

8/2001

August
Vol.91

*Bilingual Edition
German+English*

KU **Kunststoffe** plast europe

**SPECIAL
REPRINT**

Peter Fischer, Troisdorf

Werkzeuge für Mehrschichtrohre

Auslegung von Wendelverteilern

Peter Fischer, Troisdorf/Germany

Dies for Multi-layer Pipe Extrusion

Designing Spiral Mandrel Dies

All rights
including reprinting,
photographic
reproduction
and translation
reserved by
the publishers

Carl Hanser Verlag
München

Werkzeuge für Mehrschichtrohre

Auslegung von Wendelverteilern

Peter Fischer, Troisdorf

Für die Produktion von Mehrschichtrohren haben Wendelverteilerwerkzeuge bedeutende Vorteile gegenüber anderen Systemen. Einige Produktentwicklungen wurden erst durch dieses Konzept möglich. Außer durch Co-Extrusion lassen sich Mehrschichtrohre durch Ummanteln mit Querspritzköpfen herstellen. Auch dafür bieten Wendelverteiler Vorteile. Der Beitrag behandelt einige Grundlagen für Auslegung und Konstruktion von Wendelverteilern und berichtet über ausgeführte Systeme und Erfahrungen aus der Praxis.

Die herausragenden Vorzüge der Wendelverteilerwerkzeuge zeigen sich in Form von gleichförmigem Volumenstrom und dadurch gleichmäßiger Wand- und Schichtdickenverteilung, ohne

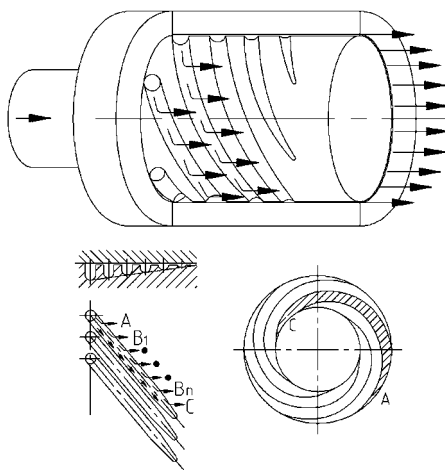


Bild 1. Funktionsprinzip eines Wendelverteilers

Fließlinien und andere Oberflächendefekte. Im Einzelnen müssen moderne Konzeptionen und Konstruktionen wichtige Zusatzkriterien erfüllen hinsichtlich

- ▶ Rheologie,
- ▶ Thermodynamik und
- ▶ Betriebstechnik.

Die Anforderungen aus der letzten Kategorie sind für den Anwender besonders wichtig, z.B. kurze Material- und Farbwechselzeiten oder einfache und schnelle Montage, Demontage und Reinigung.

Alle diese Kriterien werden von Extrusionswerkzeugen mit Schmelzwendelverteilern erfüllt, bei den meisten Anforderungen deutlich besser als von anderen Werkzeugbauarten wie Stegdornhalter, Spinnverteiler oder Siebkorb [1].

Simulieren bei der Auslegung

Für die anwendungsgerechte Dimensionierung der Fließkanäle – vom Extruder bis zum Düsenaustritt – werden Simulationsrechnungen durchgeführt.

Für Einkomponentenströmungen in runden Kanälen sowie in Ringspalten und Schlitten genügen einfache Modelle und Gleichungen mit eindimensionalen Ansätzen unter Annahme stationärer, isothermer Verhältnisse. Komplizierter ist die Berechnung von Mehrschichtenströmungen sowie von elastischen Deformationen, Orientierungen, Schwellvorgängen usw., was erheblichen – und in der Regel nicht notwendigen – Aufwand bei den Rechenverfahren bedeutet [2].

Für die Berechnung von Wendelverteilergeometrien haben sich zweidimensionale Modelle oder Netzwerke bewährt und werden ständig weiterentwickelt [3, 4]. Bild 1 zeigt das Funktionsprinzip eines Wendelverteilers mit der Überlagerung von Axial- und Wendelströmungen zu sichelförmig über den Umfang verteilten Teilströmen und schließlich gleichmäßiger Schmelzeverteilung im Extrudat.

Das in Bild 2 gezeigte Netzwerkmodell basiert auf drei wesentlichen Prinzipien:

- ▶ Vollständiges Netzwerk entsprechend der Kirchhoffschen Regel senkrecht zu den Wendeln,
- ▶ Summe aller (Teil-) Druckverluste in einer Masche = 0 und
- ▶ Summe aller (Teil-) Volumenströme in einem Knoten = 0.

