

**POLITECHNIKA WARSZAWSKA**  
**WYDZIAŁ ELEKTRYCZNY**

**PRACOWNIA MATERIAŁOZNAWSTWA**  
**ELEKTROTECHNICZNEGO KWNiAE**

**ĆWICZENIE 9**

**IDENTYFIKACJA TWORZYW SZTUCZNYCH**

## 1. Charakterystyka głównych tworzyw sztucznych

Oprócz metali i ceramiki do budowy maszyn i urządzeń stosowane są tworzywa sztuczne, które w większości zastąpiły tworzywa pochodzenia naturalnego. Tworzywa te charakteryzują się lepszymi parametrami i niższą ceną. Podstawowe własności tworzyw sztucznych to:

- odporność na korozję i działanie substancji agresywnych,
- niewielki ciężar właściwy,
- niewielki moduł sprężystości  $\epsilon$ ,
- kruchość w niskich temperaturach,
- łatwość przetwarzania i kształtowania.

Z punktu widzenia zachowania się tych materiałów podczas przerobu i kształtowania wyróżniamy:

- **Termoplasty** – mięknią w podwyższonych temperaturach i dają się łatwo kształtować, a po ochłodzeniu twardnieją i zachowują nadany kształt.
- **Duroplasty** – pod działaniem temperatury lub czynników chemicznych nieodwracalnie twardnieją i zachowują nadany kształt. Po ponownym nagraniu ulegają chemicznemu rozkładowi.
- **Elastomery** – mają własności zbliżone do naturalnego kauczuku, łatwo się odkształcają, a po usunięciu siły powracają do pierwotnego kształtu, dają się wulkanizować.

### Termoplasty

Cechą charakterystyczną tych materiałów jest to, że ich molekuly tworzą leżące obok siebie łańcuchy. Jest to przyczyną ich zdolności do odkształcania się (lepkiego płynięcia) pod wpływem podwyższonej temperatury i twardnienia przy jej obniżaniu. W temperaturach ujemnych stają się kruche. Ich budowa nosi cechy amorficzności lub krystaliczności. Obecność krystalitów podwyższa własności wytrzymałościowe i cieplne.

**Polietylen (PE)** – jest termoplastem o prostej budowie cząsteczkowej. Zależnie od metody polimeryzacji etylenu otrzymujemy polietylen o niskiej gęstości  $\leq 925$  kg/m<sup>3</sup> (LDPE), lub polietylen o dużej gęstości 940-965 kg/m<sup>3</sup> (HDPE). Obie odmiany mają dobre właściwości konstrukcyjne i dielektryczne. Wraz ze wzrostem gęstości polietylenu rośnie jego stopień krystaliczności, a zatem twardość, wytrzymałość i moduł sprężystości. Własności te maleją wraz ze wzrostem temperatury pomiędzy 50-100°C. Polietylen jest odporny na działanie wody, soli i roztworów kwasów i zasad. Atakują go tylko stężone kwasy.

**Polipropylen (PP)** – jest twardy i dobrze zachowuje swój kształt, co ma związek z wysokim stopniem jego skryształizowania (60%). Ma większą odporność na temperaturę niż PE. Jest gładki i obojętny biologicznie.

**Polistyren (PS)** – jest tworzywem nadającym się do procesów wtryskiwania. Odporny na działanie kwasów i zasad (za wyjątkiem kwasu azotowego). Łatwość formowania i dobre parametry mechaniczne sprawiają, że PS ma szerokie zastosowanie w przemyśle.

**Polichlorek winylu (PCV)** – sztywniejszy i bardziej wytrzymały (ok. 30 razy) od polietylenu. W zależności od zastosowanych zmiękczaczy i plastyfikatorów można uzyskiwać różne rodzaje tego tworzywa, od sztywnych płyt, po miękkie uszczelki przypominające gumę. Pod działaniem światła lub ciepła PCV rozpada się wydzielając szkodliwy chlorowodór. Aby temu zapobiec dodaje się do PCV stabilizatory, które trwale wiążą atomy chloru. Ze wzrostem temperatury maleje jego twardość. Materiał ten ma zastosowanie, gdy nie działają siły, w temperaturach 80-100°C, a przy obciążeniach do 40°C.

