

Formy do niskociśnieniowego prasowania przetłocznego

Najbardziej dynamiczny rozwój ze wszystkich metod hermetyzacji elementów półprzewodnikowych tworzywami wykazuje ostatnio niskociśnieniowe prasowanie przetłoczone. Do tego celu stosuje się specjalny typ tłoczyw o dużej płynności, zwanych tłoczywami niskociśnieniowymi. Charakteryzują się one tym, że ciśnienie wymagane do zaprasowywania jest rzędu $3 \text{ kG/cm}^2 \div 70 \text{ kG/cm}^2$. Ciśnienie o takich granicach stosuje się w celu wykluczenia niebezpieczeństwa uszkodzenia elementów zawierających delikatne kryształki i druciki grubości kilku mikrometrów. Do zaprasowywania tymi tłoczywami niezbędne są specjalne prasy, pozwalające dokładnie regulować ciśnienie i szybkość prasowania. Prasy takie wyposażone są zwykle w płyty grzejne, komory zasypowe i wyrzutniki, co pozwala na uproszczenie konstrukcji form i obniżenie kosztów ich wykonania. Prasy te mają dwa niezależne układy, najczęściej hydrauliczne; jeden do zamykania formy, drugi do przetłaczania tłoczywa. Szybkość i siła przetłaczania mogą być w pewnych granicach regulowane, a zamykanie formy odbywa się dwustopniowo. W początkowej fazie zamykania posuw zamykającej połówki formy jest szybki, a bezpośrednio przed zetknięciem połówek form zmienia się na powolny. Zapobiega to uszkodzeniu formy, natomiast sam proces zamykania formy zostaje znacznie skrócony. Mechanizm techniki przetłaczania jest bardzo prosty. Stempel po uruchomieniu naciska na tłoczywo, które w określonej temperaturze i pod ciśnieniem uplastycznia się i przepływa przez kanały doprowadzające oraz przez przewężki - do gniazd formy, gdzie w ciągu kilku minut pod wpływem ciepła utwardza się.

Ogólnie biorąc, można rozróżnić dwa typy konstrukcji form:

1/ formy laboratoryjne /ręczne/,

2/ formy produkcyjne.

Zasadniczą różnicą tych form jest liczba gniazd i sposób mocowania.

W formach laboratoryjnych liczba hermetyzowanych elementów jest niewielka, np. 40 tranzystorów i 8 układów scalonych. Formy te nie są mocowane na prasie, lecz mają odpowiednie uchwyty ułatwiające wkładanie i wyjmowanie form z prasy. No zewnątrz prasy zainstalowano jest płyta wyrzutnikowa, na której formę rozkłada się, wyjmując zaprasowane elementy i wkłada nowe zespoły końcówek do zaprasowania. Forma taka jest obsługiwana no zewnątrz i dlatego konieczne jest każdorazowe ponowne jej dogrzanie na prasie.

W odróżnieniu od formy laboratoryjnej forma produkcyjna ma dużą ilość gniazd, np. 160 tranzystorów; 64 układy scalone. Obie połówki form mocowane są na stołach prasy i cały czas grzane.

W produkcji wielkoseryjnej często używa się razem z formą specjalnych ram załadowniczych. W ramy takie załadowuje się i umocowuje elementy półprzewodnikowe, tak aby po umieszczeniu ramy w formie były one dokładnie ustalone z poszczególnymi gniazdami formy. Do jednej formy stosuje się co najmniej dwie ramy załadownicze. Mechanizm obsługiwania polega na tym, że w czasie gdy jedna z ram znajduje się

wraz z formą na prasie i następuje proces hermetyzacji, do drugiej ramy załadowuje się nowe - przeznaczone do hermetyzacji - elementy półprzewodnikowe. Załadowanie odbywa się na podgrzewanych płytach zainstalowanych obok prasy, dzięki czemu po włożeniu do formy rama załadowcza nie oziębia jej. Głównym zadaniem ramy załadowczej jest ustalenie pasków montażowych w stosunku do gniazd formy. Konstrukcja ram załadowczych uzależniona jest od rodzaju elementu zaprasowywanego oraz od wielkości formy. Najczęściej ramy wykonywane są ze stopów aluminium.