Die Optimierung der Strömung – für jede einzelne Wendel und insgesamt – erfolgt iterativ durch Computersimulation und Interpretation der Leckstromkurven. Außer der Gestaltung der Wendelverteilergeometrie ist die Ermittlung und günstige Gestaltung des Druckverlustes und der Verweilzeit im Gesamtsystem von besonderer Bedeutung.

Ein Rohrwerkzeug muss in der Regel für mehrere Materialien ausgelegt sein, d.h. für deren Verarbeitungstemperaturen und Massedurchsätze. Im Zielkonflikt zwischen Druckverlust und Verweilzeit sind in Bereichen kritischer Umlenkungen oder Verzweigungen sowie für die Wendelverteilergeometrie Verweilzeitkriterien meist wichtiger als lokale Druckverluste. In Bohrungen und anderen „einfachen“ Fließkanälen können dagegen niedrige Druckverluste bei noch günstiger Verweilzeit Vorrang haben.

Die Schergeschwindigkeiten sollten nicht unter 5 s^{-1} , besser noch bei 10 s^{-1} liegen, damit noch ausreichende Wand Schubspannungen für akzeptablen Material- und Farbwechsel sorgen. Die obere Grenze liegt im Normalfall bei ca. 50 s^{-1} .

Schmelzevorverteilung

Bevor die Schmelze in einen Ringkanal oder Ringkanäle gelangt, wird sie – bei coaxialer Position des Extruders aus dem Zentrum, bei Offset-Anordnung oder Querspritzköpfen von der seitlichen Einspeisung – vorverteilt. Die Art der Vorverteilung kennzeichnet die Bauart. Aber auch innerhalb einer Bauart kann das Vorverteilsystem unterschiedlich sein.

Bei den Wendelverteilerwerkzeugen reicht das Spektrum von der klassischen Verteilung mit Speisung jeder Wendel aus jeweils einer Bohrung (Sternvertei-

Werkzeugbau üblichen Vergütungsstähle (z. B. C45 oder C60) eingesetzt.

Andere Beschichtungen bieten je nach Anwendung bessere Antikorrosions-, Reib- und Hafteigenschaften.

Beschichtungen aus Chromnitrid (CrN), aufgebracht im PVD-Verfahren [5], haben sich besonders dann bewährt, wenn in Mehrschichtwerkzeugen durch ein erweitertes Rohstoffspektrum höhere Anforderungen gestellt waren. Zur Vermeidung des so genannten Eierschaleneffekts werden dafür höher vergütete Grundwerkstoffe mit genügender Tragfähigkeit für die dünne Beschichtung (3 bis 7 μm) benötigt (z. B. X155CrVMo12.1/

schen Anforderungen in große Anlagen umgesetzt werden können. Die sogenannten DLC-Schichten (Diamond-Like Carbon) haben in Kabelummantelungswerkzeugen und Spindnüssen schon ihre Praxistauglichkeit bewiesen [6].

Ein/Zwei-Schicht-Rohre

Einschichtwerkzeuge können durch Einbau eines Coextrusions- (Beschichtungs-) Moduls für die Herstellung von außen beschichteten Rohren aus- bzw. nachgerüstet werden. Sie werden beispielsweise verwendet bei der Herstellung von PE-HD-Rohren mit einer PP-Schicht als Schutz bei der grabenlosen Verlegung.

An dieser Stelle sei auf die Bedeutung des Bereichs zwischen Verteilsystem und Düse hingewiesen. Es empfiehlt sich, ein genügend großes Kanalvolumen vorzusehen, den sog. Ausgleichsraum. Dieses wirkt sich beispielsweise positiv aus auf die Vergleichmäßigung der morphologischen Struktur bestimmter PP-Typen (glatte Oberflächen) oder auf den Abbau und Ausgleich von Spannungen besonders bei bimodalen Rohrwerkstoffen (PE 80, PE 100).

Eine andere Methode, Kunststoffrohre mit einer äußeren Deckschicht herzustellen, ist das Ummanteln vorgefertigter und signierter Rohre mit Hilfe von Querspritzköpfen, ähnlich der Ummantelung von Stahlrohren oder Kabeln.

