

TOMASZ KLEPKA

Politechnika Lubelska  
Katedra Procesów Polimerowych  
ul. Nadbystrzycka 36, 20-618 Lublin  
e-mail: t.klepka@pollub.pl

## Konstrukcja osiowo-symetrycznych wytworów polimerowych o kształtach złożonych<sup>\*)</sup>

**Streszczenie** — Na podstawie przeglądu literatury (głównie patentowej) scharakteryzowano polimerowe wytwory o konstrukcji osiowo-symetrycznej otrzymane w procesie wytłaczania. Przedstawiono ideę stosowania wytworów o kształtach złożonych, wskazując na nowe cechy funkcjonalne poszerzające zakres ich wykorzystania w różnych dziedzinach techniki. Na przykładzie wytłoczonego wykonanego jako osłony kabli optotelekomunikacyjnych opisano metody używanych oraz dokonano analizy złożonych wytworów osiowo-symetrycznych a także ich klasyfikacji według przyjętego kryterium konstrukcyjnego. Szczególną uwagę zwrócono na rozwiązania konstrukcyjne z dodatkowymi kanałami funkcjonalnymi, z zewnętrznymi i wewnętrznymi elementami kształtowymi oraz uzupełniającymi elastycznymi łącznikami. Scharakteryzowano zalety i wady tego typu wytworów, wskazując przy tym na możliwości polepszenia cech funkcjonalnych w zależności od wymagań użytkowych. **Słowa kluczowe:** wytłaczanie, wytwory osiowo-symetryczne, kanały polimerowe, konstrukcje złożone, kable optotelekomunikacyjne.

### CONSTRUCTION OF AXIAL-SYMMETRIC POLYMERIC EXTRUDATES OF COMPLEX FORMS

**Summary** — Polymer products of axial-symmetric constructions, obtained in extrusion processes, were characterized on the basis of literature review (mainly patents). An idea of such products' applications was presented. The new functional features widening the applications of the products in various technical fields were mentioned. Manufacturing methods were described and analyses of complex constructions as well as the classification of the products, according to the adopted constructional criterion (Fig. 5), were done on the examples of extrudates applied in optotelecommunication protective cables (Fig. 1, 2). Special attention has been paid to constructional solutions with additional functional ducts (Fig. 3, 4), external and internal form elements (Fig. 6) or additional elastic joints (Fig. 7—9). The advantages and disadvantages of such products were characterized and possibilities of functional features' improvement, dependently on use requirements (Table 1), were noticed.

**Key words:** extrusion, axial-symmetric products, polymer ducts, complex constructions, optotelecommunication cables.

Wytwory o kształtach zorientowanych względem jednej lub kilku osi symetrii wykorzystuje się w bardzo wielu różnych elementach części maszyn i urządzeń [1]. Dotychczas wytwarzanie tego typu konstrukcji lub elementów a także odpowiednie usytuowanie poszczególnych części z określoną dokładnością założonych wymiarów było utrudnione [2].

Rozwój przetwórstwa tworzyw polimerowych oraz związanej z tym produkcji maszyn, narzędzi i oprzyrządowania technologicznego jak również wzrost zapotrzebowania na wytwory o właściwościach specjalnych spowodowały, że coraz większe zastosowanie znajdują obecnie konstrukcje osiowo-symetryczne wytwarzane

w ostatnich kilku latach przede wszystkim metodą wytłaczania [3, 4]. Są one wykorzystywane w technice optotelekomunikacyjnej w konstrukcjach kabli optycznych i energetycznych oraz kanałów i mikrokanałów polimerowych, do których z kolei wprowadza się włókna światłowodowe, przewody, linki, taśmy lub różnego rodzaju kształtowniki [5, 6].

### IDEA STOSOWANIA KONSTRUKCJI O Kształtach ZŁOŻONYCH

Jak wiadomo, wytworom z tworzyw polimerowych można nadawać specyficzne właściwości na drodze:

- zmiany warunków przetwórstwa,
- wykorzystania specjalnych rodzajów tworzyw,
- opracowania odpowiednich rozwiązań konstrukcyjnych wytworu [8].

<sup>\*)</sup> Artykuł zawiera treść referatu przedstawionego w ramach XII Profesorskich Warsztatów Naukowych, Toruń-Bachotek, 4–6 czerwca 2007 r.