**Poliamidy (PA)** – wykazują dobrą elastyczność i odporność na ścieranie. Własności te rosną wraz ze stopniem krystalizacji materiału. Są trudne w obróbce metodami wtryskowymi. Mają duże zastosowanie przy wytwarzaniu części maszyn. Posiadają dobre własności elektroizolacyjne.

**Poliwęglany (PW)** – są tworzywami o dużej wytrzymałości w szerokim zakresie temperatur i dobrych własnościach izolacyjnych. Są odporne na starzenie i czynniki atmosferyczne. Znalazły duże zastosowanie w technice medycznej gdyż można je sterylizować w temperaturze 120°C. Mając dobre własności mechaniczne są wykorzystywane do budowy części maszyn.

**Polimetakrylany metylu (PMM)** – wykazują się dobrymi własnościami mechanicznymi. Są twarde i odporne na działanie czynników atmosferycznych. Ich najcenniejszą zaletą jest przezroczystość i możliwość barwienia na różne kolory. Ich potoczna nazwa odnosi się do podobieństwa ze szkłem (PLEXI).

**Poliuretan (PU)** – w zależności od stopnia usieciowania mogą być sztywne lub elastyczne. Przy dodatku substancji spieniających uzyskujemy pianki o dobrych własnościach termo i dźwiękochłonnych. Stosowane w budownictwie i przemyśle na uszczelnienia i wygłuszenia. Podczas procesu zastygania pianki płynne mogą zwiększać swą objętość nawet 11 razy.

## Duroplasty

Materiały te mają molekuly usieciowane przestrzennie, co odróżnia je od termoplastów, czyni odpornymi na wzrost temperatury aż do temperatury rozkładu. Kształtuje się je przez odlewanie lub obróbkę wiórową.

**Fenoplasty** – powstałe na bazie żywicy fenolowo-formaldehydowej z rozróżnieniem na dwa podstawowe typy: żywice nowolakowe oraz rezolowe. Żywice formaldehydowe utwardza się przez dodanie porcji formaldehydu, który pełni funkcje utwardzacza. Żywice krezolowe są produktem ubocznym procesu utwardzania żywic formaldehydowych, same są termoutwardzalne, a ich cząsteczki nie są zdolne do usieciowania. Cechy podstawowe fenoplastów to duży moduł sprężystości, twardość powierzchni, duża odporność cieplna, niska palność.

**Melaminy** – są to produkty polikondensacji melaminy z formaldehydem. Rozkładają się w temperaturze powyżej 160°C. Są twarde i odporne na działanie rozpuszczalników organicznych. Najczęściej są łączone z wypełniaczami takimi jak papier, szkło czy tekstylia. Wyroby takie są bardzo wytrzymałe mechanicznie i dają się kształtować na wiele sposobów.

**Epoksydy** – otrzymujemy przez dodanie do żywicy utwardzacza. Pod wpływem tej substancji następuje przestrzenne usieciowanie i utwardzenie tych żywic. Proces przebiega na zimno lub ciepło, a jego czas można regulować ilością dodawanego utwardzacza w szerokim zakresie. Żywice te można odlewać i kleić nimi różne rodzaje materiałów. Dobre własności mechaniczne daje się uzyskać poprzez nasycanie nimi tkanin szklanych.

## Elastomery

Struktura wewnętrzna elastomerów przypomina swoją budową strukturą budowę duroplastów. Ich łańcuchy cząsteczkowe nie są silnie usieciowane, a raczej pozałamywane. Do zerwania wiązań między nimi wystarczają niewielkie siły, dalszy wzrost działającej siły powoduje wyprostowanie i uporządkowanie łańcuchów. Po odciążeniu następuje powrót do stanu wyjściowego. Moduł sprężystości  $\epsilon$  tych tworzyw jest mały, a własności elastyczne utrzymują się w dużym zakresie temperatur. Podstawowym materiałem są kauczuki syntetyczne z wypełniaczami aktywnymi. Dla koloru czarnego jest to sadza, a dla jasnych krzemionka.

**Kauczuk butadienowo-styrenowy** przypomina najbardziej naturalny kauczuk i jest używany do wyrobu opon, kabli, węży.

**Kauczuk etylenowo-propylenowy** wykazuje dużą odporność na starzenie i działanie ozonu. Jest stosowany jako materiał elektroizolacyjny.