Die Rohrwerkzeuge, ob mit oder ohne Coextrusionsmodul, haben Einrichtungen für die Markierung der Rohre mit Farbstreifen in der Wand oder in der Ummantelung. Zur Kennzeichnung der zweilagigen Wandstruktur werden fallweise Doppelstreifen vorgesehen.

Zwei-Schicht-Rohre

Auch für das Aufbringen einer inneren Schicht lassen sich Zusatzmodule realisieren. Zur Erzielung guter Produkt-

Bild 2. Netzwerkmodell für die Wendelverteilerberechnung

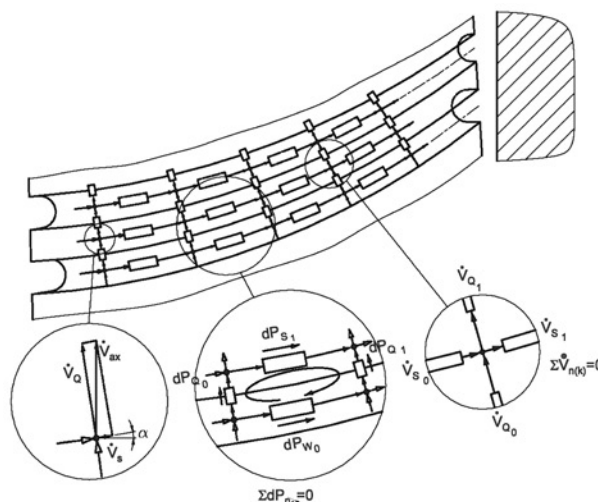
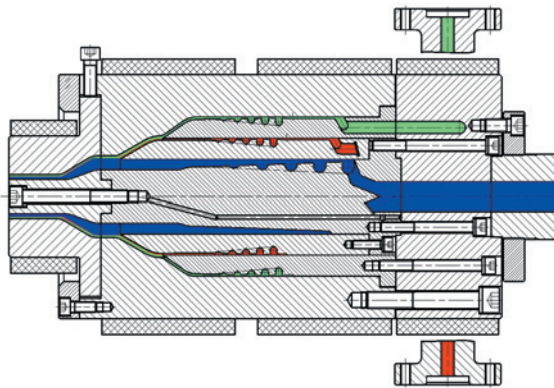


Bild 4. Dreischichtwerkzeug für Fußbodenheizungsrohre



enschaften ist aber ein wirkliches Zweischichtwerkzeug vorzuziehen. Typisches Beispiel für diese Produktgruppe sind Schutz- bzw. Installationsrohre für Glasfaserkabel aus PE-HD mit einer coextrudierten inneren Schicht aus PE mit Silicon als Gleitmittel (Bild 3). Die Schmelze der Außenschicht wird durch einen Sternverteiler, bei dem die Anzahl der Bohrungen und Wendeln gleich groß ist, verteilt. Die seitlich eingespeiste Innenschmelze wird mit einer Vorverteilung über Ringkanäle und anschließender gleichartiger Zuordnung verteilt.

Die gleiche Bauart wird gewählt für PE-Kanalrohre mit einer inneren weißen Kontrastlage für bessere Kamerainspektion und für andere zweilagige Rohre, bei denen die Innenschicht besondere Eigenschaften aufweist.

Bei Systemen für zweiwandige Wellrohre (innen glatt, außen gewellt) müssen die Einspeisungen und Vorverteilkannäle außerhalb des Zentrums liegen, um z.B. die Installation von Kühlwasserleitungen zu ermöglichen. Dann werden die Schmelzen beider Schichten mit ei-

ner Kombination von Bohrungen, Ringkanälen, Breitschlitzverteilern (Kleiderbügel) und Wendeln verteilt.

Drei-Schicht-Rohre

Dreischichtrohre werden mit Abmessungen von wenigen Millimetern z.B. für die Medizintechnik oder Automobilindustrie hergestellt. Ein anderes Gebiet sind Kanalrohre, Kabelschutzrohre oder

Druckrohre mit Durchmessern von derzeit bis zu 630 mm.

Außer dem Bauprinzip kann die Art der Zusammenführung der Schmelzen bei der Coextrusion – sequenziell, in einem Punkt oder in einer Kombination mehrerer Systeme – von eminent großer Bedeutung für die Haftung, die Ausbildung der Grenzflächen und die Funktionsfähigkeit des Gesamtsystems sein.

