



(12)

# PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 1495/89

(22) Anmeldetag: 19. 6.1989

(42) Beginn der Patentdauer: 15.10.1997

(45) Ausgabetag: 25. 5.1998

(51) Int.Cl.<sup>6</sup> : **B29C 47/20**  
B29C 47/06

(30) Priorität:

4. 7.1988 FR 8809125 beansprucht.

(56) Entgegenhaltungen:

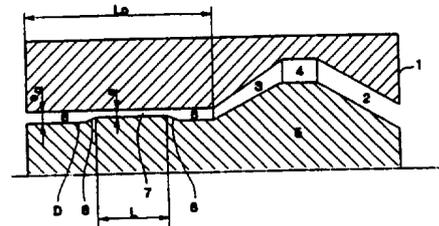
US 3409941A US 3423790A US 3899276A

(73) Patentinhaber:

SOLVAY (SOCIETE ANONYME)  
B-1050 BRÜSSEL (BE).

(54) ROHRZIEHFORM

(57) Man koextrudiert die thermoplastischen Materialien, die das Rohr bilden, durch einen Verteilerkopf, dann durch eine klassische Rohrziehform, umfassend einen Diffusor und einen geraden Abschnitt zur Formgebung des Rohres, der eine verengte Durchflußzone aufweist, derart, daß eine Erhöhung des Drucks um  $2 \cdot 10^6$  bis  $15 \cdot 10^6$  Pascal in den thermoplastischen Materialien, die durch den konvergierenden Teil der Rohrziehform fließen, erzeugt wird.



Die vorliegende Erfindung betrifft eine Rohrziehform zur Koextrusion eines 3-schichtigen Rohres aus thermoplastischem Material, mit einem Verteilerkopf, einem divergierenden-konvergierenden Teil, der von Stegen gehalten wird, und einem geraden Abschnitt zur Formgebung des Rohres.

Im europäischen Patent EP-0 019 564 B1 wird bereits ein Verfahren zur Herstellung eines solchen  
5 Rohres durch Koextrusion beschrieben, bei dem man die geschmolzenen, thermoplastischen Materialien, die das Rohr bilden, durch einen Verteilerkopf koextrudiert, derart, daß drei rohrförmige Stränge aus den thermoplastischen Materialien, die in Kontakt miteinander sind, gebildet werden, die den Rohling des gewünschten Rohres darstellen, und man dann die drei Stränge in Kontakt miteinander durch eine klassische Rohrziehform leitet, welche einen Diffusor und einen geraden Abschnitt zur Formgebung des  
10 Rohres umfaßt.

Bei einem solchen Verfahren werden die Stränge aus thermoplastischem Material, die durch den Diffusor fließen, durch einen Dreipaß geleitet, dessen Zweige oder dessen den Formkern tragende Stege Längsteilungen in den Durchflußsträngen hervorrufen, wobei der konvergierende Teil eine Verschweißung des Rohlings sichert. Es ist aber offensichtlich, daß das endgültig produzierte, verdünnte Rohr im  
15 allgemeinen Längsmarkierungen aufweist, die von dieser Teilung herrühren, seinem Aussehen schaden und Zonen mit vermindertem mechanischem Widerstand darstellen.

Sicher kann man das Aussehen des so produzierten, verdünnten Rohres verbessern, indem man die konvergierende Zone der Rohrziehform derart gestaltet, daß ihre Seitenwände selbst konvergierend sind, wie dies in der Figur, die dem obengenannten europäischen Patent beigelegt ist, gezeigt wird.

Man stellt allerdings fest, daß dieser Weg nicht genügend wirksam ist, besonders dann, wenn das hergestellte verdünnte Rohr einen großen Durchmesser, über 25 cm, oder eine Wandstärke über 5 mm aufweist.

Das Hauptziel der vorliegenden Erfindung ist es, eine verbesserte Rohrziehform zu schaffen, welche die Herstellung von verdünnten Rohren erlaubt, die keinerlei Spuren aufweisen, wie sie von den Formkern tragenden Stegen hervorgerufen werden und die somit einen verbesserten mechanischen Widerstand besitzen.

Dieses Ziel wird bei einer Rohrziehform der einleitend genannten Art erfindungsgemäß dadurch erreicht, daß in an sich bekannter Weise der gerade Abschnitt zur Formgebung des Rohres, der sich in Strömungsrichtung gesehen vor der Austrittsöffnung befindet, eine Zone verengten Querschnittes aufweist, und daß das Verhältnis zwischen dem Querschnitt der Austrittsöffnung und dem Querschnitt der Zone verengten Querschnittes zwischen 1,5 und 5 beträgt.

