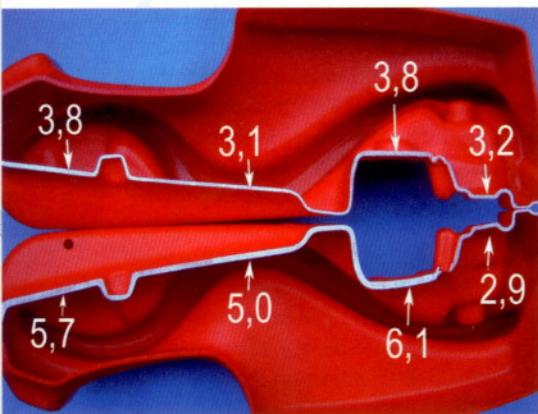


Bild 5. Vergleich der Wanddickenverteilung (in mm) im Bodenbereich des Hohlkörpers hergestellt mit dem Flexringwerkzeug (oben) und mit konventionellem Werkzeug (unten)

gleichmäßigere Wanddickenverteilung im Bodenbereich erreicht. Neben dieser Verbesserung konnte durch die Vermeidung der Verdickungen im Kardantunnelbereich das Gewicht um 50 g reduziert werden. Da die Kühlzeit des Teils wesentlich von der Wanddicke abhängt, konnte auch die Zykluszeit um 6 s verringert werden. Weil auf der Anlage wieder produziert werden musste, wurde auf die Programmierung des vierten Stellantriebs für den Sitzschalenbereich

! Info

Durch einen Lizenzvertrag mit der **Rikutec Richter Kunststofftechnik GmbH & Co. KG**, Altenkirchen, hat die Einführung der Technologie am Markt begonnen. Rikutec wird zukünftig Blasköpfe mit Flexringtechnologie sowohl an Hersteller von blasgeformten Teilen als auch an Hersteller von Blasformmaschinen verkaufen.

vorerst verzichtet. Obwohl nach diesem Versuch sicherlich erst ein Teil der möglichen Verbesserung erreicht werden konnte, wurde entschieden, mit den ermittelten Einstellparametern erst einmal zu produzieren, um einerseits die bereits erzielte Verbesserung der Produktionssituation zu nutzen und gleichzeitig Langzeiterfahrungen mit dem Flexringwerkzeug zu gewinnen.

Zusammenfassung und Ausblick

Statisch verstellbare bzw. optimierbare Flexringwerkzeuge haben sich bereits seit vielen Jahren in zahlreichen Produktionsanlagen vornehmlich bei der Rohrherstellung bewährt [1]. Ein Großteil der dabei gewonnenen Erfahrungen konnte direkt auf Blasformwerkzeuge übertragen werden, da der Vorformling prinzipiell nichts anderes ist, als ein kurzes Rohrstück. Die dynamische Verstellung eines Flexringwerkzeugs, wie sie für das Extrusionsblasformen erforderlich ist, wurde parallel über viele Jahre sowohl in enger Zusammenarbeit mit dem Institut für Kunststoffverarbeitung (IKV) der RWTH Aachen [2, 3] als auch mit direkten Endanwendern erprobt und technisch verbessert. Mit dem immer noch vorrangig unter dem Aspekt der Erprobung stehenden Bobby-Car-Projekt, und zwei weiteren parallel auf Produktionsanlagen durchgeführten Industrieprojekten, ist die Entwicklungsphase zum Einsatz von Flexringwerkzeugen zur dynamischen radialen Wanddickensteuerung nahezu abgeschlossen.

Mit dem Einsatz von Flexringhülsen zur lokalen Fließkanalspaltverstellung in Blasformwerkzeugen konnten viele technische Detailprobleme vermieden werden, die bisher bei der Realisierung einer dynamischen radialen Wanddickensteuerung gelöst werden mussten. Die Fertigungskosten einer Flexringhülse sind sicherlich geringer als die Kosten für die Fertigung der vielen Einzelkomponenten eines PWDS-Systems [4].

Für den Teilehersteller bringt allein die Tatsache entscheidende Vorteile, dass die Flexringdüse nur aus einem einzigen Teil besteht und zu ihrer Verstellung wartungs- und leckagefreie elektrische Stellensysteme eingesetzt werden können. Neben den geringeren Kosten und dem unkomplizierten Einsatz werden vorrangig die verbesserten technischen Möglichkeiten ausschlaggebend dafür sein, sich zukünftig für eine Flexringdüse zu entscheiden. ■

LITERATUR

- 1 Groß, H.: Einstellbare Werkzeuggeometrien – die Zukunft im Extrusionswerkzeugbau? *Kunststoffe* 96 (2006) 10, S. 153–157
- 2 Grünwald, J.: Entwicklung und Erprobung neuer Werkzeugkonzepte zur radialen Wanddickenbeeinflussung beim Extrusionsblasformen. Dissertation RWTH Aachen, 2004
- 3 Michaeli, W.; Brümmer, T.; Wenigmann, S.; Fink, B.: *Werkzeugtechnik – Schlüssel zur Prozesseffizienz und Produktqualität – Extrusionswerkzeuge*. Umdruck des 23. Kunststofftechnischen Kolloquiums des IKV Aachen, 2006
- 4 Deutsches Patent Nr. 28 23 999 C2: Vorrichtung zum Regeln / oder Einstellen der Wandstärke von aus thermoplastischem Kunststoff gebildeten Hohlkörpern (1978) Feuerherm, H.

DIE AUTOREN

- DR.-ING. HEINZ GROSS, geb. 1950, ist seit 1997 Inhaber der Groß Kunststoff-Verfahrenstechnik, Roßdorf; heinz-gross@t-online.de
- PETER KUBISCH, geb. 1963, ist Abteilungsleiter Blastechnik bei der BIG-Spielwarenfabrik GmbH & Co. KG, Burghaslach; peter.kubisch@big.de
- DIPL.-ING. MICHAEL R. RAUM, geb. 1963, ist Technischer Geschäftsführer bei der BIG-Spielwarenfabrik GmbH & Co. KG, Burghaslach.

SUMMARY KUNSTSTOFFE INTERNATIONAL

Material Savings for Complex Shapes

DYNAMIC WALL THICKNESS CONTROL. To improve wall thickness distribution, e.g. for pipe production, adjustable yet static Flexring dies are employed. A pilot project has now investigated whether this technology can also be applied to extrusion blow molding.

NOTE: You can read the complete article in our magazine *Kunststoffe international* and on our website by entering the document number **PE104295** at www.kunststoffe-international.com