Das in Bild 4 gezeigte Werkzeug dient zur Herstellung von Fußbodenheizungsrohren aus PE-X mit EVOH-Außenschicht und zwischenliegendem Haftvermittler. Die beiden Dünnschichten – von der Seite eingespeist und über Bohrungen, Kleiderbügel und Wendeln verteilt – werden zunächst für die Bildung einer stabilen Zweischichtenströmung zusammengebracht. Erst kurz vor dem Düsenaustritt werden die niedrig viskosen Deckschmelzen auf die höher viskose PE-Schmelze aufgelegt, um Umlagerungen zu vermeiden, die sich bei großen Viskositätsunterschieden in Mehr-

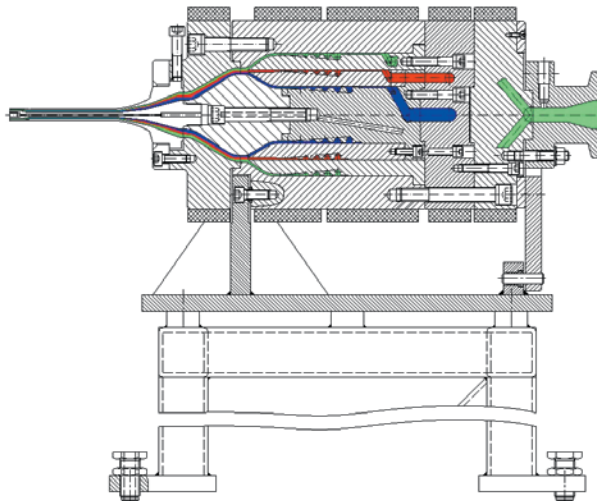
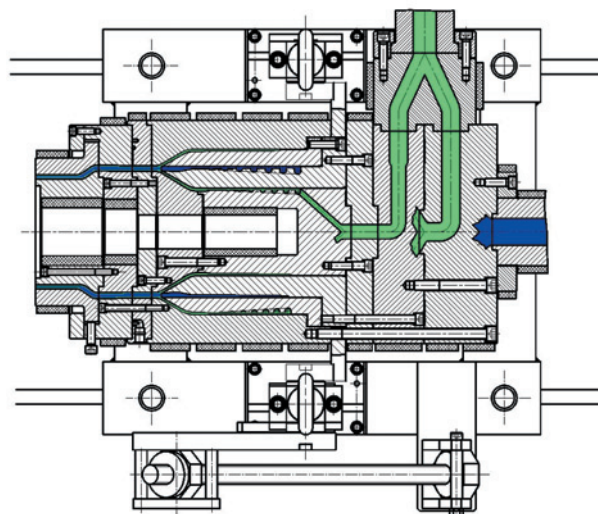


Bild 5. Dreischichtwerkzeug für Wellrohre

Bild 6. Dreischichtwerkzeug für Druck-, Kabelschutz- und Abflussrohre



schichtenströmungen ergeben können.

EVOH-Beschichtungen auf PE-X-Rohren können auch in einem zweiten oder zweiten und dritten Schritt mit Ummantelungswerkzeugen aufgetragen werden.

Das in Bild 5 dargestellte Dreischichtwerkzeug für Wellrohre sieht die Zusammenführung der Schmelzen an einem Punkt vor. In Wellrohranlagen bildet das Werkzeug den Fixpunkt. Deshalb benötigt es ein stabiles Traggestell mit dessen Verankerung im Boden.

Bild 6 zeigt ein Werkzeug für dreilagige Polyolefin-Rohre mit zentralem Anschluss des Hauptextruders und seitlicher Anordnung des Nebenextruders mit einer Verzweigung der Schmelze für die Innen- und die Außenschicht. Alle

drei Wendelverteiler werden nach entsprechenden Vorverzweigungen direkt von Bohrungen in die Wendeln gespeist. Beispiele für die Anwendung solcher Systeme sind PE-Kabelschutzrohre mit Rezyklat in der Mittelschicht oder PP-Schaumkernrohre.

Die gute Schichtdickenverteilung eines unter Produktionsbedingungen hergestellten Dreischicht-PE-Rohrs DN 150 ist Bild 7 zu entnehmen. Die Schichtdicken – innen und außen PE-HD/weiß und im Kern DSD-Rezyklat/schwarz – variieren jeweils in Grenzen von weniger als 0,05 mm.