Rys. 1. Widok kanału wyposażonego w dodatkowe tunele z elastycznych taśm poliestrowych, z umieszczonymi w nich kablami światłowodowymi [15]

Fig. 1. View of a duct with additional ducts made of elastic polyester bands and optical waveguide cables inside them [15]



Rys. 2. Widok konstrukcji złożonej z kilku wytłoczeń walcowych połączonych w zespół za pomocą dodatkowych obejm i wsporników [16]

Fig. 2. View of the complex construction consisting of several cylindrical extrudates joined into a set using additional connection clips and brackets [16]

Efektom tych działań jest możliwość stosunkowo łatwego otrzymywania w linii technologicznej wytworów o nowych konstrukcjach, a równocześnie wytłoczeń o złożonych kształtach, z charakterystycznymi elementami rozmieszczonymi wokół osi symetrii [9]. W wyniku wprowadzenia do tworzywa podstawowego innych tworzyw polimerowych lub składników dodatkowych — przed albo w toku procesu wytłaczania — można uzyskiwać wytwory o określonych, specjalnych właściwościach dotyczących wybranej ich powierzchni [10]. Uwzględniając wymagania konstrukcyjne oraz specyfi-



Rys. 3. Widok wytłoczeń o dużych wymiarach z wieloma funkcjonalnymi kanałami [19]

Fig. 3. View of large size extrudates with many functional ducts [19]

kację przebiegu przetwórstwa, w wytłaczanych wytworach można ponadto kształtować pożądaną strukturę ścianki nośnej, mianowicie litą, porowatą [11, 12], warstwową, o złożonej postaci geometrycznej, zespoloną (wraz z dopełniającymi się przestrzennie elementami) bądź hybrydową (w wyniku połączenia tworzywa polimerowego z metalem) [13, 14].

Dotychczas stosowane w technikach optotelekomunikacyjnych układy jednokanałowe nie spełniają w wystarczającym stopniu wszystkich założonych wymagań. Dodatkowo, potrzeba ochrony kabla optotelekomunikacyjnego w ciągu długiego okresu jego eksploatacji spowodowała, że coraz częściej wykorzystuje się konstrukcje wielokanałowe. Można je otrzymać w wyniku wprowadzenia kabli do elastycznych tuneli [15] wykonanych z taśm poliestrowych (rys. 1) lub na drodze połączenia kilku bądź kilkunastu pojedynczych wytworów walcowych obejmami i wspornikami (rys. 2) [16]. Konstrukcje takie pozwalają na umieszczenie w kanale przewidzianej liczby elementów w postaci kabli lub przewodów, jednak konieczność łączenia poszczególnych wytworów obejmami, ich znaczne wymiary oraz trudności związane z wprowadzaniem elastycznych tuneli w dużym stopniu ograniczają efektywność omawianego rozwiązania. Uproszczenie budowy kanałów, linii i instalacji tunelowych stanowi łączenie ich — bezpośrednio w procesie przetwórstwa lub po jego zakończeniu — w jeden zespół o kształcie złożonym (rys. 3) [17–19]. Wytwory takie charakteryzują się zwiększoną wytrzymałością mechaniczną.

Przykłady zastosowań wytłaczanych wytworów osiowo-symetrycznych, z uwzględnieniem wymaganych w odniesieniu do nowoczesnych kanałów polimerowych cech charakterystycznych, zamieszczono w tabeli 1.

#### ANALIZA KONSTRUKCJI WYTWORÓW OSIOWO-SYMETRYCZNYCH

Wytwory o charakterystycznej, osiowo-symetrycznej konstrukcji w postaci kanałów, rur, tub, tuneli lub kształ-

**T a b e l a 1.** Charakterystyka i przykłady zastosowań wytłaczanych wytworów osiowo-symetrycznych  
**T a b l e 1.** Characteristics and examples of applications of axial-symmetric products

