

# BADANIE KOMPATYBILNOŚCI ZBIORNIKÓW Z TWORZYW TERMOPLASTYCZNYCH

ZGODNIE Z WYMAGANIAMI NORMY PN-EN 13575



**MGR INŻ.  
LESZEK LEWANDOWSKI**

Ekspert niezależny ds. Tworzyw Sztucznych  
Pracownik Urzędu Dozoru Technicznego  
w latach 1984–2023  
UDT Oddział w Bydgoszczy



**MGR INŻ.  
PAULA GAĆIARZ**

Specjalista ds. Badań Materiałowych  
Centralne Laboratorium Dozoru Technicznego  
Dział Badań Laboratoryjnych w Poznaniu  
Urząd Dozoru Technicznego

Tworzywa sztuczne w porównaniu do materiałów metalicznych charakteryzują się zarówno wyższą odpornością chemiczną jak również odpornością korozyjną. Kompatybilność chemiczna należy do ich największych zalet. Muszą one współpracować nie tylko z wieloma magazynowanymi niebezpiecznymi substancjami chemicznymi, ale także z innymi materiałami stosowanymi do budowy zbiorników, na przykład w skomplikowanych układach kompozytowych (tworzywo plus metal, szkło, grafit itd.). Badania kompatybilności pozwalają określić, czy nie występują niepożądane interakcje pomiędzy materiałem zbiornika i magazynowaną substancją chemiczną. Odpowiednio dobrane tworzywa sztuczne umożliwiają zapewnienie odporności w nawet najbardziej wymagających warunkach dotyczących środowiska czy medium, bez konieczności stosowania dodatkowych środków ochronnych. Uniknąć można m.in. kosztownej obróbki powierzchniowej, lakierowania lub ochrony antykorozyjnej, gdyby stosowano metale.



**W ARTYKULE PRZEDSTAWIONO ZAGADNIENIE BADANIA KOMPATYBILNOŚCI ZBIORNIKÓW Z TWORZYW TERMOPLASTYCZNYCH WYTWARZANYCH METODĄ FORMOWANIA ROTACYJNEGO DO MAGAZYNOWANIA SUBSTANCJI CHEMICZNYCH. OBECNIE ŚWIATOWYM STANDARDEM STAJE SIĘ WYMAGANIE, ABY MAGAZYNOWANA SUBSTANCJA CHEMICZNA NIE ODDZIAŁYWAŁA NEGATYWNIE NA ZBIORNIKI I OPAKOWANIA, A TAKŻE ABY ZBIORNIKI I OPAKOWANIA NIE ODDZIAŁYWAŁY NEGATYWNIE NA MAGAZYNOWANĄ SUBSTANCJĘ CHEMICZNĄ (NP. SUBSTANCJE SPOŻYWCZE, ŚRODKI FARMACEUTYCZNE LUB SKŁADNIKI KOSMETYKÓW).**

Zbiorniki z tworzyw termoplastycznych do magazynowania substancji chemicznych projektowane i wytwarzane są zgodnie z wymaganiami bardzo wielu norm i specyfikacji technicznych. Określają one wymagania w zakresie kompatybilności zbiorników w odniesieniu do magazynowanej substancji chemicznej w okresie przewidywanej żywotności.

Kompatybilność potwierdzana może być na podstawie wymagań i norm oraz określonych w nich badań.

- Wymagania specyfikacji i norm, które określają tabele chemoodporności dla poszczególnych substancji w odniesieniu do gatunku materiału termoplastycznego (np. niemiecka specyfikacja DVS 2205)
- Wymagania specyfikacji i norm, które określają metodykę badań odporności chemicznej (np. PN-EN 13575:2012)
- Długookresowe badania zbiorników przy zastosowaniu medium roboczego
- Długookresowe badania zbiorników przy zastosowaniu cieczy wzorcowych (np. PN-EN ISO 13274:2013-12)
- Badania laboratoryjne przy zastosowaniu cieczy wzorcowych próbek tworzywa wyciętych ze zbiorników (np. PN-EN ISO 13274:2013-12)

W przypadku długookresowych badań przy zastosowaniu medium roboczego zaleca się, aby czas badań wynosił nie mniej niż 6 miesięcy.

Proces wytwarzania zbiorników magazynowych z tworzyw termoplastycznych może być realizowany przy zastosowaniu wielu technologii, a w szczególności spawania, zgrzewania, klejenia, formowania rotacyjnego, wydmuchiwania oraz metody nawojowej.

W opracowaniu opisujemy badania i potwierdzanie kompatybilności dla zbiorników magazynowych z polietylenu, wytwarzanych metodą formowania rotacyjnego zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 13575:2012 „Stacjonarne, naziemne zbiorniki termoplastyczne do magazynowania substancji chemicznych – Zbiorniki z polietylenu wykonane metodą wydmuchiwania lub formowania rotacyjnego – Wymagania i metody badań”.