Um die Flexibilität eines Werkzeugsystems zu erhöhen – beispielsweise für den Wechsel von Strukturen dünn/dick/dünn auf dünn/dünn/dick – können auswechselbare Module hintereinander geschaltet werden, allerdings nur dann, wenn die sequenzielle Schichtenbildung möglich ist.

Fünf-Schicht-Rohre

Fünfschicht-Wendelverteilerwerkzeuge werden für die Produktion von PE-X-Heißwasserrohren, für Kraftstoffleitungen auf Basis Polyamid und anderen, meist kleinen Rohren und Schläuchen verwandt. Bild 8 demonstriert die kompakte Bauform eines Systems mit Wendelverteilern, bei dem die drei inneren Schmelzen, z.B. Barriere plus zwei Haftvermittler, zunächst verbunden werden und dann die dickeren Innen- und Außenschichten hinzukommen.

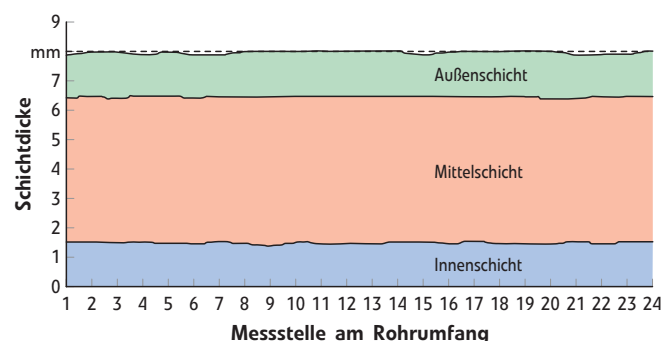


Bild 7. Schichtdickenverteilung in einem Dreischicht-PE-Rohr DN150

Ein Hauptextruder – in diesem Fall für die Innenschicht – wird in der Regel in axialer Richtung zentral angeschlossen. Die anderen Extruder haben ihre Anschlüsse seitlich oder oben am Werkzeug. Durch eine seitliche Anordnung aller Extruder kann im Zentrum ein freier Raum geschaffen werden, z.B. zum Einführen von Zugdrähten oder zum Ummanteln von Strängen.

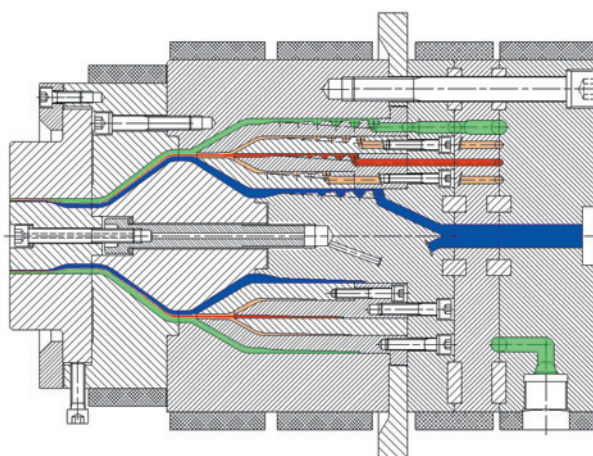


Bild 8. Fünfschichtwerkzeug

Auch ein Fünfschichtwerkzeug kann modular aus einem Baukasten zusammengestellt werden, z.B. produktabhängig teilweise mit einem Paket aus konzentrischen und weiteren hintereinander angeordneten Wendelverteilern.

Fazit

Kein anderes Bauprinzip bietet annähernd so viele Möglichkeiten für Rohrextrusionswerkzeuge wie die Wendelverteilterchnik. Die Vorteile liegen auf der einen Seite in der sicheren und wirtschaftlichen Produktion der Rohre, auf der anderen bietet sie vielfältige Möglichkeiten für Produktentwicklungen.

Die Werkzeuge können für alle Produkt- und Produktionsanforderungen gestaltet werden – jedoch nicht für die Verarbeitung von PVC-U.

Da der PE- und PP-Rohrmarkt auch in

den nächsten Jahren stetig wachsen wird und auch die Rohre aus technischen Kunststoffen ihren Marktanteil erweitern werden – nicht zuletzt wegen der Vorteile von Mehrkomponentensystemen – werden die in diesem Beitrag vorgestellten Extrusionswerkzeuge an Bedeutung gewinnen [7].

