

# Innovationen bei der Extrusion von Schläuchen und Rohren

Autor: Dr.-Ing. Heinz Groß

Mit Rohrköpfen, die verbesserte verfahrenstechnische Eigenschaften besitzen, lassen sich die Qualität von Schläuchen und Rohren verbessern, indem die Dicken-toleranzen weiter reduziert werden können. Das führt dann einerseits natürlich automatisch zu einem reduzierten Materialverbrauch in der Produktion. Andererseits wird gleichzeitig auch die Kapazität der vorhandenen Produktionslinien erhöht, sowie der erforderliche Personaleinsatz und die Erzeugung von Produktionsabfällen reduziert. Im Bereich des Baus von Extrusionsköpfen zur Herstellung von Schläuchen und Rohren sind nun in den letzten 10 Jahren innovative Lösungen entwickelt worden, mit denen Probleme, die bei den zur Zeit auf dem Markt verwendeten etablierten Lösungen vorhanden sind, überwunden werden konnten. Da es jedoch Neuentwicklungen im Bereich der extrem konservativen Extrusion sehr schwer haben Eingang in die betriebliche Praxis zu finden, sind sie nach wie vor nur in sehr wenigen Extrusionslinien

im Einsatz. Eine breite wirtschaftliche Verwertung lässt aus schwer nachvollziehbaren Gründen immer noch auf sich warten. Nachfolgend werden diese entwickelten innovativen Kopfkonstruktionen im Detail beschrieben und die Vor- und Nachteile gegenüber den momentan eingesetzten etablierten Lösungen diskutiert.

## Optimieren der Dickenverteilung über dem Umfang eines Schmelzeschlauchs

Bei der Extrusion von Schläuchen, Rohren wird jeweils ein Schmelzeschlauch aus einer Düse, die am Ende eines Extrusionskopfs angeschraubt ist, ausgetragen (Bild 1). Der Schlauch wird dann durch eine Kalibrierung gezogen und abgekühlt.

## Düsenzentrierung

Um Schläuche oder Rohre mit einer möglichst konstanten Wanddicke über dem Umfang herstellen zu können, ist es erforderlich, die relative Position zwischen der Düse und dem Kern, der fest mit

dem Kopf verbunden ist, genau zu justieren. Die technische Lösung, um das bewerkstelligen zu können, sollte idealerweise vorrangig ein sehr feinfühliges und auch reproduzierbares Justieren der Düse ermöglichen. Beide zentralen Forderungen werden mit der aktuell im Markt verwendeten Lösung, bei der die Düse senkrecht zur Kernachse und parallel zur Dichtfläche zwischen der Düse und dem Kopf verschoben wird, nur sehr unbefriedigend erfüllt. Dazu besitzt der Kopf Justierschrauben, die radial über dem Umfang des Kopfs angeordnet sind. Bild 2 zeigt ein Foto eines Rohrkopfs mit einer Flexringdüse, bei dem die Justierschrauben radial angeordnet sind. Die Schrauben müssen zwangsläufig relativ groß dimensioniert sein, um die Reibungskraft in der Dichtebene zwischen dem Kopf und der Düse überwinden und dann die Düse senkrecht zur Mittelachse des Kopfs bzw. des Kerns verschieben zu können. Nachteilig bei dieser weltweit verwendeten Justierlösung ist, dass:

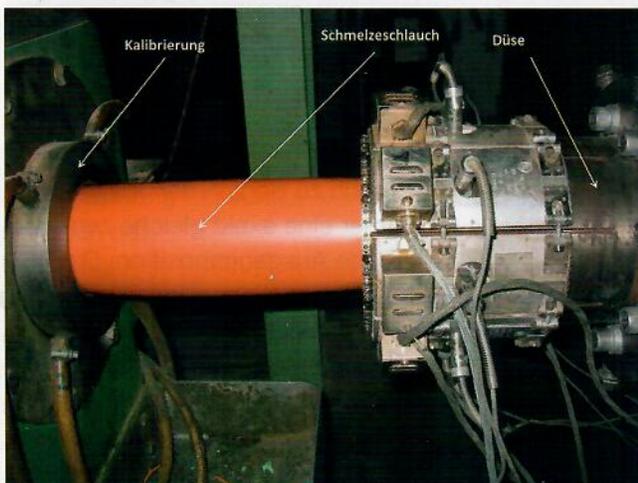


Bild 1: Schmelzeschlauch, der aus einer Düse ausgetragen wird und in eine Kalibrierung einläuft