Wymagana cecha konstrukcji	Charakterystyka wytworu	Przykłady zastosowań wytworów w konstrukcjach
Duża wytrzymałość mechaniczna	wytwór odporny na działanie obciążeń zewnętrznych spowodowanych naciskiem gruntu oraz sił wewnętrznych pochodzących od ciśnienia przesyłanego medium	— kanał wielowarstwowy wzmocniony włóknem szklanym lub elementami metalowymi, — kanał z żebrami na powierzchni zewnętrznej o przebiegu poprzecznym, wzdłużnym lub śrubowym
Dobre właściwości tribologiczne	wytwór o małym współczynniku tarcia w kontakcie z kablem lub z przesyłanym medium na określonej, wybranej powierzchni	— kanał z żebrami ślizgowymi na powierzchni wewnętrznej, — kanał z warstwą ślizgową natrykiwaną lub współwytłaczaną
Właściwości magnetyczne	wytwór z dodatkowymi elementami lub specjalną warstwą umożliwiającą trwały zapis sygnału magnetycznego w celu późniejszej jego lokalizacji i identyfikacji	— kanał z fragmentem ścianki z elementami ferromagnetycznymi w postaci pasków z zakodowanym sygnałem identyfikacyjnym
Znaczna odporność na zapłon i spalanie	wytwór samogasnący o dużej odporności na bezpośrednie działanie płomienia w warunkach ograniczonej emisji toksycznych produktów rozkładu	— kanał o ściance z tworzywa zawierającego składniki dodatkowe opóźniające palenie (halogenowe lub bezhalogenowe)
Odporność na działanie związków chemicznych	wytwór odporny na degradację w wyniku działania czynników chemicznych i biologicznych	— kanał wielowarstwowy odporny na czynniki aktywne chemicznie

towników najczęściej uzyskuje się, jak już wspomniano, w procesie wytłaczania. W zależności od wymagań technicznych, wytwory takie mogą mieć ściankę nośną z dodatkowymi elementami (np. w postaci metalowego drutu) zwiększającymi wytrzymałość mechaniczną konstrukcji lub ściankę wyposażoną w uzupełniające przegrody [20] z charakterystyczną makrostrukturą, wykonaną na drodze wymuszonego przepływu tworzywa przez odpowiednie kanały w dyszy głowicy wytłaczarskiej [4, 21, 22]. Przegrody te oraz wspomnianą makrostrukturę wytworu wytwarza się przy użyciu dyszy, pierścieni a także właściwych rdzeni kształtujących. Wymienione elementy kształtujące mogą być ruchome lub nieruchome, co pozwala na uzyskanie żądanych kształtów i wymiarów geometrycznych wytłoczyny (ścianek, przegród, żeber) o zamierzonym przebiegu — wzdłużnym, poprzecznym, naprzemienskrętnym lub śrubowym w odniesieniu do osi wytłoczyny [23—25].

#### KRYTERIUM PODZIAŁU WYTWORÓW OSIOWO-SYMETRYCZNYCH O KSZTAŁTACH ZŁOŻONYCH

Z tworzyw polimerowych otrzymuje się różnorodne wytwory mające postać kanałów składających się z powtarzalnych elementów rozmieszczonych wokół osi symetrii (rys. 4) [26]. Najważniejszym kryterium używanym w dostępnych klasyfikacjach takich wytworów są charakterystyczne cechy konstrukcyjne poszczególnych funkcjonalnych kanałów i ich elementów (rys. 5).

Do wytworów z charakterystycznymi kanałami funkcjonalnymi zalicza się m.in.: wytwory o kształcie walcowym z wewnętrznymi kanałami funkcjonalnymi, wytwory z zewnętrznymi lub wewnętrznymi elementami kształtowymi oraz wytwory z dodatkowymi elastycznymi łącznikami stałymi lub rozłącznymi [27, 28].

