

Die große Vielfalt 3D-gedruckter Mischschlauchköpfe

Die additive Fertigung eröffnet neue verfahrenstechnische Möglichkeiten

Immer noch gibt es Vorurteile gegen additiv hergestellte Extrusionsdüsen. Potenzielle Anwender sind von den zum Teil ungewohnten Konstruktionen oder rauen Oberflächen nicht überzeugt. Dabei bietet die Technologie ganz neue Möglichkeiten, die mit konventionell gefertigten Köpfen gar nicht realisierbar sind.

Extrusionsdüsen, die im selektiven Laserschmelzverfahren (SLM) hergestellt wurden, haben sich mittlerweile in der Praxis bewährt. Dennoch bestehen zum Teil Bedenken gegen die ungewohnten Konstruktionen oder Befürchtungen, dass die relativ rauen Oberflächen der Fließkanäle von Extrusionsdüsen (Werkzeugstahl Rz = 30–50, Edelstahl Rz = 20–42) zu Problemen führen könnten. Solche Probleme sind von aktuellen Nutzern bisher nicht bekannt.

Mischschlauchköpfe können individuell auf die Anwendung zugeschnitten werden. Dabei kann ein Kopf über einen konventionellen Flanschanschluss und eine „normale“ massive Düse verfügen, oder einen vorteilhaften Schraubanschluss und auf der Stirnseite eine geteilte Ringnut zum Einleiten der Stütz- und der Kühlluft aufweisen (**Bild 1**). Im Kopf ist eine Flexringdüse verbaut, mit der nach dem optimalen Justieren verbleibende Wanddickenunterschiede verringert werden. Der Fließkanalspalt dieser Flexringdüse lässt sich im konkreten Fall mithilfe von 28 Stellschrauben lokal begrenzt rein linear elastisch deformieren, um nicht symmetrische Abweichungen von der Sollwanddicke im Schlauch oder im Rohr zu minimieren und so engere Wanddickentoleranzen zu erreichen (**Bild 2**).

Was die Mischschlauchköpfe ausmacht

Die additiv gefertigten Extrusionsdüsen weisen folgende Vorteile auf:

- Keine in Extrusionsrichtung verlaufenden Bindenähte
- Erhöhung der Liniengeschwindigkeit durch Vorkühlung der Schmelze
- Großer Durchmesserbereich (Ø 2 bis Ø 50 mm)

- Minimierung des Wartungsaufwands
- Einfacher und schneller Kopfwechsel
- Schneller Düsen- und Dornwechsel
- Schnelles Aufheizen und Abkühlen
- Minimierung des Materialabfalls durch ein schnelles Ab- und Wiederanfahren der Extrusionslinie
- Geringer Energieeinsatz
- Spalt am Ende des Kopfs bei laufender Anlage optimierbar
- Feinfühlig und reproduzierbare Justierung („Zentrierung“) der Düse
- Minimierung von Schmelzeinhomogenitäten im Fließkanal

Pfiffiges Kopfkonzzept

Um diese Anforderungen zu erfüllen, lassen sich innovative Lösungen in die Köpfe integrieren. **Bild 3** zeigt in einer Schnittdarstellung einen Kopf, der individuell nach Kundenwunsch konzipiert wurde. Er unterscheidet sich grundlegend von konventionell gefertigten Köpfen. Der für einen Schmelzedruck von bis zu 250 bar ausgelegte Kopf wiegt bei einem Düsendurchmesser von 14,3 mm nur 1,7 kg, mit einer Flexringdüse von 50 mm Durch-

messer lediglich 2,6 kg. Trotz des geringen Gewichts und der Baugröße können die Köpfe mit Düsen für einen Durchmesserbereich von 2 bis 60 mm betrieben werden. Die geringe Kopfmasse ist wichtig, um den Mischschlauchkopf schnell aufheizen zu können. Das Abkühlen dauert – speziell bei Schmelzen, die thermisch empfindlich sind – allerdings noch zu lange. Hierfür wurde in die Außenwand ein spiralförmig verlaufender Kühlkanal integriert. Darüber kann der Kopf beim Abfahren der Extrusionslinie mithilfe von Druckluft extrem schnell auf eine Wunschtemperatur abgekühlt werden. Der Kanal kann auch eingesetzt werden, um die Schmelze während des Betriebs im Kopf bereits gezielt zu kühlen, um darüber die Kühlkanallänge verkürzen oder aber die Liniengeschwindigkeit erhöhen zu können. Zur Homogenisierung der Schmelze, zur Reduzierung der Verweilzeit sowie zur Verringerung der Spülzeiten bei einem Material- oder Farbwechsel sind in den Fließkanal spiralförmig verlaufende Mischstege integriert. Mit diesen zum Patent angemeldeten Stegen ist auch gleichzeitig der Hohlhorn mit dem