Literatur

- 1 Wortberg, J.: Neue Wendelverteilerwerkzeuge, *Kunststoffe* 88 (1998) 2, S. 175–180
- 2 Michaeli, W.: *Extrusionswerkzeuge für Kunststoffe und Kautschuk*, Carl Hanser Verlag, München, 1991
- 3 Burmann, G., Wortberg, J.: *Wendelverteiler für Folien, Rohre und Vorformlinge*. *Plastics No. One* (1995) 11, S. 21–29
- 4 Fischer, P., Wortberg, J.: *Wendelverteilerwerkzeuge – Neue Konstruktionen aktueller denn je*. *Plastics Special* (1999) 10, S. 50–55
- 5 Berg, G., Friedrichs, C., Broszeit, E., Cremer, M.: *Chrome Nitride Coatings for Applications in Plastics Processing*. *Intern. Polymer Processing XIV* (1999) 2, S. 122–127
- 6 Hieke, A.: *Gering adhäsive Kohlenstoffsichten für Formen und Werkzeuge in der Kunststoffverarbeitung*, Fraunhofer-Institut IST Braunschweig, April 2001
- 7 Parisi, G., u.a.: *Erfolgreiche Strategien in der Rohrextrusion*, VDI Verlag, Düsseldorf, 2001

Der Autor dieses Beitrags

Dr.-Ing. Peter Fischer, geb. 1938, ist Inhaber des Ingenieurbüros IPF, Königswinter, und Mitgesellschafter der ETA Kunststofftechnologie GmbH, Troisdorf.

Kontakt: mail@eta-kunststofftechnologie.de

Dies for Multi-layer Pipe Extrusion

Designing Spiral Mandrel Dies

Peter Fischer, Troisdorf/Germany

Spiral mandrel dies have significant advantages over other systems for the production of multi-layer pipes. In fact, some product developments have only really become possible as a result of this concept. Multi-layer pipes can be produced not only by the coextrusion technique, but also by sheathing with crosshead dies. Here, too, spiral mandrel dies have certain advantages. This article deals with various principles for designing spiral mandrel dies, reporting on systems that have been used in practice and on the experiences gained with them.

The outstanding advantages of spiral mandrel dies are evident above all in the uniform volume flow and – as a result – in the uniform wall thickness distribution with no weld lines or other surface defects. Modern concepts and designs must satisfy a number of additional key criteria with regard to

- rheology,
- thermodynamics and
- operational engineering.

The requirements in the latter category are particularly important for the user, who wants short material and colour-change times as well as ease of assembly, dismantling and cleaning.

All these criteria are fulfilled by extrusion dies with spiral mandrel distributors, and in most respects are significantly better than other die types such as spider-type dies, dies with spider-leg distribution and lattice basket-type dies.

Simulation

Computer simulations are used to achieve correct dimensioning of the flow channels – from the extruder to the die orifice.

For conventional one-component flows in circular channels and in annular and slit dies, it is sufficient to use simple one-dimensional models and equations, assuming stationary, isothermal conditions. The calculation of multi-layer flows and elastic deformations, orientations, swelling etc. is more complicated, and this can involve spending considerably more time – generally unnecessary – on the calculation process [2].

Two-dimensional models or networks have proved successful for the computa-

tion of spiral mandrel geometries, and they are the subject of constant further development [3, 4]. Fig. 1 shows the functional principle of a spiral mandrel die with an overlap of axial and spiral flows to produce melt streams, distributed in the shape of a crescent over the circumference, and leading finally to uniform melt distribution in the extrudate.

The network model shown in Fig. 2 is based on three main principles:

- Complete network in accordance with the Kirchhoff law, perpendicular to the spirals,
- Sum of all (partial) pressure losses in a mesh = 0 and
- Sum of all (partial) volume flows in a point of intersection = 0.

Optimizing of the flow – for each individual spiral and in total – is done iteratively by computer simulation and interpretation of the leakage flow curves. Important aspects, apart from the geometry of the spiral mandrel distributor, are the determination and adjustment of the pressure loss and residence time in the overall system.

A die must, as a rule, be optimised for a number of different materials, making allowance for their respective processing temperatures and melt throughputs. Where a conflict exists between pressure loss and residence time, residence time criteria may be more important than local pressure losses in areas containing critical deflections or flow branches, and also for the spiral geometry, whereas low pressure losses may take precedence in bored holes and other simple flow channels, with a still acceptable residence time.