Przed przystąpieniem do konstruowania formy należy ustalić następujące podstawowe dane:

- typ prasy, na której będzie pracowała forma,
- średnicę tabletek tłoczywa,
- typ tłoczywa, który będzie używany,
- spodziewany wymiar skurczu tego tłoczywa,
- wielkość produkcji.

Krotność formy n , która zapewni żadaną wydajność oblicza się ze wzoru:

$$n = \frac{N \cdot t}{T_n \cdot k \cdot 3600} \quad /szt/$$

gdzie:

N - wielkość produkcji /szt./,

t - założony czas prasowania /s/,

T_n - nominalny czas produkcji /h/,

k - $0,7 \pm 0,9$ współczynnik wykorzystania prasy.

Należy także znać siłę zamykania formy F , gdyż musi być spełniona nierówność:

$$F_z > /n F_g + F_k + F_r/ \quad p$$

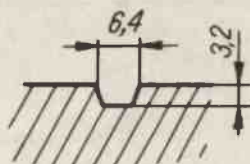
[Liczba gniazd w formie - n / x powierzchnia płaszczyzny gniazda - F_g / + powierzchnia kanałów doprowadzających - F_k + powierzchnia płaszczyzny tłoka - F_r] x ciśnienie tłoczywa - p /< siła zamykania formy - F_z . W przypadku gdy nierówność ta nie będzie spełniona, forma nie zostanie całkowicie domknięta, co w konsekwencji doprowadzi do wystąpienia dużych wycieków tłoczywa i nieudanej hermetyzacji.

Jak już wspomniano wyżej, tłoczywo podczas procesu przetłaczania pokonuje następującą drogę: z cylindra przetłocznego przez otwór w górnej połowce formy dostaje się do kanałów doprowadzających i następnie poprzez przewężki - do gniazd formy. Dla właściwego przepływu tłoczywa w formie bardzo ważnymi elementami są odpowiednie kanały doprowadzające oraz przewężki. Wymiary kanałów doprowadzających i przewęzek są określone w funkcji własności reologicznych tłoczywa. I tak tłoczywa, które odznaczają się dobrymi własnościami przepływu, wymagają mniejszych kanałów i przewęzek niż tłoczywa o trudnym przepływie. Ważne są także wymiar i kształt zaprasowywanego elementu. Zbyt małe wymiary kanałów doprowadzających i przewęzek mogą powodować zestalenie się tłoczywa przed uzyskaniem zamierzonej gęstości w gnieździe formy. Przeciwnie, zbyt duże wymiary prowadzą do turbulencji /burzliwości/ przepływu tłoczywa, a to z kolei powoduje powstawanie porowatej powierzchni i pęcherzyków powietrza.

Na przykład w konstrukcji formy na 160 gniazd w czterech kanałach doprowadzających, kanały powinny mieć w przybliżeniu wymiary: 6,4 mm szerokości x 3,2 mm głębokości /rys. 1/. Długość kanałów doprowadzających zależy od ciśnienia

tłoka prasy i od rodzaju stosowanego tłoczywa, lecz w zasadzie nie powinna przekraczać 250 mm.

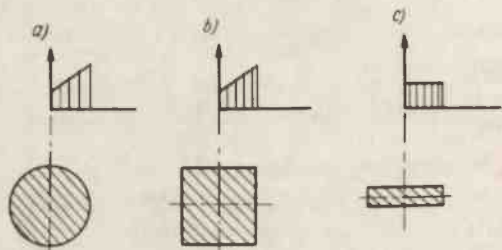
Tworzywo do pojedynczych gniazd dostaje się poprzez przewężki.



