

**PORADNIK DLA PRZETWÓRCÓW ŻYWIC**

# Najczęstsze błędy, środki zaradcze

## Rodzaje i charakterystyka żywic

Rozważając zachowanie się tworzywa w podwyższonych temperaturach można dokonać ich wstępnego podziału na dwie grupy: termoplasty (tzn. tworzywa mające trwałą zdolność przechodzenia w stan plastyczny w podwyższonej temperaturze, a ztwardnienia po ostudzeniu, zachowujące kształt nadany im podczas ogrzania); i duroplasty (tworzywa, które pod wpływem odpowiednio wysokiej temperatury albo odczynników chemicznych ulegają usieciowaniu i stają się tworzywami nietopliwymi i nierozpuszczalnymi), które z kolei dzielimy na tworzywa termo- i chemoutwardzalne. Żywice należą do grupy tworzyw chemoutwardzalnych, co oznacza, że proces ich utwardzania wymaga dodatku do zasadniczego składnika wielkocząsteczkowego substancji chemicznej zwanej utwardzaczem. I tak np. utwardzaczem do tworzyw epoksydowych są dwukarboksylowe kwasy organiczne, bądź ich bezwodniki – w przypadku utwardzania „na gorąco” lub aminy - w procesie utwardzania „na zimno”.

W tabeli 1 przedstawiona jest klasyfikacja chemiczna żywic oraz ich charakterystyka.

## Przetwarzanie – porady praktyczne

Aby zagwarantować odpowiednią jakość produktów, podczas utwardzania żywic należy uważnie śledzić wszystkie parametry procesu oraz starannie wykonywać wszystkie wymagane czynności, ponieważ drobne pomyłki lub brak staranności mogą prowadzić do dużych wad gotowych wyrobów. Istotnymi parametrami utwardzania są na przykład odpowiednie wymieszanie komponentów, czas utwardzania, właściwy dobór temperatury, dobranie odpowiedniej żywicy do produkowanego detalu i wiele innych.

Przy pracy z żywicami należy zwrócić szczególną uwagę na następujące elementy:

- dokładne wymieszanie- homogenizacja każdego ze składników
- dokładne wagowe dobranie proporcji
- dokładne wymieszanie komponentów ze sobą (najlepiej w temperaturze 40-60 °C)



- odpowietrzenie lub odczekanie do momentu aż z mieszaniny przestaną uchodzić pęcherzyki powietrza
- zalewanie od najniższego punktu formy
- unikanie wilgoci, zalewane elementy powinny być o 20°C cieplejsze od otoczenia
- dolewanie wierzchniej warstwy
- dodawanie dodatków do żywicy, a nie do mieszanki (chyba, że żywica ma długi czas życia)

Najczęstsze przyczyny popełnianych błędów:

- przy mieszaniu objętościowym – błąd paralaksy, oko widzi inaczej ciemne i jasne barwy
- wilgoć – zimne elementy, na których skrapla się rosa lub para wodna z rozdzielnika na bazie wodnej (emulsji)
- niedomknięte pojemniki – pochłanianie wilgoci przez komponenty lub reakcja z tlenem
- sedymentacja – np. wskutek przebywania żywicy na słońcu
- trudności z interpretacją jednostek pomiarowych – np. odporność termiczna może być definiowana jako temperatura zeszklenia, indeks temperaturowy, temperatura ugięcia lub temperatura rozkładu; np. ta sama żywica może posiadać temperaturę zeszklenia 80 °C, indeks temperaturowy 150 °C, temperaturę ugięcia 100 °C, a rozkład termiczny 350 °C

## Jak walczyć z błędami w procesie przetwórstwa?

W tabeli 2 przedstawione są błędy najczęściej popełniane w procesie przetwórstwa, identyfikacja ich przyczyn oraz środki zapobiegawcze, które należy przedsięwziąć, aby uniknąć tych nieprawidłowości,