Norma PN-EN 13575:2012 wymaga dla zbiorników z polietylenu badań kompatybilności zgodnie z wymaganiami normy EN ISO 23667:2007.

## WYMAGANIA NORMATYWNE

- **W Polsce norma EN ISO 23667:2007 została wdrożona jako PN-EN ISO 23667:2009 „Opakowania. Opakowania do transportu materiałów niebezpiecznych. IBC ze sztywnych tworzyw sztucznych i IBC złożone z wewnętrznym pojemnikiem z tworzywa sztucznego. Badanie kompatybilności”.**

Zgodnie z wymaganiami aneksu B do normy PN-EN 13575:2012 kompatybilność zbiorników powinna być potwierdzona następującymi badaniami wg EN ISO 23667:2007, pkt B.4 Chemical resistance (Odporność chemiczna):

- B.4.3 Absorption behaviour,
- B.4.4 Stress cracking resistance,
- B.4.5 Degradation test.

**Normy EN ISO 23667:2007 i EN ISO 13274:2013 zostały opracowane przez Komitet Techniczny ISO/TC 122 oraz CEN/TC 261 „Packaging” i odnoszą się do badań opakowań oraz zbiorników.**

**W Polsce odpowiedzialnym za normy w Polskim Komitecie Normalizacyjnym jest Komitet Techniczny nr 133 do spraw Opakowań.**

- **Norma PN-EN ISO 23667:2009 została wycofana i zastąpiona normą PNEN ISO 13274:2013-12 „Opakowania. Opakowania do transportu towarów niebezpiecznych. Badanie kompatybilności tworzyw sztucznych dla opakowań i IBC”**

Rys. 1. Przykłady zbiorników z tworzyw termoplastycznych do magazynowania substancji chemicznych



Kompatybilność zbiorników powinna być zatem potwierdzona następującymi badaniami wg EN ISO 13274:2013:

- Resistance to absorption (B.2.1) – Odporność na absorpcję,
- Resistance to environmental stress cracking (B.2.2) – Odporność na środowiskową korozję naprężeniową,
- Resistance to molecular degradation (B.2.3) – Odporność na degradację molekularną.

Norma PN-EN ISO 23667:2009 (pkt 4.1) dopuszcza trzy metody badań kompatybilności zbiorników:

- długookresowe badania zbiorników przy zastosowaniu medium roboczego, przy czym okres ten nie powinien być krótszy niż 6 miesięcy,
- długookresowe badania zbiorników przy zastosowaniu cieczy wzorcowych, przy czym okres ten nie powinien być krótszy niż 6 miesięcy (ciecze wzorcowe przypisywane powinny być zgodnie z załącznikiem C),
- badania laboratoryjne próbek tworzywa wyciętych ze zbiorników wg załącznika B – dla innych substancji chemicznych, nie wymienionych w Załączniku C, w celu potwierdzenia przypisania do cieczy wzorcowej.

Norma PN-EN ISO 13274 (pkt 4.1) dopuszcza trzy metody badań kompatybilności zbiorników:

- długookresowe badania zbiorników przy zastosowaniu medium roboczego, przy czym okres ten nie powinien być krótszy niż 6 miesięcy,
- długookresowe badania zbiorników przy zastosowaniu cieczy wzorcowych, przy czym okres ten nie powinien być krótszy niż 6 miesięcy (ciecze wzorcowe przypisywane powinny być zgodnie z Umową Europejską ADR [4] i Międzynarodowymi przepisami RID [5]),
- badania laboratoryjne próbek tworzywa wyciętych ze zbiorników wg załącznika B – dla innych substancji chemicznych, nie wymienionych w ADR i RID, w celu potwierdzenia przypisania do cieczy wzorcowej.

## CIECZE WZORCOWE

Normy dotyczące badań kompatybilności dopuszczają stosowanie cieczy wzorcowych.

W przypadku normy PN-EN ISO 23667:2009 opis jest w załączniku C: „Przypisywanie pakowanej substancji cieczom wzorcowym” z tabelą C.1 „Lista substancji przypisanych cieczom wzorcowym”.

Przykładowo dla kwasu chlorowego UN2626 tabela zawiera następujące wytyczne doboru cieczy wzorcowej:

- kwas chlorowy UN2626,
- klasa 5.1,
- kod klasyfikacyjny 01,
- grupa pakowania II,
- ciecz wzorcowa: kwas azotowy.

W przypadku normy PN-EN ISO 13274:2013-12 przypisywanie cieczy wzorcowych realizowane jest zgodnie z Umową Europejską ADR [4] i Międzynarodowymi przepisami RID [5].

Cieczami wzorcowymi stosowanymi do badań zbiorników wg PN-EN ISO 13274 (pkt 8.5) są następujące substancje chemiczne:

- roztwór zwilżający,
- kwas octowy (stężenie  $\geq 99 \pm 1\%$ ),
- normalny octan butylu (stężenie  $\geq 98\%$ ),
- mieszanina węglowodorów (zawartość węglowodorów aromatycznych od 16 do 21%),
- kwas azotowy (stężenie  $\geq 55\%$ ).