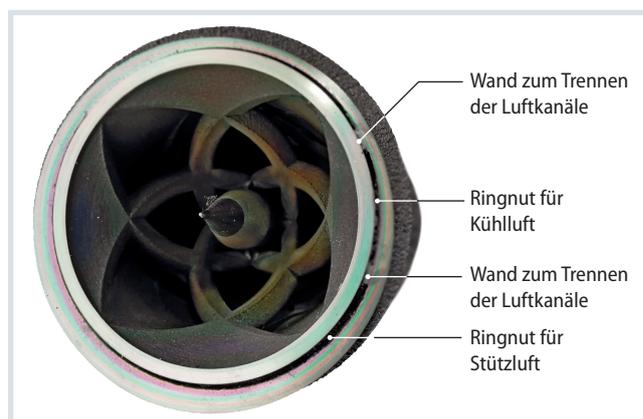


Bild 1. Stirnseite des Mischschlauchkopfs mit der durch zwei Wände geteilten Ringnut, über die sowohl die Stütz- als auch die Kühlluft vom Flansch in den Kopf überführt wird

© Groß



Bild 2. Flexringdüse (Durchmesser 50 mm), bei der der flexible Ring mithilfe der Schraube Nr. 5 lokal begrenzt verformt worden ist ©Groß

Gehäuse des Kopfs verbunden. Diese Stege und auch die gesamte Innenoberfläche des Kopfs sind mit einer extrem harten (1200 HV) hydrophoben Schicht beschichtet, die das Gleiten der Schmelze an den Wandungen des Fließkanals unterstützt. Der Kopf erfordert keine Wartung. Gereinigt wird er einfach und

gründlich in einem Pyrolyseofen bei Temperaturen bis maximal 450°C. Die Stützluft wird über Bohrungen von außen in den Hohlhorn geführt. Auf diese Weise können mechanische Schwachstellen durch störende Bindenähte in den produzierten Schläuchen oder Rohren vermieden werden. Für einen schnellen Kopfwechsel wird sowohl die Stützluft als auch die Luft, mit der die Wand des Kopfs über die vorhandene Kühlspirale gekühlt wird, über Bohrungen zugeführt. Über eine im Kopf befindliche stirnseitige Ringnut, die in zwei separate Kammern aufgeteilt ist, gelangt sie dann in den Kopf (**Bild 1**). Damit kann ein Kopfwechsel vorgenommen werden, ohne dass dafür erst die Leitungen zu den Luftkanälen vom Kopf getrennt beziehungsweise wieder angeschlossen werden müssen. Der Kopf selbst besitzt ein Anschlussgewinde, mit dem er in einfacher Weise von Hand in die am Extruder fest angeschraubte Flanschscheibe eingeschraubt wird. Die Düse und das Dornendstück besitzen zur Montage an den Kopf jeweils ein Gewin-

de, wodurch ein einfacher und schneller Geometriewechsel bei der Schlauch- oder Rohrextrusion möglich wird. Somit kann der Düsendurchmesser ebenfalls schnell und ohne Schrauben gewechselt werden.

Bei konventionellen Köpfen ist es Stand der Technik, die Düse zum Optimieren der Wanddickenverteilung mithilfe von Zentrierschrauben senkrecht zur Extrusionsrichtung zu verschieben. Dabei entsteht zwangsläufig bereichsweise »

Der Autor

Dr.-Ing. Heinz Groß ist Inhaber eines Ingenieurbüros in Roßdorf; heinz-gross@t-online.de

Service

Digitalversion

» Ein PDF des Artikels finden Sie unter www.kunststoffe.de/onlinearchiv

AGATHON

DAS HILFT GEGEN KOPFSCHMERZEN

- steigende Lebensdauer
- niedrigere Unterhaltskosten
- hohe Sicherheit

Suchen Sie die Lösung für Ihr Kopfzerbrechen?
Wir haben Sie – «Agathon Systemführung Plus»



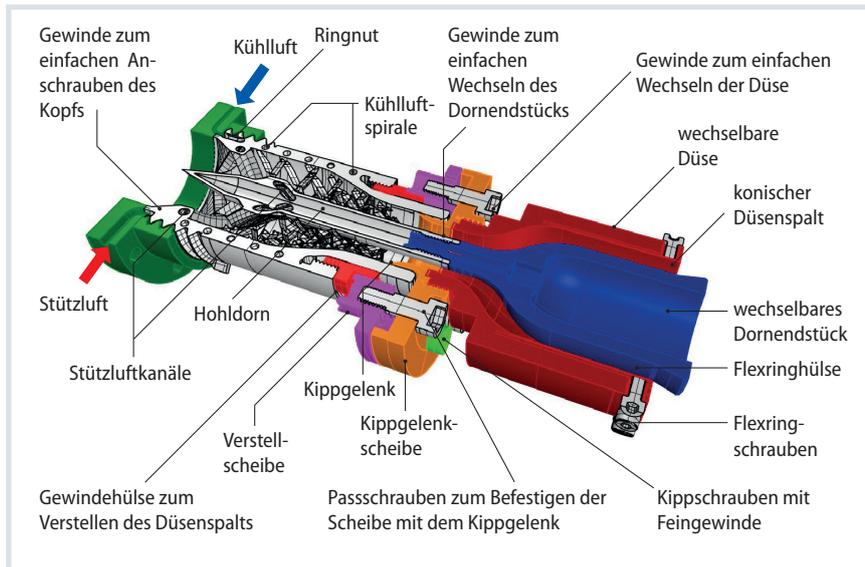
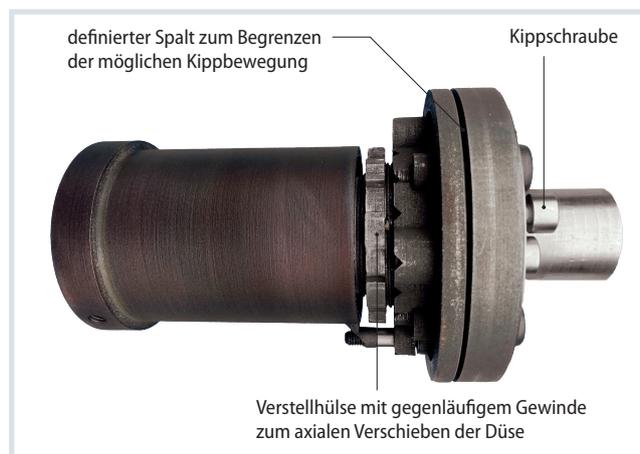