Tabela 1

Rodzaj żywicy	Cechy charakterystyczne
Żywice epoksydowe bazowe	Duży skurcz, duża zawartość chloru, wysoka odporność na płynięcie na zimno, niewielka ilość żywic do wyboru.
Żywice epoksydowe modyfikowane	Dobre właściwości odprowadzania ciepła, bardzo dobre właściwości elektroizolacyjne, duża kompatybilność z metalami.
Żywice poliuretanowe bazowe	Pęcznienie pod wpływem wilgoci, niska cena, słaba odporność na temperaturę, promieniowanie nadfioletowe, wilgoć, drobnoustroje.
Żywice poliuretanowe modyfikowane	Płynięcie na zimno, dobra przyczepność do termoplastów, mała wytrzymałość mechaniczna w wysokich temperaturach
Żywice akrylowe	Duży skurcz, skurcz wtórny, kruszenie w podwyższonej temperaturze, bardzo dobra przyczepność do podłoża
Żywice silikonowe	Wysoka odporność termiczna, słaba adhezja do podłoża; żywice podstawowe działają niszcząco na elementy miedziane, żywice specjalne są drogie.
Epoksydy termoutwardzalne	Niska rozszerzalność cieplna, dobre właściwości impregnacyjne, nadają się na duże odlewy,
Żywice fenolowe	Bardzo wysoka odporność termiczna, wymagane hartowanie na gorąco, konieczność odprowadzania produktów kondensacji
Żywice poliestrowe	Wydzielanie styrenu podczas utwardzania, duży skurcz, niska cena
Żywice aminowe, melaminowe, allilowe, mocznikowe	Wymagane hartowanie na gorąco, w wyniku utwardzania powstają produkty kondensacji.

Tabela 2

Błąd	Identyfikacja przyczyny	Sposoby zapobiegania
Miękka masa epoksydowa	Złe proporcje, stary utwardzacz, nie wymieszana żywica w hoboku	Starannie przygotować mieszankę, wykonać ślepą próbę
Lepka powierzchnia elementów z żywicy epoksydowej	Żywica wilgotna, za duża wilgotność powietrza, stary utwardzacz, złe wymieszanie	Pamiętać o stopniu wilgotności powietrza w pomieszczeniu oraz o czasie utwardzania odpowiednim dla danej mieszanki
Dziury jak „po kornikach”, lepkie smugi na elementach z żywicy epoksydowej	Zbyt słabe wymieszanie żywic z utwardzaczem, wylewanie resztek z pojemnika po mieszaniu, skurcz	Obniżyć temperaturę utwardzania, zwiększyć ilość wypełniaczy, po utwardzaniu chłodzić bardzo powoli, przeprojektować wyrób w taki sposób, aby nie miał grubych ścian, nie wylewać mieszanki z dna zbiornika
Odklejanie żywicy epoksydowej od ścianek	Zły materiał obudowy np. PP, PE, PTFE, zanieczyszczona powierzchnia	Wybrać inny materiał: ABS, PS lub aktywować powierzchnię
Żywica epoksydowa nie dopływa do części formy, za gęsta żywica	Zbyt późne zalanie po wymieszaniu, za niska temperatura	Podgrzać zalewany element, zastosować mieszankę o dłuższym czasie życia
Duży skurcz elementu z żywicy epoksydowej	Za wysoka temperatura utwardzania, za duża objętość	Odlewać warstwami
Miękka masa poliuretanowa	Złe proporcje -za dużo żywicy, za krótki czas utwardzania, złe proporcje	Dbać o prawidłowe proporcje wymieszania, i odpowiedni czas utwardzania
Masa z żywicy poliuretanowej spęczniała	Obecność wilgoci, za dużo utwardzacza (np. żywica z dna)	Wykonać ślepą próbę, podgrzać element przed zalaniem
Szklista powierzchnia elementu wykonanego z żywicy poliuretanowej	Za dużo utwardzacza	Dozować komponenty zgodnie z proporcjami wagowymi, nie wygrzebywać resztek z dna zbiornika
Kruchość elementu wykonanego z żywicy poliuretanowej	Za dużo utwardzacza, za niska lub za wysoka temperatura utwardzania	Przestrzegać właściwego czasu i temperatury utwardzania.
Utwardzony element topi się pod wpływem wysokiej temperatury	Za krótki czas utwardzania lub utwardzanie w zbyt niskiej temperaturze, proporcje składników nie były właściwe, nie nastąpiło pełne sieciowanie	Należy hartować wyrób w temperaturze o 10 °C niższej od temperatury roboczej.

natomiast w tabeli 3 opisane są objawy najczęstszych błędów.