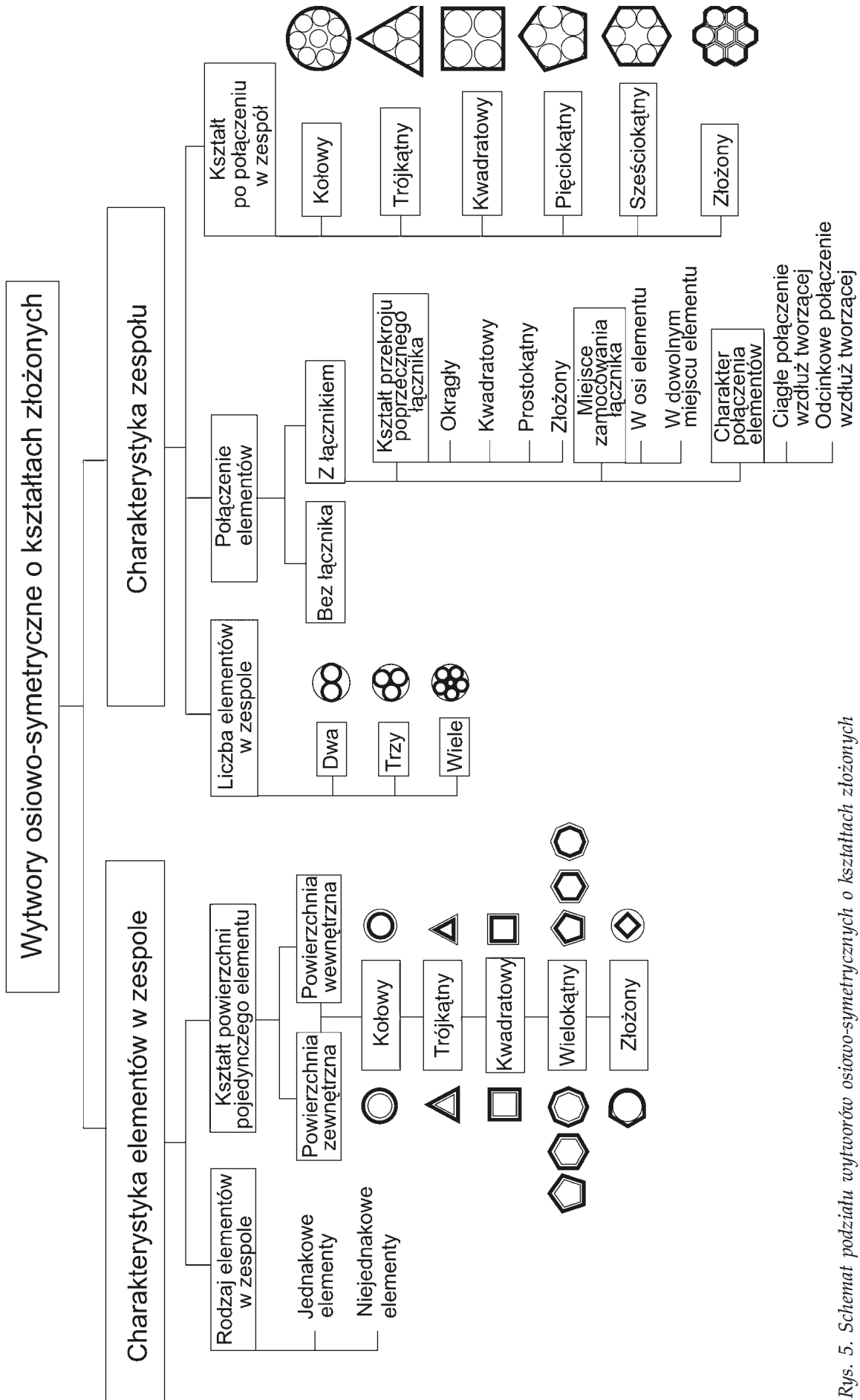
Analiza konstrukcji złożonych może dotyczyć postaci elementów makrostruktury geometrycznej powierzchni wytłoczyny, ich rodzaju, liczby, wymiarów oraz rozmieszczenia względem siebie w celu uzyskania ostatecznego kształtu. W przypadku wytworów z elastycznymi łącznikami dodatkowo duże znaczenie ma kształt przekroju poprzecznego łącznika a także miejsce i sposób jego umocowania.

W każdej z wymienionych grup wytworów o kształtach złożonych można wskazać przykłady konstrukcji usystematyzowanych według charakterystyki pojedynczego elementu konstrukcyjnego, mianowicie: liczby kanałów funkcjonalnych, uzyskanego kształtu zewnętrznego, kształtu łącznika, rodzaju elementu zatraskowe-



Rys. 4. Widok wytłoczyn o małych wymiarach z wieloma funkcjonalnymi kanałami [26]

Fig. 4. View of small size extrudates with many functional ducts [26]