Bild 2: Rohrkopf mit einer Flexringdüse und einer konventionellen Justiervorrichtung

1. sie bei der Montage nicht automatisch zentrisch auf den Kopf aufgespannt werden kann, da die Düse Platz benötigt, um radial verschoben werden zu können.
  - Deshalb muss die Düse nach dem Aufspannen vorzentriert werden, was Zeit und Personal erfordert.
2. die Düse von den Stellschrauben eingespannt ist.
  - Soll die Düse verschoben werden, muss folglich erst einmal die Schraube, die der zu verstellenden Schraube gegenüberliegt gelöst werden, damit sich die Düse überhaupt verschieben lässt.
  - Der Anlagenbediener merkt dabei nicht, ob sich nicht dadurch bereits die relative Position zwischen der Düse und dem Kern, der fest mit dem Kopf verbunden ist, geringfügig verändert.
3. große Kräfte benötigt werden, um beim Verschieben der Düse die Reibungskräfte in der Dichtfläche zwischen dem Kopf und der Düse zu überwinden.
  - Das erfordert zum Verstellen Schrauben mit einem großen Durchmesser und einer entsprechend großen Gewindesteigung.
  - Das wiederum verhindert eine feinfühligere Verstellung.
  - Das führt weiterhin dazu, dass sich die Düse beim Verstellen erst dann bewegt, wenn die mit der Justierschraube aufge-

brachte Kraft die mit Hilfe der Aufspannschrauben erzeugte Reibungskraft in der Dichtebene zwischen dem Kopf und der Düse überwunden hat.

- Dann springt die Düse ruckartig aus ihrer alten in eine neue Position, ohne dass der Maschinenbediener genau weiß, um welches Maß sich die Düse in die gewünschte Richtung bewegt hat.
4. sich die letztendlich erreichte Düsenposition nur mit großem Aufwand messtechnisch ermitteln lässt, weshalb das auch nur in extremen Ausnahmefällen gemacht wird.
    - Das führt dazu, dass nach jedem Reinigen des Kopfs die Anlage wieder aufwendig neu angefahren werden muss und die exakte Düsenposition des letzten Produktionslaufs nie wieder exakt erreicht werden kann.
    - Das erfordert Personal, kostet Zeit, Material und Energie und erzeugt zudem auch noch unnötigen Abfall, der in besonders ungünstigen Fällen auch noch als Sondermüll entsorgt werden muss.

Bereits 2013 wurde ein Patent (DE 10 2012 022 409) auf einen Schlauchkopf mit einem trifunktionalen Bauteil erteilt. Die wichtigste Funktion dieses Bauteils besteht darin, den Fließkanal zwischen der Düse und dem Kopf erst einmal sicher abzudichten. Es ermöglicht

aber zusätzlich, dass die Düse in einem begrenzten Winkel zur Mittelachse des Kopfs gekippt und dass sie auch noch axial verschoben werden kann. Diese verfahrenstechnisch wichtigen Funktionen werden mit einer einfachen metallischen Dichtlippe erreicht. Abgedichtet wird über eine am Ende spitz ausgeführte Dichtlippe, die integraler Bestandteil der Düse ist, und die im zentrischen Fall kreisförmig an der Innenoberfläche des Fließkanals des Kopfs anliegt und abdichtet (Bild 3). Wird die Düse leicht gekippt, dann deformiert sich die Dichtlippe minimal. Aus der kreisförmigen Berührungslinie zwischen der Düse und der Fließkanaloberfläche wird dann streng genommen eine ovale Linie. Solange der Kippwinkel nicht zu groß wird, deformiert sich die Dichtlippe dabei rein linear elastisch und die so wichtige Dichtfunktion bleibt erhalten.