Es sei erwähnt, daß die Anordnung einer Zone verengten Querschnittes im Formgebungsabschnitt des Rohres vor der Austrittsöffnung an sich aus der US 3 899 276 A bekannt ist. Diese Schrift betrifft allerdings ausschließlich eine Rohrziehform zur Extrusion eines einschichtigen Rohres, und die genannte Verengungszone wird ausdrücklich zur besseren Vermischung der Polymerschmelze vor dem Austritt angeordnet. Die Lehre der US 3 899 276 A hält den Fachmann geradezu davon ab, eine derartige Verengungszone bei einer Rohrziehform zur Koextrusion eines mehrschichtigen Rohres anzuwenden, bei welcher es oberstes Gebot ist, eine Deformation oder gegenseitige Vermischung der Schichten zu verhindern. Es ist das Verdienst der vorliegenden Erfindung, erstmals erkannt zu haben, daß mit Hilfe einer derartigen Verengungszone die  
40 Spuren der Formkernstege beseitigt werden können, ohne den Schichtenaufbau des Rohres zu beeinträchtigen.

Das thermoplastische Material, das die Innen- und Außenwände bildet, kann beliebig gewählt werden und kann insbesondere ein Vinylharz, wie Vinylpolychlorid, ein Polyolefin, wie Polyethylen oder Polypropylen, ein Styrolharz, wie Polystyrol oder auch ein Acrylharz, wie ein Kopolymer von ABS-Typ sein. Die Innen- und Außenwände können wahlweise aus identischen oder unterschiedlichen thermoplastischen Materialien hergestellt werden. Das thermoplastische Material, das die Seele bildet, kann ein Vinylharz, wie Vinylpolychlorid, ein Styrolharz, wie Polystyrol, ein Polyolefin wie Polyethylen oder Polypropylen oder auch ein Acrylharz wie ein Kopolymer vom ABS-Typ sein, wobei diese Harze ein Expansionsmittel enthalten, das durch eine flüchtige Flüssigkeit wie einen Kohlenwasserstoff oder durch ein chemisches Mittel wie ein Stickstoff freisetzendes Mittel, wie im englischen Patent GB 1 211 860 A beschrieben, gebildet wird.

In dem Fall, in dem das hergestellte Rohr nicht harten Verwendungsbedingungen ausgesetzt ist, kann das thermoplastische Material, das die Seele bildet, vorzugsweise aus wiederverwerteten thermoplastischen Materialien erhalten werden, besonders aus Verpackungsabfällen wie Flaschen.

Zweckmäßigerweise wählt man die thermoplastischen Materialien, die die Wände und die Seele bilden, so, daß diese kompatibel sind, um eine genügende Adhäsion zwischen den Schichten, die das verdünnte Rohr bilden, zu erhalten. Man kann die verdünnten Rohre aber auch aus nicht-kompatiblen thermoplastischen Materialien herstellen, indem man eine oder mehrere Schichten eines geeigneten thermoplastischen Haftmittels zwischen den nicht-kompatiblen Schichten vorsieht, was natürlich einen Verteilerkopf für vier

bzw. fünf Schichten notwendig macht.

Zweckmäßigerweise kann die Zone verengten Querschnittes durch eine Erhöhung des inneren Durchmessers der Durchflußzone des geraden Formgebungsabschnittes gebildet werden.

Nach einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird die Zone verengten Querschnittes durch eine Verringerung des äußeren Durchmessers der Durchflußzone des geraden Formgebungsabschnittes gebildet, was sich in der Praxis als äußerst effizient zur Beseitigung der Formkernspuren erwiesen hat.

Es ist jedoch offensichtlich, daß die Zone verengten Querschnittes zugleich durch eine Erhöhung und durch eine Verringerung des inneren und äußeren Durchmessers der Durchflußzone des geraden Formgebungsabschnittes gebildet werden kann.

Um jegliches Stagnationsrisiko des thermoplastischen Materials zu vermeiden, empfiehlt es sich, die Erhöhung und/oder Verringerung des inneren und äußeren Durchmessers der Durchflußzone des geraden Formgebungsabschnittes fortschreitend und vorzugsweise in einem Winkel zwischen 5 und 15° durchzuführen.