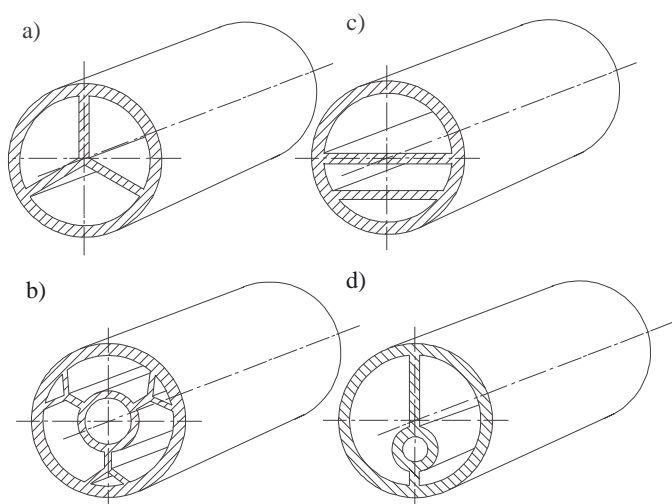
Rys. 5. Schemat podziału wytworów osiowo-symetrycznych o kształtach złożonych dokonany zgodnie z przyjętym kryterium konstrukcyjnym  
 Fig. 5. Scheme of classification of axial-symmetric products of complex forms, according to the adopted constructional criterion

go oraz sposobu połączenia w zespół. Ze względu na brak w dostępnej literaturze innych opracowań, poniższy przegląd nowych konstrukcji wytworów osiowo-symetrycznych oparto na analizie polskich i amerykańskich opisów patentowych a także katalogów przedsiębiorstw wytwarzających optotelekomunikacyjne kanały polimerowe. Propozycje te mogą stanowić podstawę do projektowania innowacyjnych rozwiązań złożonych konstrukcji stosowanych w różnych dziedzinach techniki.

#### PRZEGLĄD METOD OTRZYMYWANIA OSIOWO-SYMETRYCZNYCH WYTWORÓW O KSZTAŁTACH ZŁOŻONYCH

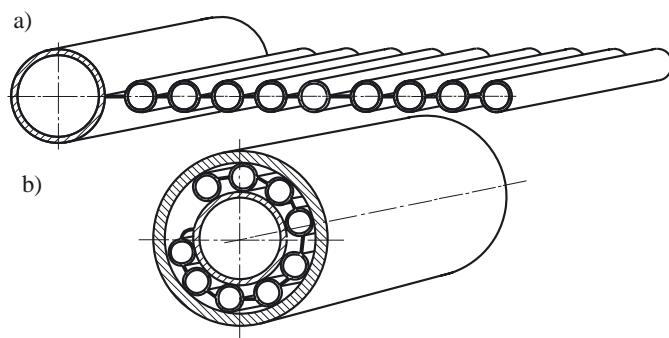
Wytwory osiowo-symetryczne wyposażone w wewnętrzne kanały funkcjonalne lub zewnętrzne elementy kształtowe otrzymuje się w procesie wytłaczania wytłoczyny walcowej z dodatkowymi wewnętrznymi ściankami lub przegrodami o różnym kształcie i wymiarach. Mogą one być wykonywane przy użyciu odpowiednich głowic z uzupełniającymi kanałami lub z wykorzystaniem dzielonych rdzeni umieszczonych w dyszy [29]. Uzyskane przegrody o przebiegu prostoliniowym i grubości zbliżonej do grubości ścianki powodują wzrost wytrzymałości mechanicznej wytworu, przy czym jednocześnie zwiększają liczbę dostępnych kanałów, w których umieszcza się odpowiednią liczbę kabli bądź innych elementów instalacji (rys. 6) [30–33].

W niektórych przypadkach wytwory z zewnętrznymi lub wewnętrznymi elementami złożonymi mają konstrukcję bardziej skomplikowaną [34–36]. Poszczególne jej elementy można kształtować w ruchomych lub nieruchomych gniazdach formujących, niekiedy z dodatko-



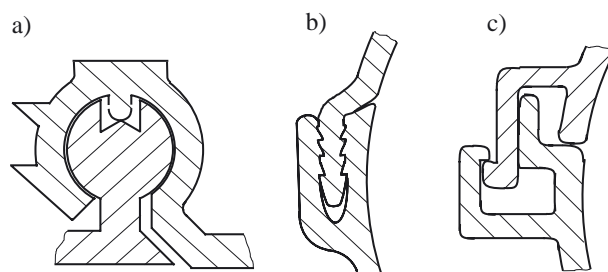
Rys. 6. Przykład wytłoczyn z wewnętrznymi kanałami funkcjonalnymi: a, b — przegrody o przebiegu prostoliniowym; c, d — przegrody o przebiegu zmiennym [30–33]

Fig. 6. Examples of extrudates with internal functional ducts: a, b — rectilinear course walls; c, d — variable course walls [30 — 33]