## WYMAGANIA MATERIAŁOWE

Wytwarzanie zbiorników magazynowych metodą formowania rotacyjnego wymaga stosowania polietylenu o ściśle określonych właściwościach.

W przypadku zbiorników wytwarzanych zgodnie z wymaganiami normy PNEN 13575:2012 wymagania dla polietylenu są następujące:

- gęstość: nie mniej niż 930 kg/m<sup>3</sup>,
- masowy wskaźnik szybkości płynięcia MFR: 4 g/10 min +/- 3 g/10 min w temperaturze 190°C i obciążeniu 2,16 kg,
- wytrzymałość na rozciąganie: nie mniej niż 15 MPa.

W przypadku badań zgodnych z normą PN-EN ISO 23667 wymagania dla polietylenu są następujące:

- 1) polietylen dużej gęstości o dużej masie cząsteczkowej PE-HD-HMW
  - względna gęstość  $\geq 0,940 \text{ g/cm}^3$  w temperaturze  $23^\circ\text{C}$
  - MFR  $\leq 12 \text{ g/10 min}$  w temperaturze  $190^\circ\text{C}$  i obciążeniu 21,6 kg
- 2) polietylen dużej gęstości o średniej masie cząsteczkowej PE-HD-MMW
  - względna gęstość  $\geq 0,940 \text{ g/cm}^3$  w  $23^\circ\text{C}$
  - MFR  $\leq 0,5 \text{ g/10 min}$  i  $\geq 0,1 \text{ g/10 min}$  w temperaturze  $190^\circ\text{C}$  i obciążeniu 2,16 kg
- 3) polietylen usieciowany PE-X
- 4) polietylen liniowy średniej gęstości
  - względna gęstość  $\geq 0,927 \text{ g/cm}^3$  i  $\leq 0,937 \text{ g/cm}^3$  w  $23^\circ\text{C}$
  - MFR  $\geq 5 \text{ g/10 min}$  i  $\leq 10 \text{ g/10 min}$  w temperaturze  $190^\circ\text{C}$  i obciążeniu 2,16 kg.

W przypadku badań zgodnych z normą PN-EN ISO 13274 wymagania dla polietylenu są następujące:

- 1) polietylen dużej gęstości o dużej masie cząsteczkowej PE-HD-HMW
  - względna gęstość  $\geq 0,940 \text{ g/cm}^3$  w  $23^\circ\text{C}$
  - MFR  $\leq 12 \text{ g/10 min}$  w temperaturze  $190^\circ\text{C}$  i obciążeniu 21,6 kg
- 2) polietylen dużej gęstości o średniej masie cząsteczkowej PE-HD-MMW
  - względna gęstość  $\geq 0,940 \text{ g/cm}^3$  w  $23^\circ\text{C}$
  - MFR  $\leq 0,5 \text{ g/10 min}$  i  $\geq 0,1 \text{ g/10 min}$  w temperaturze  $190^\circ\text{C}$  i obciążeniu 2,16 kg lub MFR  $\leq 0,5 \text{ g/10 min}$  i  $\geq 0,1 \text{ g/10 min}$  w temperaturze  $190^\circ\text{C}$  i obciążeniu 5 kg
- 3) polietylen usieciowany PE-X
- 4) polietylen liniowy średniej gęstości
  - względna gęstość  $\geq 0,927 \text{ g/cm}^3$  i  $\leq 0,937 \text{ g/cm}^3$  w  $23^\circ\text{C}$
  - MFR  $\geq 5 \text{ g/10 min}$  i  $\leq 10 \text{ g/10 min}$  w temperaturze  $190^\circ\text{C}$  i obciążeniu 2,16 kg.

## METODY BADAWCZE

**Badania laboratoryjne na próbkach w małej skali obejmują trzy procedury badawcze:**

**metoda A: absorpcja,**

**metoda B: środowiskowa korozja naprężeniowa,**

**metoda C: degradacja cząsteczkowa.**

### Próbki do badań

Odpowiednio oznaczone, wolne od uszkodzeń próbki do badań powinny zostać wycięte z gotowego zbiornika (wyprodukowanego co najmniej 48 godzin wcześniej) i dostarczone do laboratorium badawczego. Istnieje możliwość przeprowadzenia badań na próbkach pobranych z płyt o określonej grubości, formowanych metodą prasowania lub wytłaczania, uwzględniających rodzaj polimeru. Wyjątek stanowią próbki pobrane z usieciowanego polietylenu.

