

## Tłoczywa niskociśnieniowe w metodzie prasowania przetłocznego

Tłoczywa niskociśnieniowe były i są potrzebne głównie dla przemysłu elektronicznego do hermetyzacji takich elementów jak diody, tranzystory i układy scalone. Dlatego rozwój tych tłoczyw przebiegał równoległe z rozwojem elektroniki. Pierwsze tłoczywa niskociśnieniowe - na bazie żywic epoksydowych - zostały wyprodukowane w 1958 roku w Stanach Zjednoczonych. Od tamtej pory kilka firm europejskich rozpoczęło intensywne badania uwieńczone pewnymi rezultatami dopiero w 1965 roku.

Znane dawniej tłoczywa konwencjonalne wymagały ciśnień rzędu około  $400 \text{ kg/cm}^2$  /  $\sim 39.000 \text{ kN/m}^2$  / i głównie z tego względu nie mogły być użyte do zabezpieczania /hermetyzacji/ delikatnych elementów elektronicznych. Szukano więc takich tworzyw, które dawałyby się stosować przy użyciu niskich ciśnień. Tworzywa termoplastyczne nie mogły wchodzić w rachubę ze względu na zbyt małą odporność na temperaturę. Natomiast opracowane tłoczywa niskociśnieniowe dające się przetwarzać metodą prasowania przetłocznego zostały uznane za najbardziej odpowiednie do tego celu. Ciśnienie potrzebne do ich przerobu waha się odpowiednio w granicach  $1,5 - 70 \text{ kg/cm}^2$  /  $\sim 147 - 6864 \text{ kN/m}^2$  / a dla większości typów wynosi  $5-20 \text{ kg/cm}^2$  /  $\sim 490 - 1960 \text{ kN/m}^2$  /.

Początkowo wadą tych tłoczyw był krótki ich "czas życia" wynoszący zaledwie kilka dni. Od kiedy jednak czas ten udało się przedłużyć do kilku miesięcy, tłoczywa niskociśnieniowe zostały na dobre wprowadzone przez wszystkie wielkie firmy zajmujące się masową produkcją przyrządów półprzewodnikowych. Obecnie znane są tłoczywa niskociśnieniowe wytwarzane na bazie żywic fenolowych, allilowych, epoksydowych i silikonowych, spośród których największe zastosowanie mają jednak tłoczywa epoksydowe i silikonowe.

Pod względem chemicznym tłoczywa niskociśnieniowe są mieszkankami odpowiednich typów żywic syntetycznych, utwardzaczy, napełniaczy, pigmentów, stabilizatorów, środków antyadhezyjnych i ewentualnie innych substancji dodawanych w miarę potrzeby. Postacią handlową są najczęściej proszki o nieregularnym rozdrobnieniu produkowane w kilku kolorach.

Właściwości elektryczne i odpornościowe tych tłoczyw po sprasowaniu są bardzo dobre. W zależności od typu tłoczywa i temperatury składowania, "czas życia" /czas magazynowania/ większości tłoczyw niskociśnieniowych wynosi 1 - 6 miesięcy. Skurcz prasowniczy  $0,2 - 0,7\%$ . Chłonność wody ok.  $0,1\%$ .

W tablicy 1 podano ważniejsze właściwości niektórych wybranych typów tłoczyw niskociśnieniowych. /Dane z prospektów firmowych/.