Im Gegensatz zur konventionellen Schiebelösung werden die beiden formulierten zentralen Anforderungen, die an eine Justierlösung gestellt werden, von der Kippdüse erfüllt. Eine Kippdüse lässt sich erst einmal sehr feinfühlig und zielgerichtet justieren. Zwischen der Dichtlippe der Kippdichtung und der Innenoberfläche des Fließkanals des Kopfs existiert eine enge Passung. Das stellt konstruktionsbedingt sicher, dass Kippdüsen ausschließlich zentrisch montiert werden können. Das Vorzentrieren, das bei der etablierten konventionellen Schiebelösung notwendig ist, entfällt somit. Die Düse hat folglich zu Beginn der Justierung immer eine exakt gleiche zentrische Ausgangsposition. Da die Kräfte zum Kippen der Düse gering sind, können Justierschrauben mit einem kleinen Durchmesser und damit auch mit einer geringen Gewindesteigung verwendet werden. Bei Schläuchen oder Rohren, die eine geringe Wanddicke besitzen, reicht das in aller

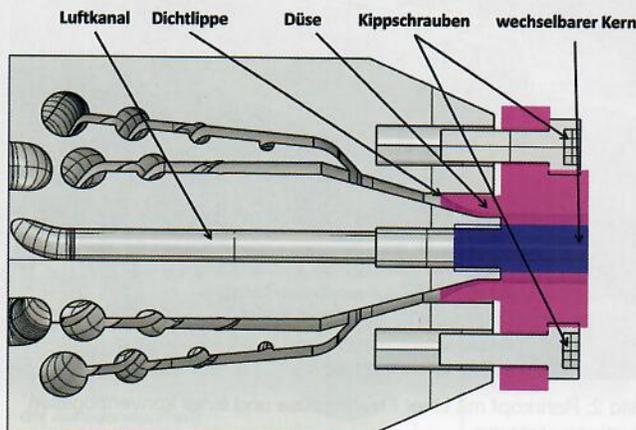


Bild 3: Schnitt durch einen im SLM-Verfahren hergestellten Zweikanalkopf mit Wendelverteilerkanälen, der am Ende eine Kippdüse besitzt, die mit Hilfe der Kippschrauben leicht gekippt werden kann, wobei die spitz ausgeführte Dichtlippe den Fließkanal zwischen dem Kopf und der Düse abdichtet

Regel nicht aus. Deshalb werden in diesen Fällen extra angefertigte Feinstgewindeschrauben mit einer Gewindesteigung von nur 0,2 mm als Stellschrauben verwendet, um eine extrem präzise Justierung, die in solchen Fällen notwendig ist, zu ermöglichen.

Über den Drehwinkel der Schraube und über die Gewindesteigung weiß der Maschinenführer immer exakt, um wie viel er die Düse gekippt hat. Er kann dann auch die Änderung der Wanddickenverteilung im Schlauch oder im Rohr der jeweiligen vorgenommenen Änderung des Kippwinkes zuordnen. Wenn sich nach einer Verstellung die Wanddickenverteilung gegenüber der vorherigen Situation verschlechtert hat, dann kann der Maschinenbediener exakt zu der besseren Ausgangsposition zurückstellen, indem er die Stellschraube wieder um den Stellwinkel seiner letzten Verstellung zurückdreht. Bei der etablierten Schiebelösung wird in aller Regel eine Wanddickenverteilung, die noch nicht völlig überzeugt, akzeptiert, da man befürchtet, dass durch einen weiteren Stellversuch die Wanddickenverteilung nicht verbessert sondern im Gegenteil sogar verschlechtert wird. Ist das der Fall, kann es sehr lange dauern, bis eine ähnlich „gute“ Wanddickenverteilung, wie sie vor der Verstellung existiert hat, wieder erreicht wird. Das liegt daran, dass nicht so feinfühlig justiert werden kann, wie das erforderlich wäre, und dass nie genau klar ist, um wie viel sich die Düse bei einem Justiervorgang tatsächlich verschoben hat.