**Kauczuki silikonowe** są obojętne fizjologicznie, hydrofobowe i są dobrymi izolatorami. Mają zastosowanie w medycynie, wyrobie uszczelek, powłok izolatorów.

**Lateksy** zawiesiny cząstek żywic w wodzie dają się łatwo barwić i rozcieńczać w wodzie, po działaniu temperatury następuje usieciowanie liniowych polimerów tych żywic, co nazwane jest wulkanizacją.

## 2. Rozpoznawanie tworzyw sztucznych

W warunkach laboratorium chemicznego, dysponując odpowiednim sprzętem i personelem można zidentyfikować każde tworzywo sztuczne w dość krótkim czasie. Dla inżyniera ważną kwestią jest umiejętność odróżniania i identyfikacji tworzyw za pomocą prostych i niezawodnych metod. Wykorzystana w ćwiczeniu metoda rozpoznawania obejmuje czternaście tworzyw termoplastycznych, zaletą tej metody jest oparcie jej na kilku prostych próbach. W tabeli zestawiono próby i ich wyniki dla poszczególnych materiałów. Nazwy tworzyw zostały podane w formie skróconej zgodnej z wytycznymi systemu ISO.

PE – polietylen

PP – polipropylen

PA – Poliamid

PS – polistyren

SE – kopolimer styrenu i butadienu

SAN – kopolimer styrenu i akrylonitrylu

ABS - kopolimer akrylonitrylu styrenu i butadienu

PMM – polimetaakrylan metylu

PW – poliwęglan

PCW – polichlorek winylu

POF – politlenek fenylenu

PF – poliformaldehyd

CAR – octanomaślan celulozy

PU - poliuretan

- **Próba pływania** - polega na wrzuceniu do zlewki z wodą próbek materiału i całkowitym ich zwilżeniu, jeżeli próbka pływa to tworzywo ma gęstość mniejsza od wody, jeśli tonie to jego gęstość jest większa od gęstości wody. Materiały w postaci pianek mają na ogół mniejszą gęstość, a wypełnione związkami mineralnymi, metalami zwiększają swoją gęstość.
- **Próba palności** – polega na umieszczeniu próbki tworzywa w płomieniu palnika, a następnie na obserwacji jej zachowania po wyjęciu z płomienia. W zależności od tego czy próbka się pali, gaśnie, czy kopci podczas palenia klasyfikujemy ją jako odpowiednie tworzywo.
- **Próba Beilsteina** – pozwala jednoznacznie zidentyfikować PCW. Przeprowadzamy ją w sposób następujący: rozgrzewamy do czerwoności drut miedziany, a następnie zanurzamy go w badanej próbce. Umieszczony ponownie w płomieniu palnika drut zabarwia płomień na zielono – jeśli próbka to PCW. W innym przypadku barwa płomienia nie zmienia się.
- **Próba przełomu** – polega na przełamaniu próbki tworzywa i obserwacji miejsca przełomu. Materiały termoplastyczne takie jak PE, PP, PA nie łamią się w ogóle. Materiały takie jak PF, PMM, PS, SAN mają przełom kruchy, podobny do metali. Natomiast inne materiały wykazują przełom ciągliwy i białe zabarwienie miejsca przełomu.

- **Próba ogrzewania** – do próbówki wkładamy badaną substancję oraz zwilżony wodą destylowaną papierek lakmusowy. Próbówkę umieszczamy w płomieniu palnika, pod wpływem temperatury następuje chemiczny rozkład substancji i wydzielanie się gazów. Jeśli papierek barwi się na kolor czerwony to gazy mają odczyn kwaśny, jeśli na zielono to zasadowy, jeśli pozostaje bezbarwny to gazy mają odczyn obojętny. Zestawienie odczynów dla różnych substancji przedstawia tabela w załączniku.
- **Próby dodatkowe** - stosujemy, gdy z przebiegu powyższych prób nie jesteśmy w stanie odróżnić poszczególnych materiałów. Polegają one na zarysowaniu powierzchni, co pozwala odróżnić PE od PP, oraz obserwacji czy przy próbie palności materiał tworzy długie cienkie nitki, co charakteryzuje PA.

Gdyby w wyniku powyższych prostych prób nie udało się zidentyfikować należy stosować metody zawansowane takie jak chromatografia gazowa oraz próby chemiczne. Ich stosowanie jest możliwe tylko w laboratorium chemicznym.