Gemäß einem bevorzugten Merkmal der Erfindung hat die Zone verengten Querschnittes eine Länge zwischen 5 und 20 cm, was ihre Wirkung optimiert.

Besonders vorteilhaft ist es ferner, wenn erfindungsgemäß der Abstand zwischen der Zone verengten Querschnittes und der Austrittsöffnung des geraden Formgebungsabschnittes wenigstens 5 cm beträgt, um die Bildung eines verdünnten Rohres mit der gewünschten Seitenwanddicke ungeachtet des Vorhandenseins der Zone mit verengtem Querschnitt zu sichern.

Die Rohrziehform gemäß der Erfindung wird außerdem noch detaillierter in den folgenden, praktischen Durch- bzw. Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die beigefügte Figur beschrieben, die in einem schematischen Teilschnitt den Durchflußkanal der thermoplastischen Materialien in einer Rohrziehform gemäß der Erfindung zeigt.

Wie diese Figur zeigt, umfaßt die Rohrziehform gemäß der Erfindung, deren Rückteil 1 mit einem Verteilerkopf, der nicht gezeigt wird, verbunden ist, einen divergierenden Teil 2 und einen konvergierenden Teil 3, die miteinander durch einen Dreipaß verbunden sind, der die Stege umfaßt, die den Kern 5 halten und einen geraden Abschnitt 6 zur Formgebung des Rohres, wobei dieser Abschnitt eine Länge  $L_0$  und eine Durchflußweite  $e_0$  hat.

Gemäß der Erfindung umfaßt der gerade Abschnitt 6 eine Zone 7 verengten Querschnitts der Länge  $L$  und der Weite  $e$ , die durch eine Erhöhung des inneren Durchmessers der Durchflußzone des geraden Formgebungsabschnittes 6 erhalten wird. Außerdem ist die Zone 7 verengten Querschnitts mit der Innenwand des geraden Formgebungsabschnittes 6 mit fortschreitendem Übergang in einem Winkel zwischen 8 und 10° verbunden.

Bei einer Rohrziehform mit großem Durchmesser (über 25 cm), wie in der oben beschriebenen Figur gezeigt, aber ohne Zone 7 verengten Querschnitts, kann der erzeugte Extrusionsdruck durch die Beziehung:

$$\Delta P = K \cdot \dot{\gamma}^n \frac{2L_0}{e_0}$$

berechnet werden, wobei

- $\dot{\gamma}$  der Geschwindigkeitsgradient, entwickelt in der Anfangsgeometrie mit der Weite  $e_0$  und der Länge  $L_0$ ;
- $n$  = der nicht-Newton'sche Koeffizient, berechnet nach der Beziehung:

$$\tau = K \cdot \dot{\gamma}^n$$

wobei

- $\tau$  die Scherspannung des eingesetzten thermoplastischen Materials beim Geschwindigkeitsgradienten  $\dot{\gamma}$  und
- $K$  = eine Konstante, erhalten aus der vorhergehenden Beziehung ist.

## AT 403 778 B

### Beispiele:

Bei den folgenden Beispielen hat man aus Gründen der Einfachheit die verdünnten Rohre nur aus Vinylpolychlorid mit  $K = 66$  hergestellt, enthaltend 2,1 pcr Bleistabilisator, 0,5 pcr inneres Gleitmittel und 0,5 pcr äußeres Gleitmittel.

Die rheologischen Werte dieser Zusammensetzung wurden mit Hilfe eines Kapillaren-Viskosimeters INSTRON® gemessen, das mit zylindrischen Rohrziehformen mit einem Durchmesser von 0,2 cm und einem Verhältnis L/R von 1 bzw. 30 ausgerüstet ist, was denselben Geschwindigkeitsgradienten  $\dot{\gamma}$  und Extrusionsdrücke  $P_1$  bzw.  $P_2$  ergibt. Die Scherspannung berechnet sich mittels des klassischen Verhältnisses:

$$\tau = (P_2 - P_1) \cdot \frac{1}{2(30-1)} \cdot 98100 \text{ Pa}$$

( $P_1$  und  $P_2$  wurden in  $\text{kp/cm}^2$  gemessen).

Für die durchgeführte Formulierung sind die gemessenen rheologischen Parameter:

- $K = 2 \cdot 10^4$
- $n = 0,55$ .