### METODA A

#### Odporność na absorpcję

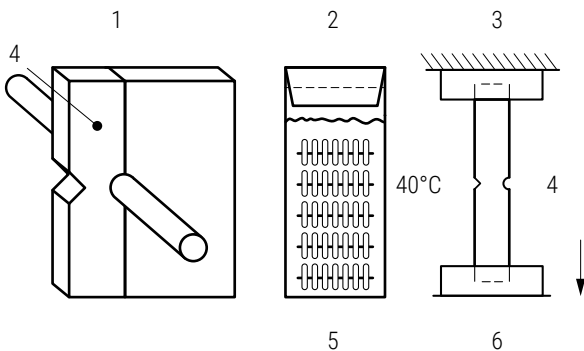
Metoda określa odporność na absorpcję zbiorników z tworzyw sztucznych będących w kontakcie z substancją chemiczną.





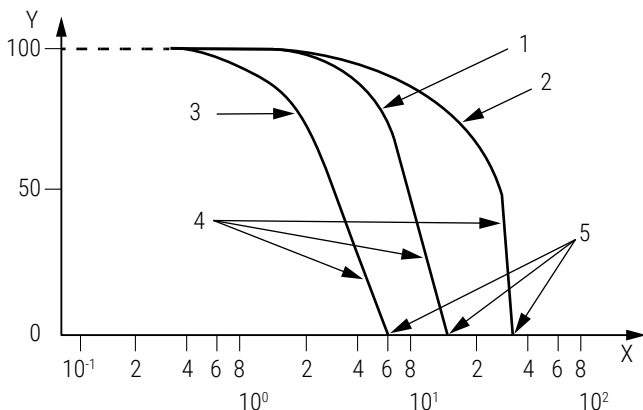
w cieczach. Po upływie określonego czasu należy odłożyć 10 próbek i usunąć bolec, doprowadzając próbki do temperatury pokojowej. Następnie przeciąć każdą próbkę prostopadłe do otworu, równoległe do krawędzi karbu (rys. 4) i przeprowadzić próbę rozciągania na naciętej części maksymalnie do 8 h od wyjęcia próbek. Wytrzymałość na rozciąganie powinna zostać określona zgodnie z ISO 527-2 [6] w temperaturze pokojowej przy prędkości rozciągania 20 mm/min.

**Kryterium oceny dotyczy porównania uzyskanych krzywych w celu określenia siły oddziaływania substancji magazynowej w odniesieniu do cieczy wzorcowej (rys. 5).**



- 1 – próbka z bolcem
- 2 – przechowywanie z materiałem wypełniającym
- 3 – badanie wytrzymałości na rozciąganie
- 4 – przekrój A próbki do badań
- 5 – 40°C lub 50°C, gdzie ma to zastosowanie
- 6 – prędkość rozciągania,  $v = 20$  mm/min.

Rys. 4. Próba wgłębienia bolca, przygotowanie próbki, przechowywanie i badanie [3]



- Y – wytrzymałość na rozciąganie  $\sigma_{max}$  [%]  
 X – okres przechowywania w dniach
- 1 – ciecz wzorcowca
  - 2 – substancja oryginalna 2 (mniej agresywna niż ciecz wzorcowca)
  - 3 – substancja oryginalna 1 (bardziej agresywna niż ciecz wzorcowca)
  - 4 – krzywe wytrzymałości na rozciąganie
  - 5 – czas do pęknięcia próbki

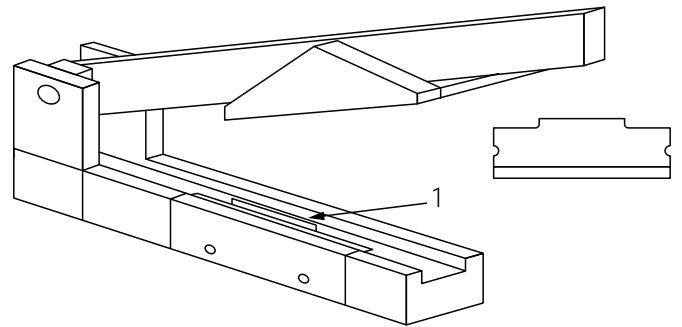
Rys. 5. Próba wgłębienia bolca [3]

Istnieje możliwość zastosowania alternatywnej metody wizualnej do oceny czasu zniszczenia próbek do badań, co wymaga uzgodnienia z UDT.

## Procedura B2

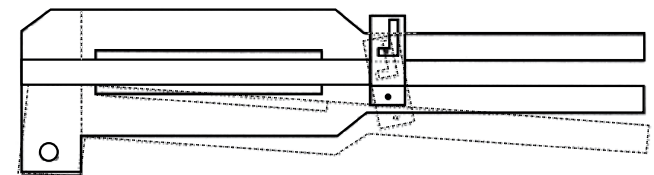
### Próba zginania paska (próba Bell Telephone\*)

Przeprowadzenie próby wymaga zastosowania specjalnego oprzyrządowania zgodnie z ASTM D 1693-00 [7] (rys. 6, 7 i 8).

