

## Formy wtryskowe

Forma wtryskowa jest złożonym narzędziem, które musi równocześnie podołać wielu różnym wymaganiom występującym w procesie wtryskiwania tworzyw. Podstawową funkcją formy wtryskowej jest umożliwienie wypełnienia płynnym tworzywem gniazd formujących i uformowanie wyrobu, który odzwierciedla kształt gniazd formujących. Drugą podstawową funkcją formy wtryskowej jest efektywne i równomierne odprowadzanie ciepła od gorącego płynnego tworzywa. Trzecią podstawową funkcją formy wtryskowej jest umożliwienie usuwania wyprasek w szybki i powtarzalny sposób.

Forma posiada następujące układy funkcjonalne:

- gniazdo/a formujące,
- układ wlewowy,
- układ chłodzenia,
- układ wypychania wypraski i wlewka,
- elementy prowadzące i ustalające połówki formy,
- napędy płyt i segmentów (jeśli występują),
- obudowę.

### I Formy zimnokanałowe

Wszystkie formy z zimnokanałowym systemem doprowadzenia tworzywa charakteryzują się następującymi cechami:

- koszt form zimnokanałowych jest zazwyczaj niższy niż koszt odpowiadającym im formom gorącokanałowym – wynikający głównie z braku dodatkowych części składających się na system gorącokanałowy i jego osprzętu,
- większa objętość wtrysku potrzebna do wypełnienia formy w porównaniu do formy gorąco kanałowej o tej samej ilości gniazd,
- powstawanie odpadu – układ wlewowy – w formie zimnokanałowej zawsze powstaje odpad w postaci wlewka. Wlewki może zostać zmielony, a otrzymany regranulat może być dodany do granulatu jednak w ograniczonych ilościach, tak aby zapewnić wymaganą jakość produktu. W wielu przypadkach niedozwolone jest dodawanie regranulatu.
- większa ilość pracowników – będą potrzebni ze względu na konieczność wykonania pracy związanej z pobraniem wlewków, ich zmieleniem i dodaniem w odpowiedniej ilości do granulatu
- większe zużycie energii elektrycznej – ze względu na większą ilość tworzywa potrzebnego w procesie, potrzeba więcej energii aby je uplastyczyć, dla małych części masa układu wlewowego może przekroczyć 80% całkowitej masy wtrysku

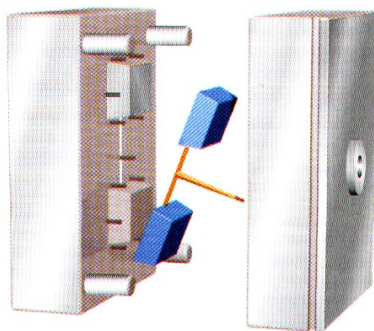
Formy zimnokanałowe zasadniczo dzieli się na:

- formy wtryskowe z jedną płaszczyzną podziału,
- formy wtryskowe z dwiema płaszczyznami podziału (też formy wtryskowe z płytą pływającą).

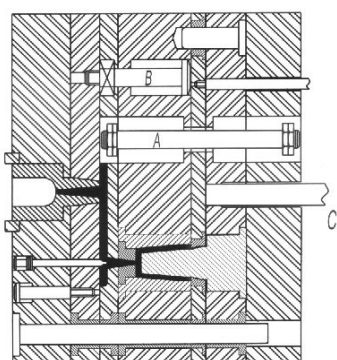
Czynnikiem decydującym o tym, czy forma będzie z jedną płaszczyzną podziału, czy z dwiema jest przeprowadzenie kanałów wlewowych. Jeśli kanały wlewowe będą poprowadzone w płaszczyźnie podziału i będą usuwane wraz z usuwaniem wyprasek, wtedy forma wtryskowa jest formą z jedną płaszczyzną podziału. Konstrukcja tej formy jest prostsza, niż konstrukcja formy z dwiema płaszczyznami podziału i jest wybierana jeśli tylko możliwe jest zastosowanie którejkolwiek z przewęzek krawędziowych. W zależności od rodzaju zastosowanej przewężki

wypraska może być oddzielona od wlewka lub nie.

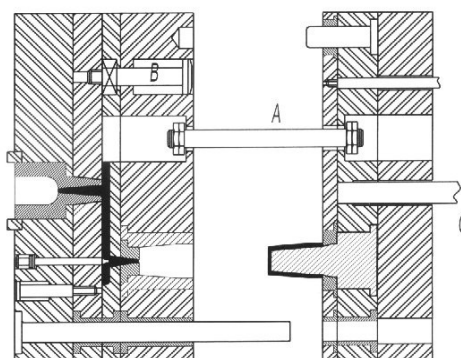
W przypadku form z dwiema płaszczyznami podziału kanały doprowadzające tworzywo prowadzone są w dodatkowej płaszczyźnie podziału (potrzebna jest dodatkowa płyta) i forma ta jest nazywana również trójpłytową. W tym przypadku wlewek usuwany jest oddzielnie. Formy trójpłytowe stosowane są w przypadku gdy wymagane jest doprowadzenie tworzywa do gniazd formujących poza ich krawędzią w płaszczyźnie podziału, a także jeśli nie chcemy się decydować na formę gorącokanałową. W przypadku formy trójpłytowej zawsze w wyniku usuwania wypraski z formy następuje oddzielenie wyprasek od wlewka.