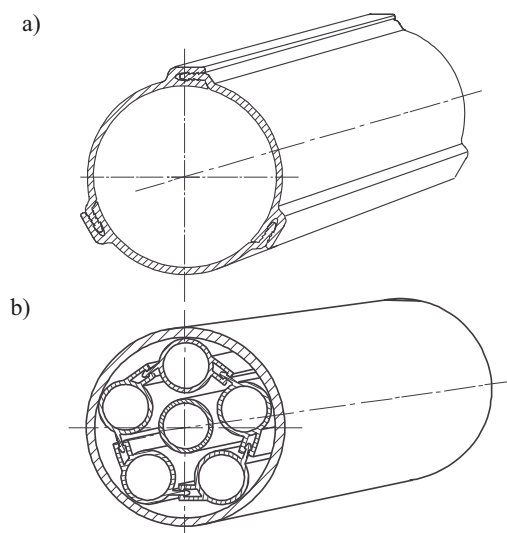
Rys. 7. Przykład wytłoczyn z dodatkowymi walcowymi elementami połączonymi łącznikami wzdłuż krawędzi tworzącej: a — po wytłoczeniu, b — po montażu [39–41]

Fig. 7. Examples of extrudates with additional cylindrical products joined by connectors along the product edge: a — after extrusion, b — after assembly [39 — 41]



Rys. 8. Przykłady łączników o różnych kształtach przekroju poprzecznego: a) przekrój kołowy, b) przekrój prostokątny, c) przekrój kształtowy [38, 45, 46]

Fig. 8. Examples of connectors of different cross-sections: a) circular section, b) rectangular section, c) form section [38, 46, 47]



Rys. 9. Przykład wytłoczyn z łączników zatraskowych umieszczonych w całym przekroju ścianki (a) lub przylegających do powierzchni ścianek wytworu (b) [45]

Fig. 9. Examples of extrudates from snap joints placed either in all wall section (a) or adhering to the product's wall surface (b) [45]

wym rozciąganiem próżniowym jednej bądź obu ścianek równocześnie [37, 38].

Połączenie łącznikiem kilku walcowych wytłoczyń wzdłuż ich krawędzi z profilem o charakterze ciągłym lub odcinkowym pozwala na otrzymanie wytworu o interesujących cechach. Wytłoczynę [39, 40] wraz z elementami składowymi umieszcza się wewnątrz walcowego kanału większej średnicy, uzyskując w efekcie zespół złożony (rys. 7) [41, 42].

Wykonanie w ścianie wytworu łączników zatraskowych umożliwia otrzymanie złożonej konstrukcji w postaci profili, składającej się z połączonych ze sobą odrębnych wytłoczyń [43—45]. Ostateczny kształt w tego typu rozwiązaniu zależy od liczby elementów składowych, ich wymiarów, a także od rodzaju i budowy elementu łączącego (rys. 8). Łączniki zatraskowe umieszcza się bądź w całym przekroju ścianki wytworu (rys. 9a), bądź też wykonuje jako przylegające do jej powierzchni (rys. 9b) [45]. Kształt przekroju poprzecznego takich łączników może być zaś prostokątny lub walcowy, w zależności od wymaganych właściwości mechanicznych albo konieczności ich wielokrotnego łączenia i rozłączania (rys. 9) [46].

#### PODSUMOWANIE

Konstrukcje polimerowych wytworów osiowo-symetrycznych o kształtach złożonych wykazują — w odróżnieniu od tradycyjnych wytworów — wiele interesujących cech dodatkowych i właściwości specjalnych. Potrzeba zwiększenia wytrzymałości mechanicznej konstrukcji, zmniejszenia oporów ruchu towarzyszących wprowadzaniu kabli oraz uzyskania określonych wyróżników funkcjonalnych powoduje, że wytwory tego typu w wielu przypadkach z powodzeniem zastępują tradycyjne układy jednokanałowe. Nowe konstrukcje wytworów osiowo-symetrycznych o kształtach złożonych, z wewnętrznymi kanałami funkcjonalnymi oraz dodatkowymi ściankami i przegrodami, można wytwarzać w procesie wytłaczania w linii technologicznej. Ponadto, na drodze odpowiedniego doboru tworzyw jak również warunków ich przetworstwa otrzymuje się wytwory o podobnych kształtach i wymiarach, ale o zróżnicowanych właściwościach a także różnych cechach funkcjonalnych — niekiedy również w określonym uprzywilejowanym kierunku (wzdłużnym, poprzecznym lub promieniowym).