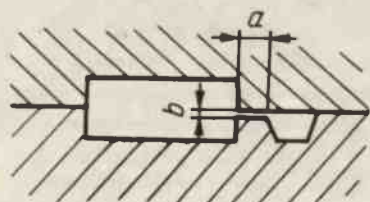
Rys. 1. Przekrój kanału doprowadzającego

Jak przedstawiono na rys. 2, wchodzi tu w grę trzy różnorodne rodzaje przekrojów przewęzek: kołowy, kwadratowy i prostokątny. Powyżej przekrojów przedstawiono rozkład temperatury w poszczególnych warstwach tłoczywa, dotyczący danego przekroju.

Rys. 2. Rozkład ciepła tłoczywa niskociśnieniowych dla różnych przekrojów wlewowych: a/ kołowy, b/ kwadratowy, c/ prostokątny



Najbardziej korzystna jest jednolita temperatura tłoczywa we wszystkich warstwach. Z rys. 2 wynika jednoznacznie, że prostokątny przekrój przewężki daje najbardziej równomierne rozłożenie ciepła. Osiąga się wtedy dodatkowe ujednorodnienie tłoczywa, co znacznie wpływa na końcowe właściwości zaprasowywanych elementów. Wymiary tego rodzaju przewęzek powinny być takie, jak pokazano na rys. 3.



Rys. 3. Przekrój gniazda formy wraz z kanałem doprowadzającym i przewężką

tłoczywa. Do tego celu w większości przypadków w zupełności wystarczające są luzy istniejące między poszczególnymi częściami formy. Jednak z powodu dużej płynności tłoczywa niskociśnieniowych, jak również ze względu na precyzyjność i delikat-

Wymiar "b" powinien wynosić na ogół około $0,2 \div 0,4$ mm, natomiast szerokość przewężki $50 \div 80\%$ efektywnej szerokości elementu hermetyzowanego. Odległość a pomiędzy kanałem doprowadzającym, a stroną czołową elementu powinna wynosić około $2 \div 4$ mm. Należy zwrócić uwagę na odpowiednie usytuowanie przewężki w stosunku do gniazda formy, aby wpływające tłoczywo nie uderzało całym ciśnieniem na delikatne elementy.

W celu zapewnienia optymalnego wypełnienia gniazda formy przez tłoczywo powietrze powinno mieć możliwość ujęcia podczas wpływania tam

ność obudów, poszczególne części formy muszą pasować nawzajem bardzo dokładnie /tolerancje 0,01/, gdyż w przeciwnym wypadku płynące tłoczywo dostaje się do każdej szczeliny, co może powodować trudności przy otwieraniu formy i wyjmowaniu zoprasowanych elementów. Może to także spowodować konieczność wykonywania dodatkowego gratowania. Dlatego też w takich przypadkach muszą być przewidziane kanały odpowietrzające. Dobrze dobrane kanały odpowietrzające warunkują również uniknięcie powstawania nieprawidłowej powierzchni obudów z występującymi pęcherzami powietrza.

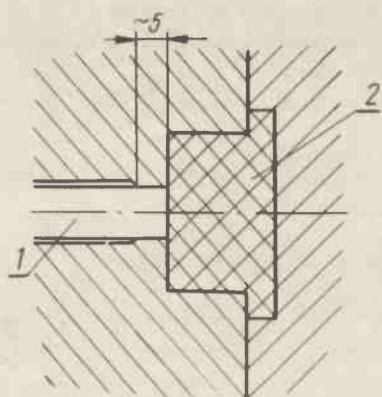
W tablicy przedstawiono przykładowo wymiary kanałów doprowadzających, odpowietrzających oraz wymiary przewęzek dla typowych niskociśnieniowych form przetłoczonych.

Tablica

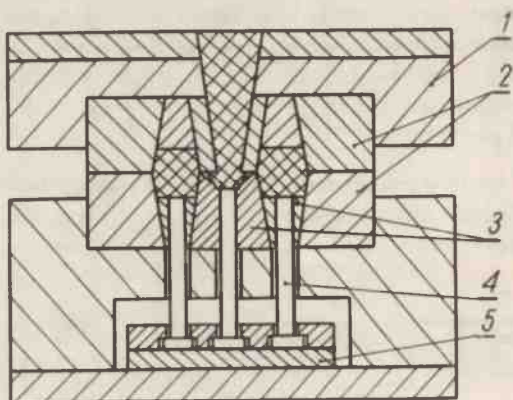
Rodzaj składnika	Głębokość kanału od-powietrza-jącego mm	Głębokość przewężki mm	głębokość mm	Kanał doprowadzający	
				szerokość mm	długość mm
wypełniacz mineralny	0,04	0,2 ÷ 0,25	3,2	4,76 ÷ 6,35	152,4 ÷ 203,2
wypełniacz włókno szklane	0,06	0,3 ÷ 0,45	3,2	4,76 ÷ 9,52	101,6 ÷ 152,4