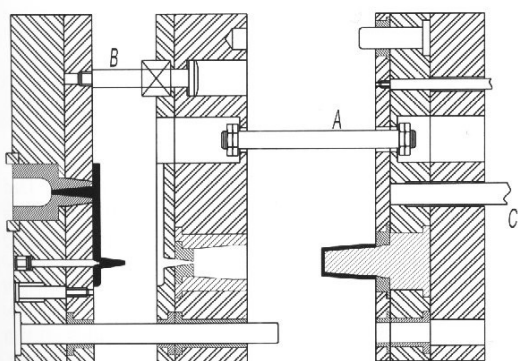
Rys. 1. Forma wtryskowa zimnokanałowa z jedną płaszczyzną podziału (dwupłytowa) (Źródło: [1])



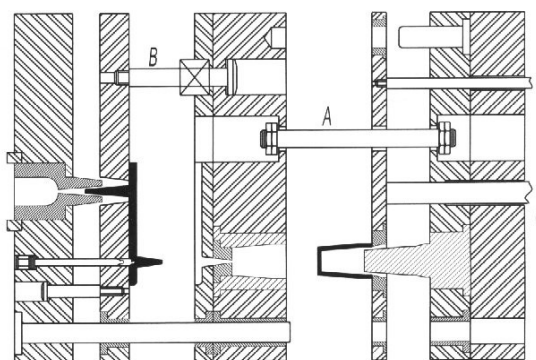
Forma zamknięta



Otwarcie formy na głównej płaszczyźnie podziału



Otwarcie formy na dodatkowej płaszczyźnie podziału



Wypraska i wlewek usuwane są oddzielnie przy pomocy płyt spychających

Rys. 2. Forma wtryskowa zimnokanałowa z dodatkową płaszczyzną podziału (Źródło: [1])

## II Formy gorącokanałowe (formy GK)

Wszystkie formy gorącokanałowe charakteryzują się następującymi cechami:

- koszt form wtryskowych z systemem gorącokanałowym o tej samej liczbie gniazd formujących dla tego samego produktu jest zwykle znacząco wyższy w porównaniu do formy zimnokanałowej, dla małej liczby gniazd nie jest tak znacząco wyższy w porównaniu do formy zimnokanałowej trójpłytkowej,
- objętość wtrysku dostarczana przez układ wtryskowy jest lepiej wykorzystana ze względu na to, że z całej objętości wtrysku są otrzymywane wypraski,
- nie ma potrzeby wykonywania przemiału z wlewków ze względu na ich brak, stąd zostaje zaoszczędzony materiał, czas i środki,
- większa wrażliwość na zanieczyszczenia, formy gorącokanałowe są bardziej wrażliwe na zanieczyszczenia niż formy zimnokanałowe, wymagają więc większego zwracania uwagi na zanieczyszczenie granulatu i regranulatu jeśli jest dodawany. Ze względu na wysoki koszt budowy systemu GK, również koszt jego naprawy jest wysoki,
- forma GK musi zapewniać łatwą i szybko zmianę koloru tworzywa, celem jest zmiana koloru po 10-15 cyklach od momentu podawania przez układ uplastyczniający właściwej barwy tworzywa,
- czas uruchomienia produkcji od włączenia systemu GK powinien wynosić 15 do 30 minut.

Podział systemów GK podobnie jak w formach zimnokanałowych według sposobu doprowadzenia tworzywa na:

- z wlewem bezpośrednim,
- z wlewem pośrednim przez układ kanałów w rozdzielaczu .

### Wlew bezpośredni czolowy

Jest to najprostsze wydanie zastosowania systemu GK. Jest to forma wtryskowa, w której tuleję wtryskową zastępuje się ogrzewaną dyszą, zwaną również grzaną tuleją wtryskową. W tym przypadku zamiast wlewka prętowego wymagającego odcięcia usuwanego w kierunku cylindra wtryskowego otrzymujemy wyrób bez wlewka z niewielkim śladem w miejscu wtryskiwania. Rozwiązanie to jest stosowane, gdy forma jest jednokrotna, lub w przypadku, gdy główny wlewek stanowiłby dużą część objętości wtrysku, co ma miejsce w przypadku dużych form, gdy dysza cylindra wtryskowego znajduje się w dużej odległości od gniazda formującego. W celu wyeliminowania tego zbędnego odpadu stosuje się grzaną tuleję.