## Kontrola prawidłowości utwardzania

Podczas procesu utwardzania wytwarzane elementy należy poddawać dokładnej kontroli, gdyż ewentualne nieprawidłowości mogłyby przyczynić się do wyprodukowania wadliwej serii elementów, co z kolei mogłoby spowodować straty dla zakładu.

Znanych jest kilka różnych metod kontroli utwardzania. Poniżej przedstawiamy najważniejsze z nich.

### 1. Metoda DSC (najlepsza, najdroższa i najbardziej precyzyjna metoda kontroli)

Próbki utwardzonego materiału umieszcza się w komorze badawczej



Tabela 3

Błędy popełniane przy przetwórstwie żywic	Obserwowane objawy
Niewłaściwy dobór materiałów	Lepka powierzchnia, pęknięcia odlewu, skurcz, mała wytrzymałość termiczna, brak odporności na pękanie
Wilgotne składniki	Zbyt niskie Tg (temperatura zeszklenia), powstawanie pęcherzyków powietrza, miękkie odlewy, pęcznienie
Złe proporcje wymieszania	Niskie Tg, miękkie odlewy, lepka powierzchnia, szklista powierzchnia i płynne wnętrza, pęknięcia, niska odporność termiczna, wyrób łatwo ulega erozji, brak odporności na rozpuszczalniki
Niedokładne wymieszanie	Wypływanie niewymieszanego materiału, miękkie części odlewu, pękanie na powierzchni, słaba odporność na erozję i wysoką temperaturę.
Zbyt niska temperatura utwardzania/ za krótki czas utwardzania	Za niskie Tg, kruchy odlew, wypływ nieutwardzonej żywicy, obecność miękkich części w odlewie, lepka powierzchnia
Zły projekt odlewu	Pękanie na powierzchni, duży skurcz, pęknięcia na wtopach, rysy i dziury jak „po kornikach”

i bada ich zachowanie pod wpływem zmian temperatury. W trakcie tej próby można określić Tg – temperaturę zeszklenia materiału. Jeśli jest ona niższa od założonej, oznacza to często nadmiar jednego ze składników lub zawartość wilgoci. Jeżeli kształt krzywej zmienia się, to znaczy krzywa „opada” przy kilkakrotnym wykonaniu pomiaru, żywica nie została prawidłowo hartowana.

### 2. Gel Timer

Przy użyciu tego urządzenia dokonuje się pomiaru czasu jaki upłynął do momentu stwardnienia. Jest to metoda tania. Jeśli czas utwardzania różni się znacznie od typowego, zwykle oznacza to, iż zachowano złe proporcje lub też, że żywica lub utwardzacz są zbyt stare. Metoda ta sto-

sowana jest do oceny przydatności żywicy do użytku lub do prowadzenia równoległego pomiaru w celu sporządzenia dokumentacji każdej zalewanej partii produkcyjnej

### 3. Hot plate

Powyższa metoda polega na umieszczeniu sporządzonej mieszaniny na gorącej płycie (120-150°C) a następnie sprawdzaniu w odstępach co kilka minut czy następuje żelowanie. Jest to najprostsza metoda kontroli, która pozwala na sprawdzenie, czy w procesie mieszania żywicy nie popełniono jakiegoś błędu (wtedy żywica nie ulegnie utwardzeniu)

Mgr inż. Aleksandra Karpińska  
Mgr inż. Jacek Karpiński