Zadaniem układu wypychającego jest samoczynne usunięcie zapraski z gniazda formy. Uruchomienie układu wypychania odbywa się najczęściej drogą mechaniczną. W szczególnych przypadkach stosować można metodę pneumatyczną lub hydrauliczną. Przy mechanicznym napędzie uruchomienie wypychaczy następuje za pośrednictwem płyty wyrzutnikowej, która uderza w zderzak wyrzutnika zamocowanego na stałe w prasie. Wycofanie wypychaczy do położenia wyjściowego następuje przez nacisk sprężyny lub poprzez nacisk drugiej połowy formy na cofacze. Ten drugi sposób daje większą niezawodność pracy formy. W laboratoryjnych formach przeważnie nie stosuje się płyty wyrzutnikowej. Natomiast najczęściej formy takie konstruuje się w ten sposób, że wyrzutniki są uruchamiane po rozłożeniu formy na pomocniczej płycie wyrzutnikowej. Zwykle na zapraskę działa jeden wypychacz o dostatecznej powierzchni wypychania - zapobiegającej jej uszkodzeniu. Przy użyciu kilku wypychaczy na jedną wypraskę należy rozmieścić je tak, aby nastąpiło równomierne wypchnięcie detalu z formy. Przy stosowaniu wypychaczy, na powierzchni zapraski pozostają ślady, co należy uwzględnić przy wyborze sposobu wypychania. Najczęściej stosowane są wypychacze trzpieniowe-okrągłe. Wypychacze takie wykonywane są ze stali NC 6 lub NC 10 i hartowane na całej powierzchni pasowania /H7/g6/. Powierzchnię czołową wypychaczy powinno się chromować i polerować. Dość istotnym elementem formy - choć mniej precyzyjnym - jest płyta wyrzutnikowa. Przenosi ona obciążenie zginające i dlatego też powinna mieć odpowiednią grubość. Materiałem najczęściej stosowanym na płytę wyrzutnikową jest stal 45. Wypychacze nie powinny być prowadzone na dużej powierzchni. Na rys. 4 pokazano przykładowo długość prowadzenia wypychaczy.

Niekiedy stosuje się również wypychanie zapraski za pomocą stempla dolnego. Najczęściej rozwiązanie takie jest wygodne wtedy, gdy mamy do czynienia z bardzo małym elementem lub gdy niekorzystne byłoby zostawienie śladu po wypychaczu.



Rys. 4. Długość prowadzenia wypychacza: 1 - wypychacz, 2 - wypraska

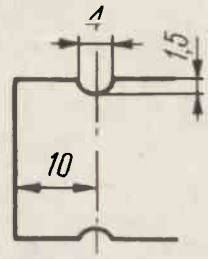


Rys. 5. Szkic typowej konstrukcji formy do prasowania przetłocznego: 1 - oprawa, 2 - płyty formujące, 3 - wkładki formujące, 4 - wypychacze, 5 - płyta wypychaczy

W większości przypadków mamy do czynienia ze skomplikowanym kształtem elementów hermetyzowanych. W celu uproszczenia wykonania formy stosuje się w takich przypadkach wkładki, które są wkomponowane i przymocowane do płyt formujących /patrz rys. 5/. Płyty formujące wraz z wkładkami wykonuje się z wysokogatunkowej stali narzędziowej /najczęściej NC 6 lub NC 10/ i hartuje się do około 60 HRC. Płyty formujące wraz z wkładkami obsadza się w oprawy, które zaleca się wykonywać ze stali do ulepszania cieplnego, np. 55. Dla ułatwienia wyrzucania zaprask z gniazda na powierzchniach formujących należy stosować pochYLENIA około 2%. Ponieważ większość tłoczyw charakteryzuje się dobrą przyczepnością do metalu, w szczególności tłoczywa epoksydowe, gniazda i kanały formy powinny być chromowane i polerowane.