### Wlew przez rozdzielacz (pośredni) czolowy wielopunktowy

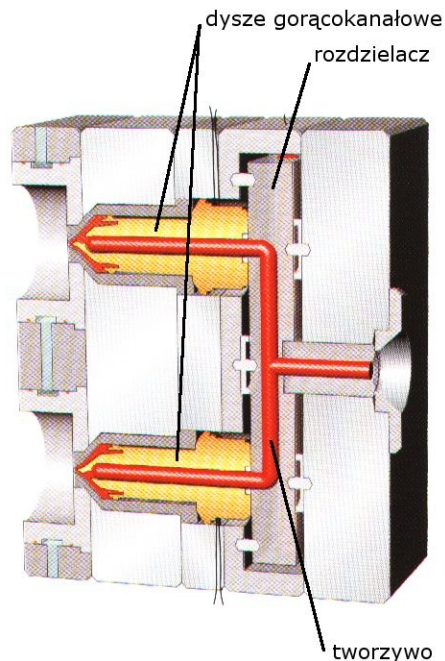
Stosowany w przypadku dużych wyrobów oraz w przypadku, gdy stosunek drogi płynięcia do grubości ścianki osiąga dużą wartość. Zastosowanie systemu GK zastępuje formę z dwiema płaszczyznami podziału, a także umożliwia wyeliminowanie odpadu w postaci wlewka.

Typowy budowa systemu GK składa się z następujących elementów:

- gorąca tuleja wtryskowa – jest odpowiednikiem tulei wtryskowej w formie zimnokanałowej, podaje tworzywo do rozdzielacza GK, jest podgrzewana, posiada czujnik temperatury, jest podłączona do sterownika GK,
- rozdzielacz – element budowy systemu GK, uczestniczy w doprowadzeniu tworzywa do dysz GK, podgrzewany, z czujnikami temperatury, podłączony do sterownika GK,
- dysze GK – elementy budowy systemu GK, ostatnie w łańcuchu systemu GK, są odpowiedzialne za doprowadzenie tworzywa do gniazd formujących, podgrzewane, podłączone do sterownika GK,

Wszystkie elementy systemu GK są podłączone do urządzenia sterującego – sterownika systemu GK – urządzenie to posiada pulpit, przy pomocy którego można nastawić parametry pracy

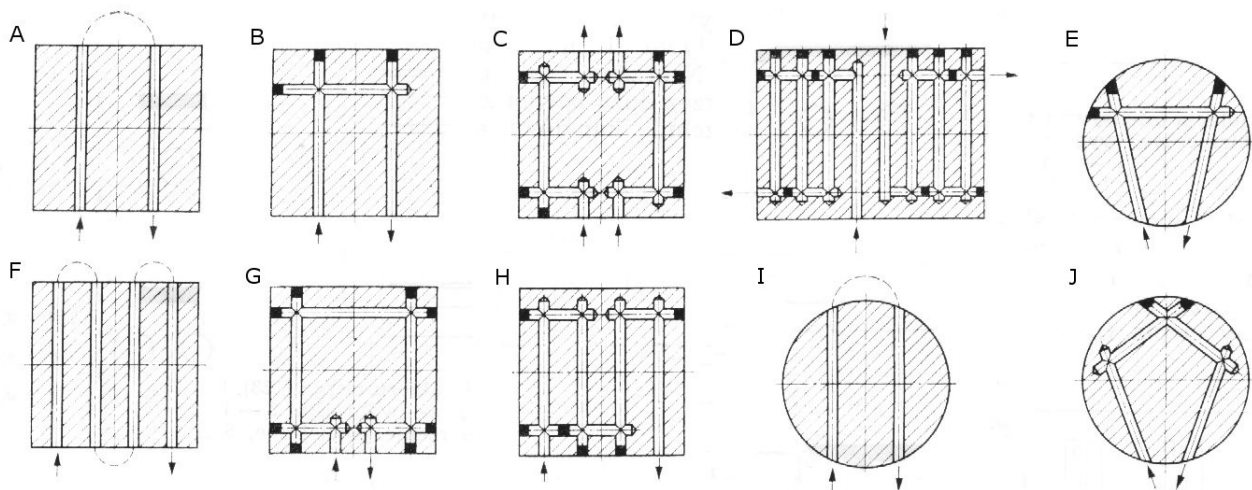
systemu GK.



Rys. 3. Forma wtryskowa gorąckanałowa z rozdzielaczem i dwiema dyszami (Źródło: [1])

### III Chłodzenie wypraski

Na formę wtryskową należy patrzeć jak na wymiennik ciepła. Większość energii (ciepła) które zostało dostarczone do tworzywa w wyniku uplastyczniania musi zostać odebrana. Wypraski muszą być doprowadzone do odpowiedniej sztywności aby możliwe było ich usunięcie. Dla każdego tworzywa określona jest maksymalna temperatura przy której tworzywo może być usuwane z formy. Przykłady rozwiązań wykonania obiegów chłodzących zostały przedstawione na rysunku poniżej.