WAZNIEJSZE WŁASNOŚCI NIEKTORYCH TYPÓW TŁOCZYW NISKOCISNIEŃIOWYCH<sup>x/</sup>

Nazwa tłoczywa	Hysol Division			Ciba	Emerson and Cuming Inc			Dow Corning		Rhône Poulenc
	MH11-R217	MG6	MH6		LBM1248	ECCOMOLD ACR-1375	ECCOMOLD 1099	ECCOMOLD 66A	306	
Postać	ziarnista epoksydowa	ziarnista epoksydowa mineralny	ziarnista epoksydowa mineralny	ziarnista epoksydowa	ziarnista epoksydowa mineralny	ziarnista epoksydowa szklane mikrobalony	ziarnista epoksydowa mineralny	ziarnista silikonowa	ziarnista silikonowa	ziarnista silikonowa
Typ żywicy								krótkie włókna szklane	krótkie włókna szklane	włókno szklane
Napełniacz										
Ciężar właściwy	2,00	1,95	1,95	1,85	1,90	1,90	2,00	2,00	2,00	1,90
Udarność z karbem wg Izoda ft-Lb/in	0,38	0,42	0,41					0,3	0,25	1,6 kg/mm
Plastyczność prasownicza metodą spirali cm	21-29 53,3-73,6 0,3	17-23 43,2-59,4 0,4	17-23 43,2-59,4 0,4	21-29 53,3-73,6 0,6	21-29 63,3-73,6 0,5	25-35 63,5-88,9 0,8	50-35 127-165 0,3	17-23 43,2-59,4 0,3	24-32 60,7-81,3 0,45	34-45 86,4-114 0,7
Skurcz prasowania %										
Absorpcja wody po 24 h zanurzenia	0,06	0,04	0,034	0,03				0,09	0,1	0,09
Temperatura odkształcenia cieplnego °C	210	108	108							250
Rozszerzalność cieplna in/in °C x 10 <sup>-5</sup>	2,33	5,9	6,3		3,1		1,95	2,2	3,15	
Przewodnictwo cieplne cal/sec °C cm x 10 <sup>-4</sup>	18,6	11,72	11,72	15,2						13
Oporność skrętna oncm x 10 <sup>14</sup>	1,12 x 10	1,3	1,4	1 x 10	1,2 x 10	1 x 10	1 x 10	2	1	6 x 10
Temperatura prasowania	138-177	127-177	127-177	160-190	148-165	110-171	121-171	150-180	160-180	125-165
Ciśnienie przetłaczne kG/cm	7-140	3,5-7,0	3,5-7,0	20-50	14-70	14-35	7-70	28	28	25-100
Czas prasowania sec	90-120	120-180	120-180					60-300	60-180	60-300
Okres magazynowania temp. 20°C - miesiąc	4	4	6	6	5	4	6	6	6	6

<sup>x/</sup> Dane zaczerpnięte z prospektów

# PODSTAWOWE WYMAGANIA STAWIANE TŁOCZYWOM NISKOCIŚNIENIOWYM PRZED I PODCZAS PRASOWANIA

## Lepkość

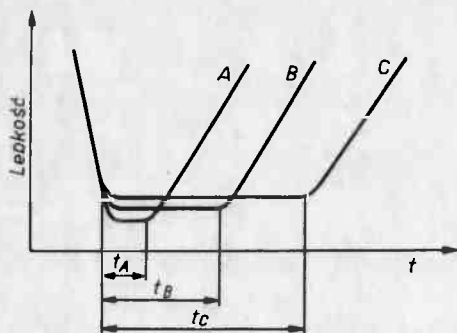
Podczas procesu hermetyzowania elementów półprzewodnikowych niezbędna jest niska lepkość tłoczywa, ponieważ ciśnienie prasowania przetłocznego powinno być wtedy nastawione na minimum tak, aby delikatne połączenia drutowe i bardzo czułe części półprzewodnika nie zostały uszkodzone podczas przetłaczania tłoczywa w gniazda formy. Tłoczywa niskociśnieniowe o zbyt wysokiej lepkości spowodowanej np. dużą zawartością napełniacza wymagają wyższego ciśnienia prasowania, co może w konsekwencji prowadzić do uszkodzenia bardzo wrażliwych elementów, jak również powoduje dużo szybsze zużycie się formy.