Ist einmal eine optimale relative Position zwischen der Düse und dem Kern gefunden, kann die Stellung jeder einzelnen Stellschraube protokolliert werden. Auf diese Weise kann dann beim nächsten Anfahren der Anlage die Position der Düse wieder exakt reproduziert werden. Es muss

der Einfahrvorgang folglich nicht nach jedem Reinigen des Kopfs oder nach jedem Dimensionswechsel wieder bei Null begonnen werden. Prinzipiell wird es mit der Kipplösung auch möglich, einen Regelkreis aufzubauen, bei dem symmetrische Dickenunterschiede über dem Umfang eines Schlauchs oder auch eines Rohrs minimiert werden, indem die Kippdüse motorisch verstellt wird und über einen Regler mit der Dickenmessung gekoppelt wird. Darüber könnte eine gleichbleibende Qualität des Schlauchs oder des Rohrs sichergestellt und die Produktion von Ausschuss weiter reduziert werden. Bei Schlauchköpfen die im Bereich des Extrusionsblasformens verwendet werden, ist das bereits realisiert. Unter dem Link (<http://www.gross-k.de/Kippduese.mp4>) kann ein kurzes Video aufgerufen werden, in dem ein Schlauchkopf mit einem motorisch betätigten Kippgelenk gezeigt wird. In der industriellen Praxis im Bereich der Schlauch und Rohrextrusion ist man allerdings momentan jedoch noch sehr weit entfernt, nur darüber nachzudenken motorisch betriebene Kippdüsen einzusetzen, obwohl damit natürlich eine noch präzisere Justierung der Düse möglich ist. Die jeweils erreichte optimierte relative Position zwischen der Düse und dem Kern kann dann im Anlagenrechner abgespeichert und zu jeder Zeit wieder exakt reproduziert werden.

### Im „3D-Druck“ hergestellte Köpfe

Vieles, was der Konstrukteur gerne realisieren würde, lässt sich mit den konventionellen meist abtragenden Fertigungsmöglichkeiten nicht darstellen. Die Entwicklung von unterschiedlichen generativen Fertigungsverfahren, die in den letzten Jahren rasant fortgeschritten ist, hat dem Konstrukteur von Schlauch- und Rohrköpfen neue Gestaltungsmöglichkeiten

wickeln und fertigen wir Sondermaschinen, Kühlmaschinen und Temperiergeräte für alle Kundenanforderungen. Dabei steht höchste Effizienz, maximale Laufzeit und eine umfassende Projektbetreuung im Vordergrund.



### KÜHLEN

Radialkühlmaschinen  
Pumpentankanlagen  
Split-Kühlmaschinen  
Außenaufstellung  
Carbonat-Ausfällung  
Kompaktkühlanlagen  
Container-Kühlanlagen



### TEMPERIEREN

Thermalölanlagen  
Großtemperierung  
Wasser-Temp.geräte  
Temperiersysteme  
gasbeh. Temperieranlagen



### SONDERMASCHINEN

Wasserbehandlung  
Carbonat-Ausfällanlagen  
Durchflussmessgeräte  
Heiz-/Kühlkombinationen  
Reinraumtechnik  
Prüf- und Testanlagen  
Werkzeug-Konditionierung

# ZUVERLÄSSIG



MADE  
IN  
GERMANY

TIEFKÜHLMASCHINE



EXTRUDER- UND WERKZEUGTEMPERIERUNG



Besuchen Sie uns vom  
01. – 03.09.2020  
Halle 2 · Stand H3

## Weinreich

KÜHLEN UND TEMPERIEREN

Weinreich Industriekühlung GmbH  
Hohe Steinert 7  
D-58509 Lüdenscheid

Tel.: 02351 9292-92  
info@weinreich.de