Rys. 4. Przykłady wykonania obiegów cieczy termostatującej formę wtryskową (strzałki pokazują wejście i wyjście obiegu) (Źródło: [2])

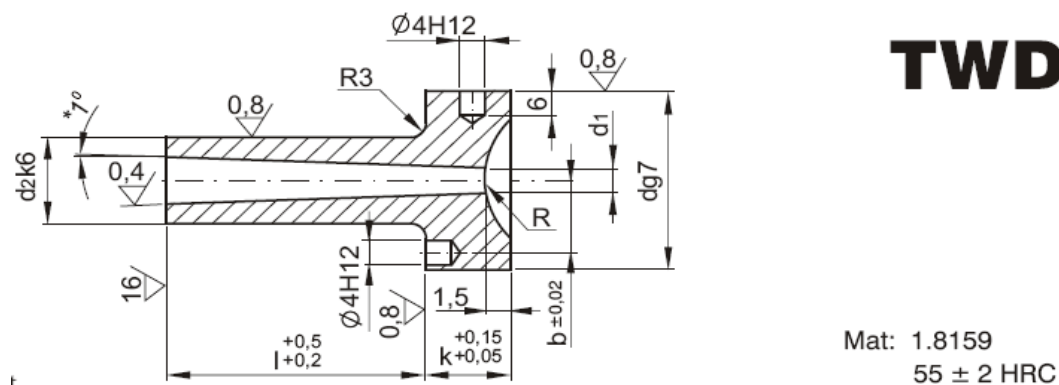
Rozwiązanie A,B, F i I wykorzystuje do zamknięcia obiegu elastyczne węże, które znajdują się na zewnątrz formy wtryskowej, zostają one podobnie jak węże doprowadzające i odprowadzające ciecz przyłączone za pomocą króćcy. W pozostałych przypadkach w całości obieg

zamknięty jest w płytach formy wtryskowej, do zamknięcia obiegu są wykorzystywane korki zaślepiające na końcach kanałów i korki do zamknięcia przepływu w wybranym kanale.

#### IV Układ wlewowy

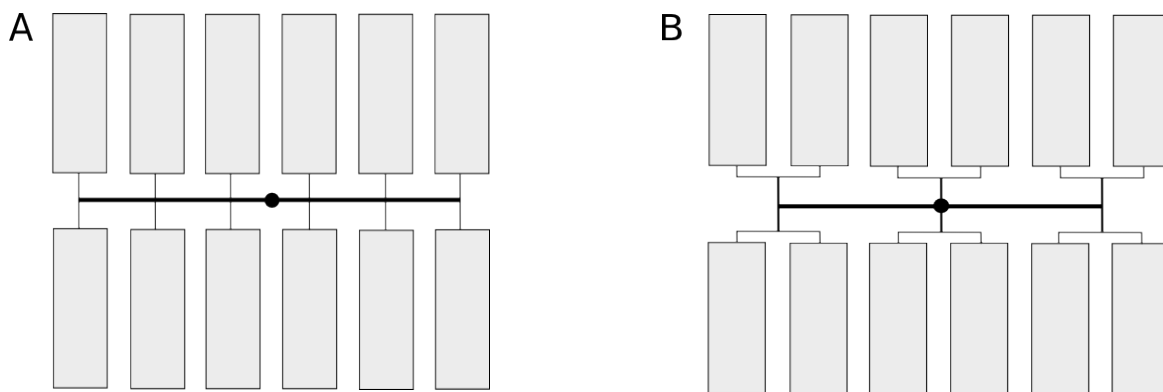
Typowy układ wlewowy formy zimnokanałowej składa się z następujących elementów:

- główny kanał wlewowy – występuje w każdej formie zimno kanałowej, jest to otwór stożkowy wykonany w tulei wtryskowej,
- kanały wlewowe – zasadniczo występują w formach wtryskowych o liczbie gniazd większej od 1, ich zadaniem jest doprowadzenie płynnego tworzywa do gniazd formujących, przy jak najniższym spadku ciśnienia i temperatury tworzywa, oraz przy zachowaniu możliwie małych wymiarów przekroju poprzecznego,
- przewężka – jest zakończeniem kanałów wlewowych, przez nią tworzywo dostaje się do gniazd formujących.



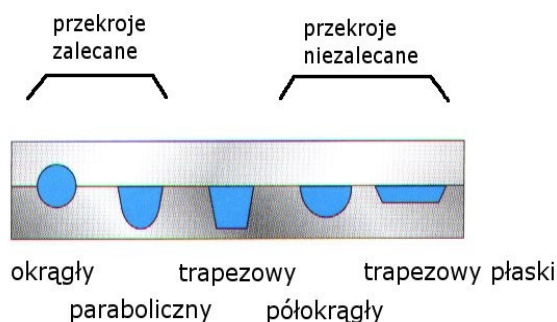
Rys. 5. Przekrój poprzeczny tulei wlewowej (wtryskowej) (Źródło: [3])