W większości przypadków do określenia plastyczności prasowniczej związanej z lepkością tłoczywa posługujemy się tzw. metodą "spirali" określoną EMMI 1-66. Metoda ta polega na tym, że w znormalizowanych warunkach /temp.  $149 \pm 3^{\circ}\text{C}$ , ciśnienie  $72 \text{ kG/cm}^2$  /,  $7056 \text{ kN/m}^2$ / przetłaczamy tłoczywo do formy, która posiada kanały spiralne. Tłoczywo osiąga wtedy odpowiednią dla swojej płynności długość. Bardziej płynne tłoczywo będzie posiadało większą długość spirali od mniej płynnego. W tabelicy 1 jedna z pozycji podaje wartości plastyczności prasowniczej tłoczyw według metody spirali.

## Czas trwania plastyczności

Z przyczyn ekonomicznych konstruuje się formy posiadające nawet kilkaset gniazd. Wtedy w procesie hermetyzacji metodą przetłoczną hermetyzuje się jednorazowo dużą ilość elementów, zwiększając poważnie wydajność.

W takim wypadku bardzo ważne jest, aby tłoczywo miało dużą plastyczność prasowniczą /dużą płynność - a małą lepkość/ tak, aby w krótkim czasie mogło dopłynąć kanałami i dokładnie wypełnić wszystkie gniazda formy. Inaczej nie zdoła przebyć potrzebnej drogi przed utwardzeniem /rys. 2, tłoczywo A/.



Rys. 2. Lepkość i czas trwania płynięcia tłoczyw niskociśnieniowych  
A - tłoczywo o krótkim czasie płynięcia, B - tłoczywo o średnim czasie płynięcia, C - tłoczywo o długim czasie płynięcia

Można co prawda spróbować poprzez zwiększoną szybkość przesuwu tłoka tak wysterować czas przetłaczania, aby podczas stadium niskolepkiego - przed początkiem twardnienia - dostała się do formy wystarczająca ilość tłoczywa, jednak przy zwiększonej szybkości przetłaczania występuje niebezpieczeństwo powstawania wad, np. tworzenie się pęcherzy powietrznych w obudowie. Dlatego jest rzeczą ważną aby tłoczywo podczas przetłaczania miało możliwie stałą lepkość podczas dłuższego odcinka czasowego /rysunek 2, odcinek  $t_B$ , tłoczywo B/. Tym samym tłoczywo dostaje się wtedy do gniazd formy ze stałą prędkością, co przenosi w konsekwencji optymalną jednolitość tłoczywa również po utwardzeniu.

Jeżeli lepkość tłoczywa została odpowiednio dobrana, a odcinek czasowy, podczas którego utrzymuje się ta lepkość, jest

zbyt duży /rysunek 2, odcinek  $t_C$ , tłoczywo C/, to stan taki jest szkodliwy, ponieważ tłoczywo po wypełnieniu gniazd ma tendencję do wypływania wzdłuż wyprowadzeń lub poprzez nieszczelne miejsca w samej formie.

### Zdolność wyjmowania z formy

Poza własnościami tłoczywa w zakresie płynięcia, istotne są również wymagania dotyczące wyjmowania zapraszek z formy i odpowiedniej twardości tłoczywa. Także te własności mogą ulegać wpływowi różnych czynników. Forma powinna w każdym wypadku posiadać powierzchnię chromowaną i polerowaną.

Duży skurcz tłoczywa ułatwia wyjmowanie detali z formy; istnieje jednak wtedy olbrzymie niebezpieczeństwo, że na skutek nadmiernego skurczu delikatne części półprzewodnika /złącza, druty/ ulegną zniszczeniu; dlatego też czynnik ten nie może być brany pod uwagę.

Wysoka zawartość materiału antyadhezyjnego w tłoczywie mogłaby co prawda ułatwić wyjmowanie z formy, jednak przez to osłabiona zostałaby przyczepność tłoczywa do paska ażuru tak dalece, że przez te nieszczelności przedostawałaby się wilgoć wewnątrz obudowy - wzdłuż wyprowadzeń.