Do najważniejszych zalet tego typu wytworów należy zaliczyć ich dużą wytrzymałość mechaniczną będącą efektem uformowania przekroju poprzecznego całej wytłoczyny lub poszczególnych jej elementów kształtowych. Wykorzystanie konstrukcji o kształtach złożonych, składającej się z kilku kanałów funkcjonalnych, pozwala na znaczne obniżenie kosztów wytwarzania kanału optotelekomunikacyjnego.

Ze względu na stosunkowo prostą metodę wytwarzania oraz uzyskiwane dobre właściwości mechanicz-

ne, polimerowe wytwory osiowo-symetryczne o kształtach złożonych mogą znaleźć wiele nowych zastosowań w różnych dziedzinach techniki.

#### LITERATURA

1. Saechtling H.: „Tworzywa sztuczne. Poradnik” WNT, Warszawa 2000.
2. Niewiarowski Z.: *Mechanik* 1982, 5, 56.
3. Anonim: *European Plastic News* 2006, nr 9, 42.
4. Klepka T.: „Rury o właściwościach specjalnych”, w mat. konf. „Sieci i instalacje z tworzyw”, Gliwice 2005, wyd. Politechnika Śląska, str. 39—42.
5. Sikora R.: „Przetwórstwo Tworzyw Wielkocząsteczkowych” WE, Warszawa 1993.
6. *Pat. pol.* 150 319 (1988).
7. Praca zbiorowa: „Przetwórstwo tworzyw polimerowych. Podstawy logiczne, formalne i terminologiczne” (red. Sikora R.), Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, Lublin 2006.
8. Sikora J. W.: *Polimery* 2006, 51, 285.
9. Klepka T.: „Modification of geometrical macrostructure of polyethylene pipes and tubes”, 19<sup>th</sup> PPS Annual Meeting, Melbourne, Australia 2003.
10. *Pat. USA* 4 741 593 (1988).
11. Garbacz T., Tor A.: *Polimery* 2007, 52, 47.
12. Garbacz T., Samujło B.: *Polimery* 2008, w przygotowaniu.
13. *Pat. USA* 4 892 442 (1990).
14. *Pat. USA* 6 796 547 (2004).
15. Katalog techniczny firmy American Tech Supply (USA).
16. Katalog techniczny firmy Carlon-Lamson & Session Company (USA).
17. Katalog techniczny firmy Lancier GmbH (Niemcy).
18. Katalog techniczny firmy Agu Kunststofftechnik GmbH (Niemcy).
19. Katalog techniczny firmy Gravenhurst Plastic Ltd. (Kanada).
20. *Pat. USA* 6 564 831 (2003).
21. *Pat. USA* 6 477 304 (2002).
22. Katalog techniczny firmy Krauss Maffei GmbH (Niemcy).
23. *Pat. pol.* 190 009 (1999).
24. *Pat. USA* 6 476 326 (2002).
25. *Pat. USA* 5 536 461 (1996).
26. Katalog techniczny firmy A.P. Extrusion Incorporated (W. Brytania).
27. *Pat. USA* 6 564 831 (2003).
28. *Pat. USA* 6 796 547 (2004).
29. *Pat. niem.* 1 950 409 (1995).
30. *Pat. USA* 5 177 809 (1993).
31. *Pat. USA* 5 285 008 (1994).
32. *Pat. USA* 5 289 556 (1994).
33. *Pat. USA* 6 477 304 (2002).
34. *Pat. pol.* 177 371 (1995).
35. *Pat. pol.* 178 063 (1995).
36. *Pat. USA* 5 996 639 (1999).
37. Katalog techniczny firmy Unicore GmbH (Niemcy).
38. Katalog techniczny firmy Arot (Polska).
39. *Pat. pol.* 165 975 (1992).
40. *Pat. USA* 4 804 020 (1989).
41. *Pat. USA* 5 036 891 (1991).
42. *Pat. USA* 5 236 016 (1993).
43. *Pat. niem.* 1 951 401 (1995).
44. *Pat. USA* 5 029 851 (1991).
45. *Pat. USA* 6 390 139 (2002).
46. *Pat. pol.* 156 677 (1991).