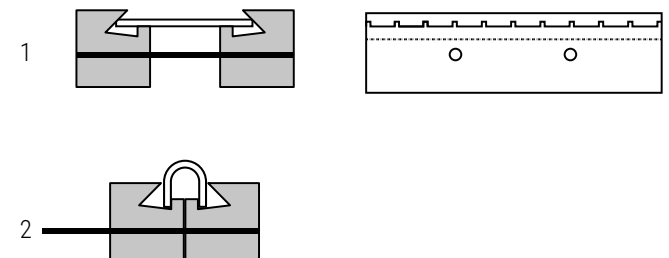


1 – ostrze

Rys. 6. Narzędzie do nacinania karbu [3]



Rys. 7. Przyrząd do przenoszenia [3]



- 1 – uchwyt otwarty z płaską próbką
- 2 – uchwyt zamknięty ze zgiętą próbką

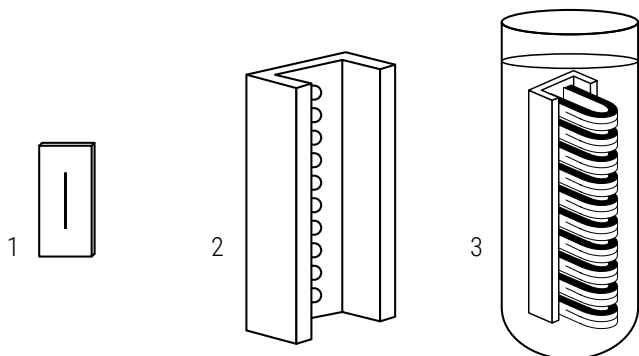
Rys. 8. Narzędzie do zginania próbek do badań [3]

Próbki do badań należy wyciąć ze zbiornika i formować metodą prasowania zgodnie z normą ISO 1872-2:2007 [8] (metoda B). Grubość płyt powinna wynosić  $(1,875 \pm 0,125)$  mm. Z płyty przygotowuje się 10 próbek o wymiarach  $(38,0 \pm 2,5)$  mm  $\times$   $(13,0 \pm 0,8)$  mm z nacięciem na długości  $(19,05 \pm 0,15)$  mm i głębokości  $(0,35 \pm 0,05)$  mm.

Próbki umieszcza się naciętą stroną do góry w uchwycie zginającym i przy użyciu imadła zamyka się uchwyt na około 30 s. Przy użyciu przyrządu do przenoszenia próbki usuwa się i umieszcza w statywie.

Stawy umieszcza się w odpowiednim naczyniu i zalewa do całkowitego zanurzenia (rys. 9). Próbki przetrzymuje się w temperaturze 40°C lub

wyższej. Kontrola prowadzona jest codziennie i obejmuje odnotowanie uszkodzenia zwykle biegnącego pod kątem prostym do karbu. Badanie prowadzi się do uszkodzenia wszystkich próbek lub kończy po upływie 1000 godzin.



- 1 – próbka do badań
- 2 – statyw do próbek
- 3 – próbki w zestawie badawczym

Rys. 9. Próba zginania paska: próbka, statyw i zestaw badawczy [3]

#### Kryteria akceptacji

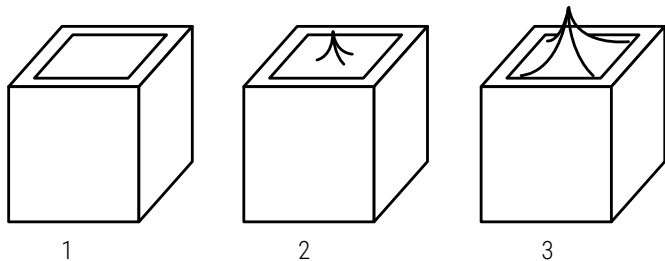
Czas, w którym 50% próbek ulegnie zniszczeniu (wartość  $f_{50}$ ) w oryginalnej substancji, powinien być  $\geq f_{50}$  w stosunku do cieczy wzorcowej.

\* Próba zginania paska znana jest najczęściej pod angielskojęzyczną nazwą i pochodzi z Bell Laboratories.

### Procedura B3

#### Próba pełzania z pełnym karbem (FNCT)

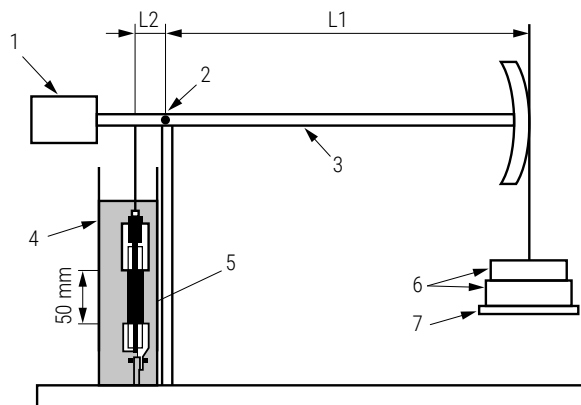
Pręt o przekroju kwadratowym ze współpłaszczyznowymi karbami w połowie jego długości na każdej powierzchni czołowej poddaje się statycznemu obciążeniu rozciągającemu zgodnie z ISO 16770 [9]. Geometria próbki w kształcie pręta pozwala na uzyskanie odkształcenia płaskiego i kruchej pęknięcia (rys. 10).