Ważną rolę przy wyjmowaniu z formy zaprasowanych detali odgrywa twardość i sztywność tłoczywa. Jeżeli mianowicie tłoczywo pozostaje za miękkie, wówczas istnieje niebezpieczeństwo wciśnięcia się wyrzutnika w tłoczywo. Z drugiej strony zbyt duża twardość tłoczywa powoduje jego kruchość. Czynniki te zależne są od zastosowanego systemu żywica - utwardzacz, a z drugiej strony - od napętniacza i ewentualnie zmiękczacza.

Do wyżej wymienionych czynników, które wpływają na zdolność wyjmowania elementów z formy, należy również dodać odpowiednie skonstruowanie formy. Bardzo istotne jest np. zaprojektowanie pochyleń w kanałach doprowadzających i w gniazdach formy. W przypadku niewykonania takich pochyleń wyjęcie zaprasowanych elementów wraz z tłoczywem utwardzonym w kanałach doprowadzających i przewężkach stałoby się niemożliwe.

## WŁASNOŚCI TŁOCZYWA PO SPRASOWANIU

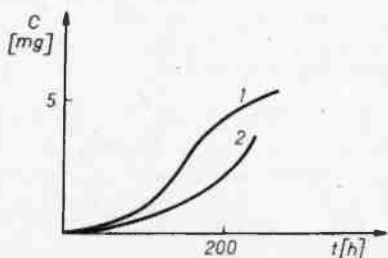
### Odporność na wilgoć

Do ważniejszych własności tłoczyw niskociśnieniowych zalicza się ich odporność na wilgoć. Własności te poprawiają się w istotny sposób po wtórnym utwardzeniu tłoczywa.

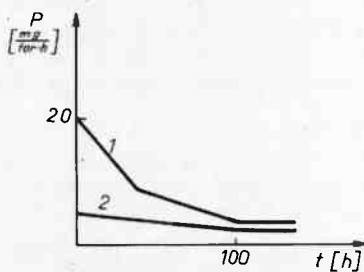
Na rys. 3 i 4 pokazano przykładowo wykresy absorpcji wilgoci C oraz przenikalność P w funkcji czasu dla tłoczywa epoksydowego przed i po wtórnym utwardzeniu.

Poza wpływem wtórnego utwardzenia na absorpcję i przenikalność wilgoci dużą rolę odgrywa także temperatura prasowania. Zasada jest taka, że wraz ze wzrostem temperatury następuje zmniejszenie absorpcji. Aby móc w możliwie krótkim czasie określić, czy dobór tłoczywa pod względem odporności na wilgoć jest prawidłowy, można przeprowadzić kilka badań. Na przykład odpowiednie próbki trzyma się w zimnej wodzie przez okres 24 godzin. Przyrost wagi określa nam absorpcję wody przez tłoczywo.

Przeprowadza się także test gotowania. Test ten pozwala na konkluzje dotyczące zachowania się w dłuższym odcinku czasowym elementów półprzewodnikowych zapro-  
sowanych hermetycznie w podwyższonej temperaturze.



Rys. 3. Absorpcja wilgoci  $C$  w funkcji czasu: 1 - dla nieutwardzonego wtórnie tłoczywa epoksydowego, 2 - dla utwardzonego wtórnie tłoczywa epoksydowego



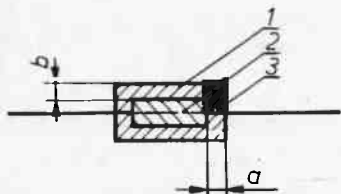
Rys. 4. Przenikalność wilgoci  $P$  w funkcji czasu: 1 - dla nieutwardzonego wtórnie tłoczywa epoksydowego, 2 - dla utwardzonego wtórnie tłoczywa epoksydowego

### Odporność na temperaturę

Elementy elektroniczne narażone są często na duże odchylenia temperaturowe, które mogą wahać się od 223 K do 423 K. W tych temperaturach własności obudowy z tworzywa sztucznego nie powinny ulegać poważniejszym zmianom mogącym pogorszyć hermetyzację elementów. Odporność na temperaturę zależy głównie od chemicznej budowy tłoczywa i od zastosowanego napełniacza.