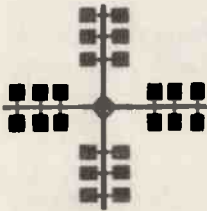
Jednym z warunków prawidłowej pracy formy przetłocznej jest wyposażenie jej w elementy zapewniające współosiowe ustawienie dwóch połówki formy. Takimi właśnie elementami ustalającymi są kołki ustalające /stopy prowadzące/. Kołki ustalające poza ustalaniem połówki formy mają za zadanie również ich prowadzenie podczas zamykania. Powinny one odznaczać się dużą sztywnością i wytrzymałością, aby wzajemne przesunięcie połówki formy w wyniku sprężystych odkształceń nie przekroczyło dopuszczalnej wartości. W małych formach wystarczą dwa kołki ustalające, w większych natomiast konieczne jest zastosowanie trzech lub czterech kołków ustalających. Umieszcza się je w tej połówce formy, w której nie będą przeszkadzały w usuwaniu wypraski /najczęściej w górnej połówce formy/. Kołki wykonuje się przeważnie ze stali do nawęglania, nadając im twardość około 60 HRC; przy formach ręcznych ze stali narzędziowych - np. NC 10. Aby zapobiec ewentualnemu złemu złożeniu połówki form w przypadku dwóch kołków ustalających, jeden z kołków powinien różnić się średnicą lub położeniem od drugiego.

W tłoku przetłocznym powinien być wytoczony rowek na wysokości około 10 mm od powierzchni czołowej, o głębokości ok. 1,5 mm. /rys. 6/. Zapobiega to zacieraniu się tłoka, a dostające się tam tłoczywo działa jak pierścień uszczelniający. Przy obecnej technice formowania przetłocznego zaprasowuje się nie pojedyncze elementy wkładane w gniazda formy, ale całe paski montażowe, które dopiero po zaprasowaniu rozcina się na wykrojnik na pojedyncze elementy. Pasek montażowy umożliwia sztywne i łatwe zamocowanie w formie jednorazowo dużej ilości elementów, bez dodatkowych przyrządów mocujących. Usytuowanie paszków montażowych w formie może być różne, w zależności od wielkości produkcji oraz od wielkości i rodzaju elementu zaprasowywanego. Najczęściej spotykane usytuowania przedstawiono na rys. 7 i 8.

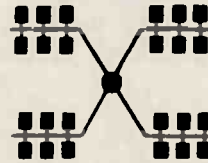


Rys. 6. Przekrój rowka w tłoku

Należy pamiętać, że zbyt małe kanały doprowadzające, odpowietrzające, jak również mniejsze wymiary przewęzek mogą być zawsze powiększone, natomiast zbyt duże - wymagają bardzo kosztownych poprawek, a niejednokrotnie powodują konieczność wykonania nowej formy.



Rys. 7. Typowe rozmieszczenie kanałów doprowadzających i gniazd w formie - forma "krzyżowa"



Rys. 8. Typowe rozmieszczenie kanałów doprowadzających i gniazd w formie - forma "pająkowa"

Metodą niskociśnieniowego prasowania przetłocznego zaprasowuje się obecnie między innymi:

- diody,
- diody świecące,
- układy scalone,
- obudowy do układów hybrydowych,
- tranzystory,
- cewki,
- przekaźniki,
- oporniki,
- kondensatory,
- łączniki.

Odpowiedni dobór tłoczywa w połączeniu z dobrze skonstruowaną i wykonaną formą produkcyjną spowodował, że obecnie metoda niskociśnieniowego prasowania przetłocznego stała się metodą najbardziej ekonomiczną w procesie hermetyzacji elementów elektronicznych i przyrządów elektronowych.