Generalnie jeśli doprowadzamy tworzywo do gniazd formujących zależy nam na tym aby było ono doprowadzone z jak najmniejszym spadkiem ciśnienia i temperatury, w równym czasie do wszystkich gniazd i przy jak najmniejszej objętości kanałów wlewowych. Spełnienie tych wymagań ma na celu w pierwszej kolejności uzyskanie tych samych warunków wypełniania gniazda co dalej przekłada się na uzyskiwanie z każdego gniazda wyrobów o bardzo podobnych właściwościach. W wielu przypadkach spełnienie wszystkich tych wymagań nie jest możliwe, lub trudne w realizacji. W wielu przypadkach również rezygnuje się ze spełnienia tych postulatów ze względu na niskie wymagania jakościowe wyrobu. W zależności od sposobu doprowadzenia tworzywa do gniazd formujących wyróżniamy dwa podstawowe sposoby. Doprowadzenie szeregowe (rys. 6.a) i doprowadzenie równoległe (rys. 6.b). Oba rozwiązania mają swoje zalety i wady. Zaletą układu szeregowego jest mniejsza objętość kanałów w porównaniu do układu równoległego. Wadą natomiast różny czas wypełniania gniazd formujących, natomiast w przedstawionym układzie równoległym równoczesne doprowadzenie tworzywa do gniazd jest zrealizowane dla ośmiu najbardziej zewnętrznych gniazd – jest to tzw. układ częściowo zbalansowany. Pozostałe cztery gniazda zostaną wypełnione nieco wcześniej. Zbalansowanie kanałów odnosi się do takiego zaprojektowania kanałów wlewowych, które umożliwi wypełnianie gniazd formujących w jednakowym czasie. Praktycznie balansowanie kanałów polega na odpowiednim doborze wielkości przekrojów poprzecznych kanałów wlewowych w każdej z gałęzi kanałów wlewowych.



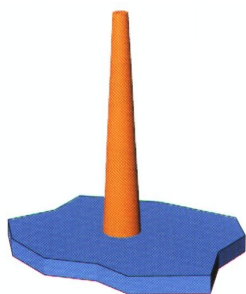
Rys. 6. Podstawowe rozwiązania doprowadzania tworzywa: a) szeregowo, b) równoległe (Źródło: [4])

Oprócz sposobu poprowadzenia kanałów, ważny jest również ich przekrój poprzeczny. Wybór przekroju poprzecznego kanału ma zasadniczy wpływ na wykorzystanie tego przekroju przez płynące tworzywo, a tym samym na spadki temperatury i ciśnienia. Najlepszym przekrojem dla płynącego tworzywa jest przekrój kołowy i w dalszej kolejności paraboliczny (trapezowy z zaokrąglonymi krawędziami), nieco gorszym ale stosowanym trapezowy i dalej przekroje niezalecane – półokrągły i trapezowy spłaszczony (rys. 7).

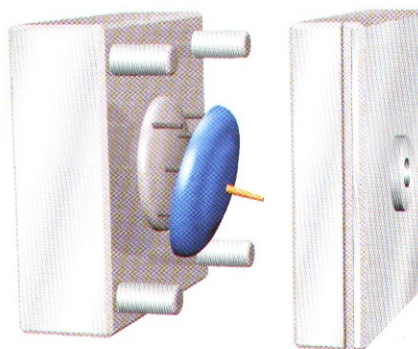


Rys. 7. Przekroje kanałów stosowane w budowie form wtryskowych (Źródło: [1])

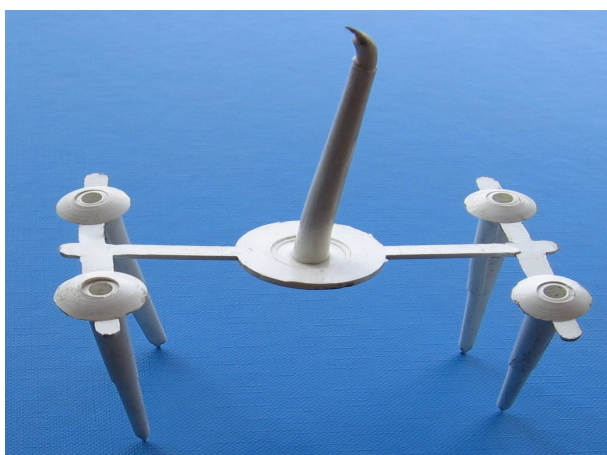
W przypadku formy jednokrotnej tworzywo jest doprowadzone bezpośrednio z tulei wlewowej do gniazda lub również przez niewielkiej długości kanał doprowadzający i przewężkę. Sposób doprowadzenia tworzywa do gniazda formy jednokrotnej bezpośrednio z tulei wlewowej został przedstawiony na rysunkach poniżej. Na rysunku 10 został przedstawiony wlewek powstający w formie z dodatkową płaszczyzną podziału (forma trzy płytowa).