To ensure adequate wall shear stresses for acceptable material and colour-change, the shear rates should not be below 5 s^{-1} – preferably around 10 s^{-1} . The upper limit is normally around 50 s^{-1} .

Melt Pre-distributors

Before the melt reaches an annular channel or annular channels, it is predistributed – from the centre when the extruder is in a coaxial position, and from the side in the case of an offset arrangement or crosshead design. The nature of the predistribution depends on the construction, although the predistribution system may differ even within one type of model.

With spiral mandrel dies, the spectrum extends from the traditional manifold in which each spiral is fed from one drilled hole (star-type), to a melt predistributor which has a coathanger die mounted on a core mandrel, with a subsequent spiral manifold. Between these two extremes, there are designs with multiple pre-branching plus several coathangers plus spiral mandrels with a large number of spirals.

Increasing the geometric degree of freedom is of special importance for coextrusion dies with their construction-related restrictions through melt channels and fixing screws [4]. This is why virtually all multi-layer systems for pipes are nowadays based on the spiral manifold principle – except for dies for PVC-U.

Materials and Surfaces

Apart from the geometric degrees of freedom, the surface and coating techniques are also gaining significance. The proven galvanic coating processes like chrome plating or nickel plating are being used increasingly for the customary steels used in die making (e.g. C45 or C60).

Depending on the application, other coatings with better anti-corrosion, friction and adhesive properties may also be attractive for extrusion die technology.

Surface layers of chromium nitride (CrN) applied by the PVD process [5], have

given particularly good results whenever higher specifications are made in multi-layer dies due to a wider range of raw materials. To avoid the so-called eggshell effect, higher strength base materials with sufficient hardness for the thin coating (3–7 µm) are needed (e.g. X155CrVMo12.1 / DIN 1.2379, X36CrMo17 / DIN 1.2316).

To protect against corrosion, coatings with fluoropolymers can also be used in addition to rust and acid-resistant grades of steel. Dispersion coats of chemical nickel (nickel phosphorus NiP) with integrated PTFE and its anti-adhesive effect have given good results.

Diamond-like carbon layers (3–5 µm) with high hardness, very low coefficient of friction and sufficient elasticity, seem to be a highly promising option for the future once the remaining technical production requirements in large plants can be satisfied. So-called DLC coatings (Diamond-Like Carbon) have already proved their suitability for practical applications in cable sheathing dies and spinnerets [6].

One/Two-Layer Pipes

One-layer dies can be retrofitted for the production of externally coated pipes by the incorporation of a coextrusion (coating) module. Such dies are used, for example, for the production of PE-HD pipes with an outside skin layer of PP to protect pipes installed in the soil.

At this point, it is worth referring to the importance of the area between the manifold system and the die. It is advisable to have a sufficiently large channel volume to dissipate stresses etc. This space has a positive influence, for example, on making the morphological structure of certain PP grades more uniform (smooth surfaces) or for breaking down and balancing out stresses, particularly with bimodal pipe materials (PE 80, PE 100).

Another method of producing plastic pipes with an external skin layer is to sheathe prefabricated and marked pipes with the aid of crossheads, similar to the sheathing of steel pipes or cables.

Pipe dies, with or without a coextrusion module, feature devices for marking the pipes with coloured stripes in the wall or in the sheathing.

In some cases, double stripes are used for labelling the two-layer wall structure.

Two-Layer Pipes

Additional modules can also be produced for applying an internal layer. However, to obtain good product properties, a true two-layer system should be used. A typi-

cal example of this product group is a two-layer PE-HD pipe for the ducting of fibre optic telecom cables. The inner co-extruded layer is of PE containing silicane as a slip agent (Fig. 3). The melt for the outer layer is distributed by a star-shaped manifold, with the same number of drill holes as spirals. The inner melt is fed in from the side and is distributed with a melt predistributor via circular channels, followed by a similar kind of arrangement.

The same design is used for PE sewer pipes with a white inner layer for better TV camera inspection as well as for other two-layer pipes in which the inner layer must have special properties.

In the case of systems for double-wall corrugated pipes (smooth inside, corrugated outside), the melt feed ports and predistributor channels must be positioned outside the centre in order to allow the installation of water cooling pipes etc. Melts for both layers are distributed with a combination of holes, circular channels, coathangers and spirals.

Three-Layer Pipes

Three-layer pipes are produced in sizes of just a few millimetres, e.g. for the medical and automotive industry, to up to 360 mm for sewage pipes, cable conduits or pressure pipes.