- 1 – kruche
- 2 – kruche
- 3 – plastyczne

Rys. 10. Powierzchnie przełomu [3]

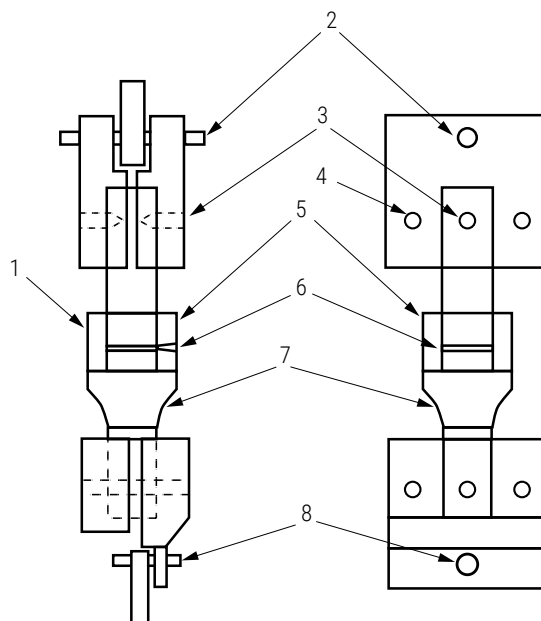
Obciążenie przykłada się przy użyciu maszyny obciążeniowej z ramieniem dźwigniowym z przełożeniem ramienia (rys. 11).



- 1 – przeciwwaga
- 2 – łożysko o niskim współczynniku tarcia lub krawędź noża
- 3 – kompensacyjne ramię dźwigniowe
- 4 – przykład komory środowiskowej
- 5 – środowisko
- 6 – obciążniki
- 7 – podstawa obciążników

Rys. 11. Urządzenie obciążeniowe [3]

Uchwyty powinny zapobiegać wysunięciu się próbki do badań oraz zapewniać osiowe przenoszenie obciążenia przez badaną próbkę (rys. 12).



- 1 – mała komora środowiskowa
- 2 – kołek sprzęgający
- 3 – wkręt dociskowy zabezpieczający przed poślizgiem
- 4 – śruby zaciskowe
- 5 – szklana rura
- 6 – karb
- 7 – rura termokurczliwa
- 8 – kołek sprzęgający

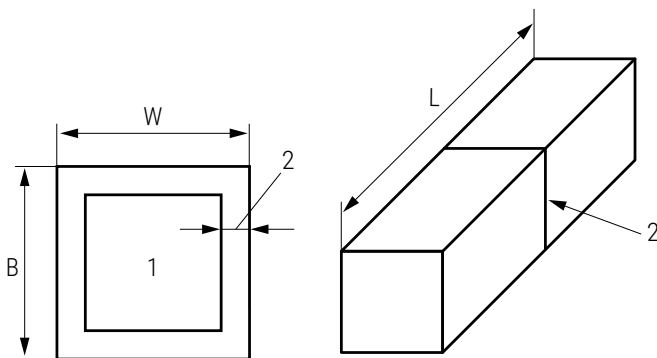
Rys. 12. Uchwyty do mocowania próbek do badań [3]

Tabela 1 przedstawia standardowe przykłady geometrii próbki do badań. Istnieje możliwość zastosowania innych próbek do badań, które należy przygotować tak, aby strefa rozciągania wynosiła około 50% całkowitej powierzchni przekroju poprzecznego próbki do badań (rys. 13).

Tabela 1. Geometria próbek do badań [3]

Próbka do badań	Wymiary próbki do badań mm długość x szerokość x wysokość	Głębokość karbu mm	Naprężenie MPa	Temperatura °C
A	100 x 10 x 10	1,60	4,00 lub 6,00	80
B <sup>a</sup>	90 x 6 x 6	1,00	9,00	50
C	90 x 6 x 6	1,00	12,00	23

<sup>a</sup> Zalecana jest próbka do badań B o wymiarach 90 x 6,0 x 6,0 z 1,0 mm głębokość karbu.