### Beispiel 1(zum Vergleich)

Bei diesem Versuch, der zum Vergleich gegeben wurde, hat man eine Rohrziehform wie in der beigefügten Figur beschrieben, verwendet, die jedoch keine verengte Zone im geraden Formgebungsabschnitt aufwies und mit einem Verteilerkopf verbunden war.

Die geometrischen Parameter dieser Rohrziehform im geraden Formgebungsabschnitt sind:

- Durchmesser = 315 mm
- $L_0 = 34,6 \text{ cm}$
- $e_0 = 8,85 \text{ mm}$ .

Mit dieser Apparatur wird die vorher definierte Zusammensetzung mit einer Abgabemenge von 400 kg pro Stunde extrudiert, wobei die Temperatur der Rohrziehform  $185^\circ\text{C}$  und die Temperatur des thermoplastischen Materials beim Austritt  $189^\circ\text{C}$  betrug.

Der von der verwendeten Rohrziehform entwickelte Druck auf der Höhe des konvergierenden Teils ist gleich:

$$K \dot{\gamma}^n \frac{2 \cdot 34,6}{0,885}$$

bei dem:

$$\dot{\gamma} = \frac{6 \times 400}{3,6 \times 1,24 \times 3,14 \times 31 \times 0,885^2} = 7,05$$

Infolgedessen erhält man einen im konvergierenden Teil entwickelten Druck von  $4,6 \cdot 10^6$  Pascal.

Man stellt fest, daß das extrudierte, verdünnte Rohr unter diesen Bedingungen Längsmarkierungen aufweist, die von den den Kern tragenden Stegen herrühren und im Fall eines Stoßes Schwachpunkte darstellen.

Beispiel 2

Man verfährt wie in Beispiel 1, indem man eine identische Rohrziehform benützt, die aber dieses Mal eine verengte Zone im geraden Formgebungsabschnitt, wie in der beigefügten Figur gezeigt, aufweist.

5 Die Länge der verengten Zone beträgt 79 mm und der in dieser Zone freigelassene Durchgang hat eine Dicke von 4,35 mm.

Der Geschwindigkeitsgradient in Höhe der verengten Zone beträgt infolgedessen  $30 \text{ sec}^{-1}$ .

Der daraus resultierende Druck in Höhe des konvergierenden Teils beträgt infolgedessen:

10

$$4,6 \cdot 10^6 \text{ Pascal} - \frac{2 \cdot 10^4 \times 7,05055 \times 7,9 \times 2}{0,885} \text{ Pascal}$$

15

$$+ \frac{2 \cdot 10^4 \times 30055 \times 7,9 \times 2}{0,435} \text{ Pascal}$$

20

$$= 4,6 \cdot 10^6 \text{ Pascal} - 1,05 \cdot 10^6 \text{ Pascal} + 4,7 \cdot 10^6 \text{ Pascal}$$

$$= 8,25 \cdot 10^6 \text{ Pascal,}$$

25

was einen um  $3,65 \cdot 10^6 \text{ Pa}$  höheren Druck, als der, der gemäß Beispiel 1 entwickelt wurde, bedeutet.

In diesem Fall stellt man fest, daß das produzierte verdünnte Bohr ohne jeglichen Mangel ist.

**Patentansprüche**

30

1. Rohrziehform zur Koextrusion eines 3-schichtigen Rohres aus thermoplastischem Material, mit einem Verteilerkopf, einem divergierenden-konvergierenden Teil, der von Stegen gehalten wird, und einem geraden Abschnitt zur Formgebung des Rohres, **dadurch gekennzeichnet**, daß in an sich bekannter Weise der gerade Abschnitt (6) zur Formgebung des Rohres, der sich in Strömungsrichtung gesehen vor der Austrittsöffnung befindet, eine Zone (7) verengten Querschnittes aufweist, und daß das Verhältnis zwischen dem Querschnitt der Austrittsöffnung und dem Querschnitt der Zone (7) verengten Querschnittes zwischen 1,5 und 5 beträgt.

35

40

2. Rohrziehform nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Zone (7) verengten Querschnittes durch eine Verringerung des äußeren Durchmessers der Durchflußzone des geraden Formgebungsabschnittes (6) gebildet ist.

45

3. Rohrziehform nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Zone (7) verengten Querschnittes eine Länge zwischen 5 und 20 cm hat.

50

4. Rohrziehform nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Abstand zwischen der Zone (7) verengten Querschnittes und der Austrittsöffnung des geraden Formgebungsabschnittes (6) wenigstens 5 cm beträgt.

55

Hiezu 1 Blatt Zeichnungen