Rys. 8. Wlew bezpośredni do gniazda formującego (stosowany w formach jednogniazdowych) (Źródło: [1])



Rys. 9. Forma jednogniazdowa z wlewem bezpośrednim wraz z wypaską (Źródło: [1])



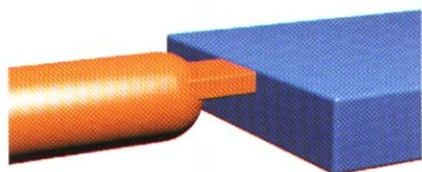
Rys. 10. Wlewek zimnokanalowej formy wtryskowej czterogniazdowej z dodatkową płaszczyzną podziału

Ostatnim elementem układu wlewowego jest przewężka. Przewężka jest zakończeniem kanału wlewowego o przekroju poprzecznym dużo mniejszym od przekroju poprzecznego kanału wlewowego i o odpowiedniej długości. Przewężka spełnia kilka funkcji:

- zatrzymanie nadmiernie ochłodzonego tworzywa,
- lokalne podgrzanie tworzywa przez zwiększenie jego prędkości przepływu,
- ułatwienie oddzielenia układu wlewowego od wyrobu,

Odpowiedni dobór przewężki kształtuje przepływ tworzywa i sposób wypełniania gniazda formującego.

W miejscu w którym tworzywo jest doprowadzane do gniazda formującego jest nazwane punktem wtrysku. W zależności od wymagań gniazdo formujące może mieć jeden lub więcej punktów wtrysku. Generalnie występuje jeden punkt wtrysku. W przypadku dużego wyrobu lub w przypadku gdy zależy nam na skróceniu czasu wtrysku stosuje się więcej punktów wtrysku. Stosowanie wielu punktów wtrysku oprócz zalet ma jedną podstawową wadę, jest nią powstawanie linii łączenia płynących strug tworzywa. Wpływa to bezpośrednio na pogorszenie właściwości wytrzymałościowych wyprasek.

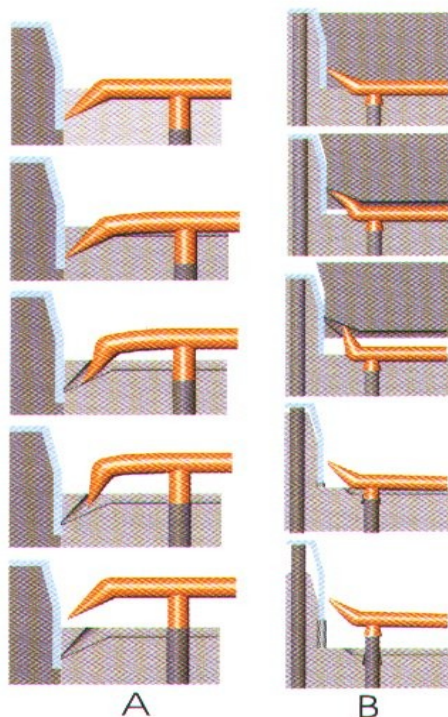


Rys. 11. Prosta przewężka krawędziowa  
(Źródło: [1])



Rys. 12. Przewężka typu fan (Źródło: [1])

Do przewęzek krawędziowych które zostają oddzielone od wyprasek podczas usuwania z formy należą przewężki tunelowe i tunelowe zakrzywione (zwane też bananowymi). Przewężki tego typu mogą być stosowane dla tworzyw wystarczająco sprężystych, tak aby możliwe było ich wyciąganie bez niebezpieczeństwa pęknięcia (np.: dla PE i PP). Na rysunku 13 przedstawiono kolejne etapy usuwania układu wlewowego z przewężką tunelową i odkształcanie się samej przewężki.



Rys. 13. Kolejne etapy usuwania układu wlewowego z przewężką tunelową (A – przewężka poniżej płaszczyzny podziału, B – przewężka powyżej płaszczyzny podziału) (Źródło: [1])

## V Usuwanie wyprasek

Usuwanie wyprasek z formy jest możliwe do zrealizowania na szereg różnych sposobów. Ogólnie usuwanie wyprasek dzielimy na sposoby mechaniczne i inne. Do mechanicznych sposobów usuwania wypraski zaliczamy usuwanie za pomocą:

- wypychaczy,
- listwy spychającej,
- płyty spychającej.

Do innych sposobów usuwania wypraski zaliczamy usuwanie przy pomocy sprężonego powietrza, metody łączone, usuwanie dwu i wieloetapowe.

## VI Normalia w budowie form wtryskowych

Coraz większy udział technologii wtryskiwania w produkcji wszelkiego rodzaju elementów z tworzyw, a co za tym idzie wytwarzania coraz większej liczby narzędzi – form wtryskowych spowodował wprowadzeniem do ich budowy - normaliów. Normalia są to skatalogowane w ustalonym szeregu wymiarowym części wykorzystywane w budowie form wtryskowych. Znajdują się tam m.in.: kompletne obudowy form wtryskowych, czyli komplet płyt wraz z elementami prowadzącymi i łączącymi, elementy układu wypychania wyprasek – różnego rodzaju wypychacze, elementu układu chłodzenia, jak: różnego rodzaju króćce, korki zaślepiające, przegrody i rurki do



zrealizowania chłodzenia długich stempli, pierścienie centrujące i kompletne systemy GK. Stosowanie elementów znormalizowanych przyspiesza wykonanie formy ze względu na to że powtarzające się elementy budowy formy nie trzeba wykonywać, ale można kupić gotowe. Poniżej zamieszczono przykładowe firmy sprzedające normalia wraz z linkami