W – szerokość  
L – długość  
B – wysokość  
1 – strefa rozciągania  
2 – głębokość karbu

Rys. 13. Próбка do badań z określoną głębokością karbu i strefą rozciągania [3]

Na podstawie stabilizowanych wartości należy dobrać naprężenie i temperaturę. Obciążenie badawcze oblicza się ze wzoru:

$$M = \frac{A_n \sigma}{9,81R}$$

gdzie:

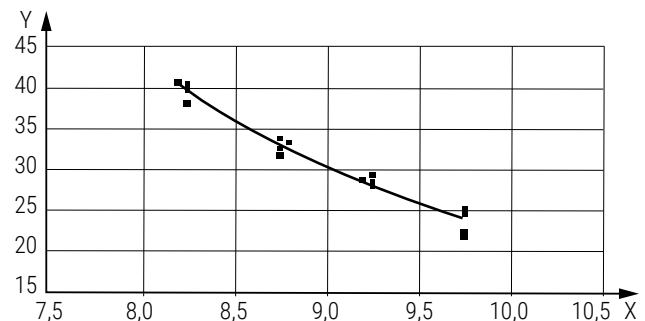
M – użyta masa [kg],  
A<sub>n</sub> – nominalna strefa rozciągania [mm<sup>2</sup>],  
σ – wymagane naprężenie rozciągające [MPa],  
R – przełożenie ramienia dźwigniowego, które wynosi 1 dla układu obciążników.

Próbkę z karbem umieszcza się w uchwytach urządzenia obciążeniowego i zanurza się w środowisku, temperatura dobierana jest zgodnie z tabelą 1. Należy przyłożyć wyliczone obciążenie i odmierzać czas. Pomiarom poddaje się wymiary strefy rozciągania przy użyciu mikroskopu. Następnie oblicza się przełożone naprężenie  $\sigma_L$  ze wzoru:

$$\sigma_L = \frac{9,81RM}{A_L}$$

gdzie:

$\sigma_L$  – skorygowane naprężenie rozciągające [MPa],  
A<sub>L</sub> – zmierzona strefa rozciągania [mm<sup>2</sup>],  
M – masa [kg],  
R – przełożenie ramienia dźwigniowego, które wynosi 1 dla układu obciążników.



X – czas [h]  
Y – przyłożone naprężenie [MPa]

Rys. 14. Wskazanie powtarzalności [3]

W celu zwiększenia dokładności metody należy zwrócić szczególną uwagę na błędy, które mogą zostać popełnione podczas przeprowadzania badań. Należy rozważyć wyznaczenie niepewności pomiaru.

#### Błędy podczas badań (procedura B3):

- **stopień karbu spowodowane zbyt szybkim przykładaniem obciążenia, co może skutkować uznaniem wyników za negatywne,**
- **nieodpowiedni karb – zbyt duże stopienie,**
- **karby niewspółpłaszczyznowe,**
- **nieodpowiednia temperatura środowiska,**
- **brak mieszania albo zesterzenie się środowiska.**

#### Kryterium akceptacji

**Czas do pęknięcia cieczy wzorcowej powinien być krótszy niż czas do pęknięcia magazynowej substancji chemicznej.**

**METODA C****Odporność na degradację molekularną**

**W celu określenia odporności na degradację cząsteczkową używa się jednej z trzech wymienionych procedur:**

- **pomiar masowego wskaźnika szybkości płynięcia (MFR) – procedura C1,**

- **pomiar liczby lepkościowej – procedura C2,**

- **pomiar wydłużenia przy zerwaniu – procedura C3.**

**OGRANICZENIA STOSOWANIA METODY C**

- Jeżeli magazynowa substancja, badana metodą A (odporność na absorpcję), powoduje absorpcję < 1%, próbkę należy suszyć do uzyskania stałej masy na poziomie zmienności < 1% przed rozpoczęciem pomiarów MFR.
- Gdy magazynowa substancja determinuje wyższą wartość współczynników absorpcji po procesie suszenia, to należy zastosować procedurę C2 lub C3.
- Jeśli magazynową substancję stanowi np. nadtlenek organiczny i wnika do próbki z PE, co z kolei prowadzi do sieciowania w podwyższonej temperaturze, zastosowania nie mają procedury C1 i C2.
- Dla PE-X należy stosować procedurę C3.

- **Badania masowego wskaźnika szybkości płynięcia przeprowadza się na próbkach o powierzchni nie mniejszej niż 450 mm<sup>2</sup>, które należy przetrzymać zarówno w docelowej substancji chemicznej, jak i w cieczy wzorcowej (55-procentowy kwas azotowy). Trzy próbki zanurza się w badanej cieczy w temperaturze 40°C na okres 42 dni. Następnie próbki oczyszcza się, kondycjonuje i suszy do uzyskania stałej masy. Badania przeprowadza się zgodnie z normą ISO 1133-1 [10].**

- **Liczbę lepkościową określa się zgodnie z normą ISO 1628-3 [11]. Procedura przygotowania próbek jest analogiczna jak dla procedury C1.**

- **W celu określenia wydłużenia przy zerwaniu znormalizowane próbki do badań zanurza się w substancji chemicznej i cieczy wzorcowej (55-procentowy kwas azotowy). Badania przeprowadza się zgodnie z ISO 527-2 [6]. Procedura przygotowania próbek jest podobna do pozostałych procedur.**

Wymagania stawiane odporności na degradację cząsteczkową określają także trzy procedury.