Apart from the design principle, the way the melts merge during coextrusion – either sequentially, at a single point, or a combination of both – is of eminent importance for the adhesion, formation of interfaces and serviceability of the system as a whole.

The die shown in Fig. 4 was designed for the production of underfloor heating pipes made of PE-X with an outside EVOH coating and an intermediate adhesive layer. The two thin layers – fed in from the side and distributed by drill holes, coathangers and spirals – are initially brought together to build up a stable flow: Shortly before the die exit, the low-viscosity top melts are laid on top of the higher viscosity PE melt in order to prevent any undesirable rearrangements that may occur when significant differences exist in viscosity with multi-layer flows.

EVOH coatings on PE-X pipes can also be applied in a second or second/third step with sheathing dies.

The three-layer die for corrugated pipes shown in Fig. 5 provides for the merging of the melts at one point. In corrugated pipe units, the die constitutes the fixed point, which means that it needs a rigid support and floor mounting.

Fig. 6 shows a die for three-layer polyolefin pipes with a central connection of the main extruder and a side arrangement of the ancillary extruder with a branching of the melt for the inner and outer layers. All three spiral mandrel manifolds are fed directly from boreholes in the spirals after predistribution of the melt streams. Examples for the application of such systems are PE conduits with recycle in the middle layer or PP foam core pipes.

The good layer thickness distribution of a three-layer DN 150 PE pipe produced under normal production conditions is shown in Fig. 7. The layer thicknesses – inside and outside PE-HD/white with DSD recycle/black in the core – vary by margins of less than 0.05 mm.

To enhance the flexibility of the die system – for example for the changeover from thin/thick/thin structures to thin/thin/thick – interchangeable modules can be positioned one after the other, although only when sequential layer formation is possible.

Five-Layer Pipes

Five-layer spiral mandrel dies are used for the production of PE-X hot water pipes, for automotive tubing based on polyamide and other, generally small pipes and hoses. Fig. 8 shows the compact design of a system with spiral mandrels, in which the three inner materials, e.g. a barrier plus two coupling agents, are first joined to form a stable flow and then the thicker inner and outer layers are added.

A main extruder – in this case for the inner layer – is generally connected centrally in the axial direction. The other extruders are connected on the side or on the top of the die. Through a side arrangement of all the extruders, a free area can be created in the centre, e.g. for introducing pull wires or for the sheathing of strands.

A five-layer die can also be assembled in modular form from a building set, e.g. depending on the product, with a package of concentric and other spiral mandrels arranged one after the other.

Conclusion

No other construction principle offers anywhere near as many possibilities for pipe extrusion dies as the spiral mandrel technology. The advantages are, on the one hand, the reliable and economical production of the pipes, and on the other, the

wide variety of possibilities for product development. The dies can be designed for all product and production requirements – except for processing PVC-U.

Since the PE and PP pipe market will continue to grow constantly over the next few years and pipes made of engineering plastics will also increase their market share – not least because of the advantages of multi-component systems – the extrusion dies presented in this article will continue to gain in importance [7].

The Author of this Article

Dr.-Ing. Peter Fischer, born in 1938, is the owner of the IPF engineering office in Königswinter/Germany, and is co-owner of ETA Kunststofftechnologie GmbH, Troisdorf.

Contact: mail@eta-kunststofftechnologie.de

Fig. 1. Functional principle of a spiral mandrel manifold

Fig. 2. Network model for the computation of spiral mandrel geometries

Fig. 3. Two-layer die for telecom cable conduits

Fig. 4. Three-layer die for underfloor heating pipes

Fig. 5. Three-layer die for corrugated pipes

Fig. 6. Three-layer die for pressure, cable protection and sewage pipes

Fig. 7. Layer thickness distribution in a three-layer PE pipe DN150
Schichtdicke = layer thickness; Messstelle am Rohrumfang = measuring point on the pipe circumference; Außenschicht = outer layer; Mittelschicht = middle layer; Innenschicht = inner layer

Fig. 8. Five-layer die



ETA Kunststofftechnologie GmbH
Biberweg 4
53842 Troisdorf / Germany
Fon +49 / 22 41 / 94 97 07
Fax +49 / 22 41 / 94 97 09
mail@eta-kunststofftechnologie.de
www.eta-kunststofftechnologie.de