### Rozszerzalność

Przy ekstremalnych wymaganiach temperaturowych współczynnik rozszerzalności tłoczywa ma decydujący wpływ na hermetyzowane elementy. Jeżeli współczynnik rozszerzalności tłoczywa jest zbyt duży, istnieje niebezpieczeństwo odrywania się obudowy od elementu hermetyzowanego, co powoduje z kolei niebezpieczeństwo podwyższonej przepuszczalności wilgoci wzdłuż wyprowadzeń. Dlatego należy tak dobrać tłoczywo, aby wyrównać wewnętrzne naprężenia wywołane różnymi współczynnikami rozszerzalności tłoczywa i elementu obudowywanego.



Rys. 5. Obudowa z tworzywa sztucznego przyrządu elektronicznego 1 - obudowa tworzywowa 2 - zaprasowywany element, 3 - wyprowadzenia

Rysunek 5 przedstawia schemat elementu półprzewodnikowego w obudowie z tłoczywa niskociśnieniowego. Jak widać, dyfuzja wody w przypadku grubości warstwy obudowy "b", z drugiej od współczynnika dyfuzji wody w tłoczywie. Dyfuzja w przypadku "a", zależy przede wszystkim od przyczepności tłoczywa niskociśnieniowego do wyprowadzeń.

## Skurcz

Tłoczywa niskociśnieniowe, szczególnie epoksydowe, mają bardzo mały skurcz. W 24 godziny po wyjęciu z formy i utwardzeniu się tłoczywa skurcz przestaje właściwie odgrywać rolę. Od tego momentu tłoczywa mają praktycznie stabilność wymiarów. Projektując formę należy oczywiście uwzględnić skurcz tłoczywa tak, ażeby w końcowym elemencie zoprasowanym i dotwardzonym wymiary były zgodne z wymaganiami stawianymi danemu elementowi.

W tablicy 2 podany jest wpływ wygrzewania na skurcz tłoczyw.

Tablica 2

### WPLYW WYGRZEWANIA NA SKURCZ TŁOCZYW /W PROCENTACH/

Rodzaj tłoczywa	Skurcz przy przetłaczaniu		Zmiany w końcowym elemencie po 1000 h
	po wyjęciu z formy	po 2 h w 250°C	
Tłoczywa niskociśnieniowe epoksydowe	0,03-0,6	0,09	0,017
Tłoczywa niskociśnieniowe silikonowe	0,06-0,7	0,1	0,015

## Przewodnictwo ciepłe

Elementy elektroniczne podczas pracy wydzielają pewną ilość ciepła, które powinno być możliwie szybko odprowadzone. Dlatego też od tłoczywa przeznaczonego na obudowy wymaga się dobrego przewodnictwa cieplnego. Ma to znaczenie szczególnie przy pewnych typach diod, tranzystorów i układów scalonych.

## ZAKOŃCZENIE

Rozwój i produkcja przyrządów elektronicznych osiągnęły obecnie na świecie niebywałą dynamikę. Olbrymnia większość elementów półprzewodnikowych przeznaczonych do powszechnego użytku jest produkowana w obudowach z tworzyw sztucznych - z tłoczyw niskociśnieniowych - metodą prasowania przetłocznego. Tłoczywa te można również używać przy produkcji takich wyrobów, jak tyrystory, rezystory, układy hybrydowe, kondensatory, przekaźniki, dławiki, cewki itp. Należy jednak każdorazowo pamiętać, że zanim przystąpi się do stosowania tłoczywa przy konkretnej produkcji, trzeba wziąć pod uwagę kilka podstawowych czynników tak, aby wybrać najodpowiedniejsze spośród tłoczyw niskociśnieniowych. W tym celu powinno się zrobić prototypową formę, przeprowadzić próby z wytypowanym tłoczywem, określić parametry przetwórcze i przebadać wykonane elementy.