- Dla procedury C1 wskaźnik szybkości płynięcia materiału w kontakcie z substancją chemiczną nie powinien przekraczać szybkości płynięcia analogicznego materiału w kontakcie z 55-procentowym kwasem azotowym.
- Liczba lepkościowa według procedury C2 nie powinna być mniejsza niż lepkość identycznego materiału w kontakcie z 55-procentowym kwasem azotowym.
- Wydłużenie przy zerwaniu próbki materiału zgodnie z procedurą C3 nie powinno być mniejsze niż wyniki uzyskane dla tego samego materiału będącego w kontakcie z 55-procentowym kwasem azotowym.

**WNIOSKI I UWAGI KOŃCOWE**

Publikacja dotyczy badań i potwierdzania kompatybilności dla zbiorników magazynowych z polietylenu wytwarzanych metodą formowania rotacyjnego zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 13575:2012 [1]. Badanie kompatybilności jest tylko jednym z wymogów normy PN-EN 13575:2012 i wytwórcy zbiorników powinni spełnić wszystkie pozostałe wymagania i przeprowadzić wszystkie wymagane badania.

W przypadku zbiorników magazynowych substancji chemicznych, wykonanych z innych tworzyw termoplastycznych lub wykonanych z polietylenu inną technologią, metodykę badań i potwierdzania kompatybilności należy uzgodnić z właściwym organem dozoru technicznego, tj. Urzędem Dozoru Technicznego, Transportowym Dozorem Technicznym lub Wojskowym Dozorem Technicznym.

Opisana w publikacji metodyka badań i potwierdzania kompatybilności dla zbiorników magazynowych substancji chemicznych z polietylenu, wytwarzanych metodą formowania rotacyjnego, została wdrożona w Polsce, a zakład produkcyjny uzyskał uprawnienie do wytwarzania zbiorników wydane przez Urząd Dozoru Technicznego.

## Literatura

1. PN-EN 13575:2012 Stacjonarne, naziemne zbiorniki termoplastyczne do magazynowania substancji chemicznych – Zbiorniki z polietylenu wykonane metodą wydmuchiwania lub formowania rotacyjnego – Wymagania i metody badań.
2. PN-EN ISO 23667:2009 Opakowania. Opakowania do transportu materiałów niebezpiecznych. IBC ze sztywnych tworzyw sztucznych i IBC złożone z wewnętrznym pojemnikiem z tworzywa sztucznego. Badanie kompatybilności.
3. ISO 13274:2013 Packaging. Transport packaging for dangerous goods. Plastics compatibility testing for packaging and IBCs (Opakowania. Opakowania do transportu towarów niebezpiecznych. Badanie kompatybilności tworzyw sztucznych dla opakowań i IBC).
4. Umowa Europejska dotycząca międzynarodowego transportu drogowego towarów niebezpiecznych ADR: The European agreement concerning the international carriage of dangerous goods by road (ADR). United Nations, Geneva, 2011.
5. Międzynarodowe przepisy dotyczące międzynarodowego transportu kolejowego towarów niebezpiecznych RID: Regulations concerning the international carriage of dangerous goods by rail. Organisation intergouvernementale pour les transports ferroviaires (OTIF).
6. ISO 527-2 Plastics – Determination of tensile properties – Part 2: Test conditions for moulding and extrusion plastics.
7. ASTM D1693-21 Standard Test Method for Environmental Stress-Cracking of Ethylene Plastics.
8. ISO 1872-2:2007 Plastics – Polyethylene (PE) moulding and extrusion materials – Part 2: Preparation of test specimens and determination of properties.
9. ISO 16770 Plastics – Determination of environmental stress cracking (ESC) of polyethylene – Full-notch creep test (FNCT).
10. ISO 1133-1 Plastics – Determination of the melt mass-flow rate (MFR) and melt volume-flow rate (MVR) of thermoplastics – Part 1: Standard method.
11. ISO 1628-3 Plastics – Determination of the viscosity of polymers in dilute solution using capillary viscometers – Part 3: Polyethylenes and polypropylenes.



# CLDT

Centralne Laboratorium Dozoru Technicznego w Poznaniu przeprowadza badania tworzyw sztucznych i kompozytów tworzywowych wzmocnionych włóknami. W laboratorium badawczym przeprowadzane są m.in. statyczne próby rozciągania (seria norm PN-EN ISO 527) i zginania wraz z określeniem Modułu Younga. Ponadto istnieje możliwość określenia wskaźników szybkości płynięcia (MFR i MVR) tworzyw termoplastycznych (np. polietylenu). W zakresie akredytacji nr AB001 znajduje się szereg norm związanych nie tylko z badaniami zbiorników tworzywowych, ale także elementów rurowych.