Bild 3. Halbtransparente Schnittdarstellung eines innovativen Mischschlauchkopfs mit einer Flexringdüse © Groß

Bild 4. Seitenansicht eines Kopfs mit einer konventionellen massiven Düse und einem Flanschbund sowie einem definierten Spalt zwischen der Düse und dem Kopf zum Begrenzen des Kippwinkels © Groß



eine nicht erwünschte Unstetigkeitsstelle im Fließkanal. Im Gegensatz dazu besitzt der neu konzipierte Kopf ein patentiertes Kippgelenk, mit dem die Düse über axial angeordnete Kippschrauben zum Justieren relativ zur Mittelachse des Kopfs gekippt werden kann (Bild 4). Sowohl beim konventionellen Verschieben als auch beim Kippen der Düse wird der Fließkanalspalt am Ende der Düse auf einer Seite verringert, dafür aber auf der gegenüberliegenden Seite um das gleiche Maß vergrößert. Kippdüsen können nur zentrisch montiert werden, so dass ein Vorzentrieren der Düse entfällt. Die Düse kann dann von der immer gleichen zentrischen Ausgangsposition zielgerichtet gekippt werden. Jede Düsenposition kann jederzeit wieder genau reproduziert werden.

Bei der Schlauch- und Rohrextrusion ist es Stand der Technik, Düsen einzusetzen, die am Ende eine Parallelzone auf-

weisen, um das Schwellen der Schmelze beim Austritt aus der Düse zu begrenzen. Dies hat den Nachteil, dass es bei der Neuauslegung einer Düse schwierig ist, den für das Produkt optimalen Düsendurchmesser und -spalt zu treffen.

Stufenlose Düsenspaltverstellung bei laufender Extrusion

Düsen mit einem konischen Fließkanal – so wie es sich seit Jahrzehnten im Bereich des Extrusionsblasformens bewährt hat – können beim Einfahren des Produkts sowohl den Düsendurchmesser als auch den Düsenspalt bei laufender Anlage stufenlos optimieren (Bild 5). Dafür muss sich die Düse axial verschieben lassen. Deshalb besitzt der Kopf eine Gewindehülse, die zwei gegenläufige Gewinde besitzt. Damit kann die in die Kippgelenkscheibe eingeschraubte Düse gegenüber dem

Dorn axial verschoben werden. Beim Verschieben der Düse bleibt sowohl die Düsenspaltsituation als auch die Einstellung der Flexringhülse unverändert. Besonders vorteilhaft ist diese Lösung, wenn mit dem Kopf geschäumte Produkte hergestellt werden. Bei dem adaptiv hergestellten Kopf kann der in der Außenwand befindliche spiralförmig verlaufende Kanal zur gleichmäßigen Temperierung mit Luft beziehungsweise mit Öl beaufschlagt werden. Der konische Fließkanalspalt am Ende der Düse kann stufenlos verstellt werden, um zur Optimierung des Schäumprozesses den Druck im Fließkanal gezielt zu variieren.

Köpfe für größere Rohrdurchmesser

Das neue Mischschlauchkopfkzept hat sich im Bereich kleinerer Rohr- und Schlauchdurchmesser bewährt. Prinzipiell können auch Köpfe für größere Rohrdimensionen in gleicher Weise hergestellt werden. Da die Margen in der Rohrextrusion in Deutschland inzwischen nicht mehr gerade üppig sind und die Rohrhersteller in aller Regel bereits für alle zu fertigenden Rohrdimensionen Köpfe besitzen, fällt es oft schwer, einen vorhandenen Kopf durch einen neuen vermeintlich besseren zu ersetzen. Für die Herstellung von Rohren mit größerem Durchmesser liegen zudem noch keine Praxiserfahrungen vor. Ein Versuch wäre sicher lohnend, da allein aufgrund des minimalen Materialeinsatzes die Köpfe schneller und kostengünstiger hergestellt werden könnten. ■



Bild 5. Konischer Dorn, der zur Einstellung des maximal möglichen Düsenspalts weit aus der Düse herausgefahren wurde © Groß