FCPK

<http://www.fcpc.pl/pl/katalogi1a.html>

HASCO

<http://www.hasco.com/www-gb/main.html>

DME

[http://www.dme.eu.com/pages/cms/home.php?str\\_code=menu\\_home&language\\_code=GB](http://www.dme.eu.com/pages/cms/home.php?str_code=menu_home&language_code=GB)

Elementy do budowy systemu GK, m.in.:

EWIKON

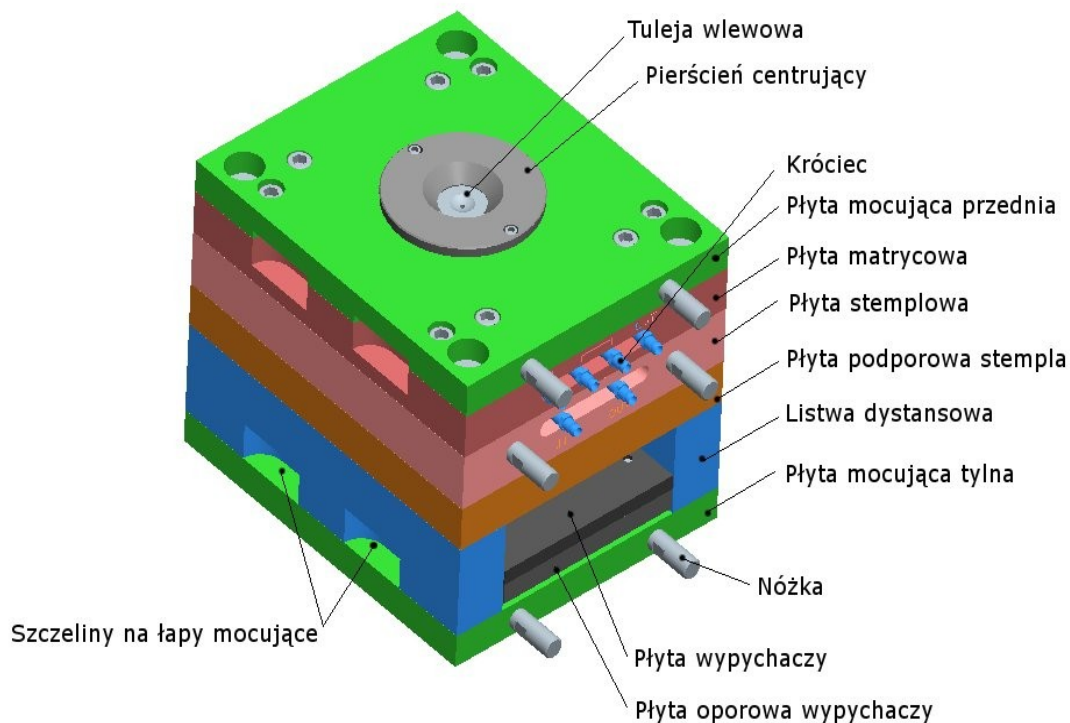
[www.ewikon.com](http://www.ewikon.com)

Złączki do cieczy chłodzącej, m.in.:

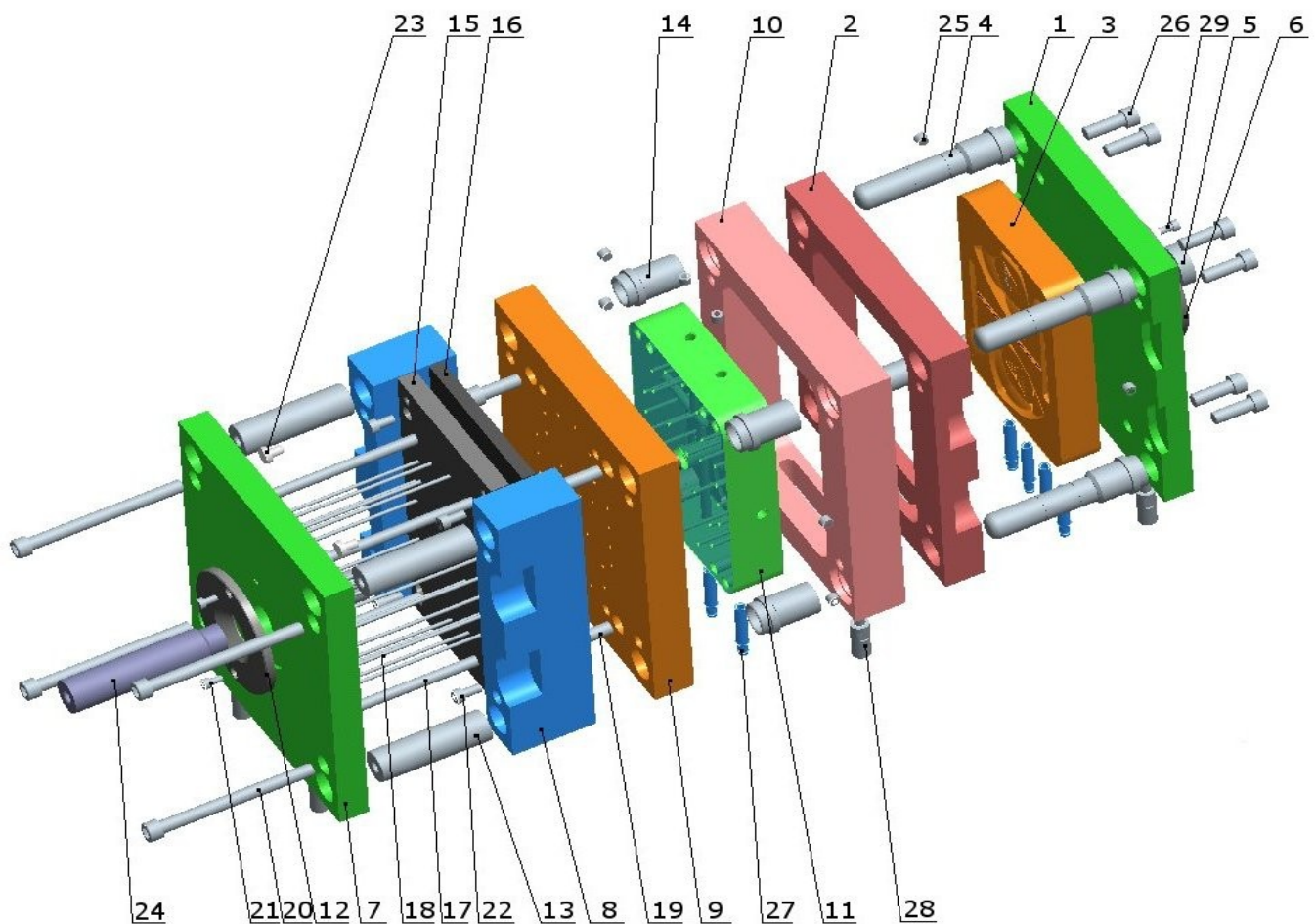
STÄUBLI

<http://www.staubli.com/en/connectors/our-product-ranges/temperature-control-coupling/>

Widok izometryczny formy wtryskowej został przedstawiony na rysunku 14.



Rys. 14. Widok izometryczny kompletnej zimnokanalowej formy wtryskowej



Rys. 15. Rysunek formy wtryskowej zimnokanałowej z wkładkami formującymi w widoku rozstrzelonym

Opis do formy przedstawionej na rysunku

- 1 – płyta mocująca połowki nieruchomej (też płyta mocująca przednia),
- 2 – oprawa matrycy (w innym rozwiązaniu zamiast oprawy matrycy jest płyta matrycowa),
- 3 – wkładka formująca – matryca (w innym rozwiązaniu matryca może być wykonana bezpośrednio w płycie matrycowej),
- 4 – słup prowadzący,
- 5 – tuleja wlewowa,
- 6 – pierścień centrujący przedni,
- 7 – płyta mocująca połowki ruchomej,
- 8 – listwa dystansowa,
- 9 – płyta podporowa stempla,
- 10 – oprawa stempla (w innym rozwiązaniu zamiast oprawy stempla jest płyta stemplowa),
- 11 – wkładka formująca – stempel,
- 12 – pierścień centrujący tylni,
- 13 – tuleja ustalająca,
- 14 – tuleja prowadząca,
- 15 – oporowa wypychaczy,
- 16 – płyta wypychaczy,
- 17 – cofacz wypychaczy,

- 18 – wypychacz,
- 19 – śruba mocująca stempel,
- 20 – śruba łącząca elementy połówki ruchomej,
- 21 – śruba mocująca pierścień centrujący tylni,
- 22 – śruba łącząca płyty wypychaczy,
- 23 – element oporowy zespołu usuwania wypraski,
- 24 – element łączący zespół usuwania wypraski z wyrzutnikiem,
- 25 – korek do zaślepiania kanału chłodzącego,
- 26 – śruba łącząca elementy połówki nieruchomej,
- 27 – króciec doprowadzenia cieczy chłodzącej,
- 28 – nóżka do stawiania formy poza wtryskarką,
- 29 – śruba mocująca pierścień centrujący przedni,

**Bibliografia:**

- [1] Beaumont J. P. „Runner and Gating Design Handbook”, Carl Hanser Verlag, Munich 2004
- [2] Zawistowski H., Frenklem D. „Konstrukcja form wtryskowych do tworzyw termoplastycznych”, WNT, Warszawa 1984
- [3] Strona internetowa firmy FCPK [www.fcpk.pl](http://www.fcpk.pl)
- [4] Rees H., „Mold Engineering” 2<sup>nd</sup> Edition, Carl Hanser Verlag, Munich 2002