

Piotr Szewczyk  
Instytut Nafty i Gazu, Kraków

## Badania rurociągów z tworzyw sztucznych wzmocnionych włóknem szklanym (GRP) w świetle wymagań normy PN-EN ISO 14692

### Wprowadzenie

W Polsce sieci gazowe budowane są z rur stalowych lub z rur z tworzyw sztucznych. Sieci dystrybucyjne wykonuje się prawie wyłącznie z polietylenu, którego własności wytrzymałościowe umożliwiają przesyłanie gazu pod maksymalnym ciśnieniem roboczym równym 1 MPa. W zakresie wyższych ciśnień gazociągi buduje się wyłącznie z rur stalowych, których stosowanie jest jednak kosztowne z powodu konieczności wykonania np. zabezpieczenia przed korozją oraz połączeń spawanych. Alternatywnym materiałem dla rur stalowych mogłyby być rury z materiałów kompozytowych, tj. rury z tworzyw sztucznych wzmocnianych włóknem szklanym GRP (*Glass Fibre Reinforced Polyester* – żywica poliestrowa wzmocniana włóknem szklanym).

Charakteryzują się one wysoką wytrzymałością na ciśnienie wewnętrzne, niskim ciężarem, niskim współczynnikiem tarcia, odpornością na korozję oraz odpornością na różnorodne substancje chemiczne i promieniowanie UV.

Zastosowanie rur z materiałów kompozytowych do przesyłania paliw gazowych jest jednak ograniczone *Rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 30 lipca 2001 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać sieci gazowe*, które w części dotyczącej rur z tworzyw sztucznych uwzględnia tylko rury polietylenowe i poliamidowe.

Innym obszarem umożliwiającym zastosowanie rur typu GRP jest przemysł przetwarzania ropy naftowej i gazu ziemnego. Rury tego typu są przedmiotem normy systemowej PN-EN ISO 14692 [6] *Przemysł naftowy i gazowniczy – Rurociągi z tworzyw sztucznych wzmocnione włóknem szklanym (GRP)*. Dotyczy ona głównie instalacji z rur GRP do zastosowań morskich na stałych i pływających platformach wiertniczych i eksploatacyjnych. Można z niej także korzystać jako ze wskazówki do specyfikacji, wytwarzania, badania i instalowania w innych zastosowaniach lądowych o podobnie krytycznych wymaganiach.

### Charakterystyka rur z materiałów kompozytowych typu GRP

Rury z materiałów kompozytowych wykonuje się z dwóch lub większej liczby materiałów, z których jeden pełni funkcję wiążącą, a pozostałe wzmocniającą.

W rurach typu GRP materiałem wiążącym jest żywica, a wzmocnienie stanowią włókna szklane charakteryzujące się wysoką odpornością ogniową.

Zgodnie z wymaganiami normy PN-EN ISO 14692-1:2010 [6], typowymi żywicami stosowanymi do produkcji rur typu GRP mogą być: epoksyd, poliester, ester winylowy

i fenolowy. Wyklucza się stosowanie żywic termoplastycznych, które mogłyby mieć niekorzystny wpływ na odporność ogniową i właściwości elektrostatyczne. Wzmocnienie natomiast może być wykonane z materiałów ciągłych lub tkanych. Norma nie dotyczy rur kompozytowych, w których wykorzystuje się, jako materiał wzmocniający, włókna aramidowe.

Maksymalna dopuszczalna temperatura użytkowania rur GRP określana jest w zależności od zastosowanego rodzaju żywicy i jej obróbki chemicznej (tablica 1).

Tablica 1. Maksymalne dopuszczalne temperatury użytkowania rur typu GRP [6]

Rodzaj żywicy	Temperatura maksymalna
Epoksydowa	110°C
Ester winylowy	100°C
Poliestrowa	70°C
Fenolowa	150°C

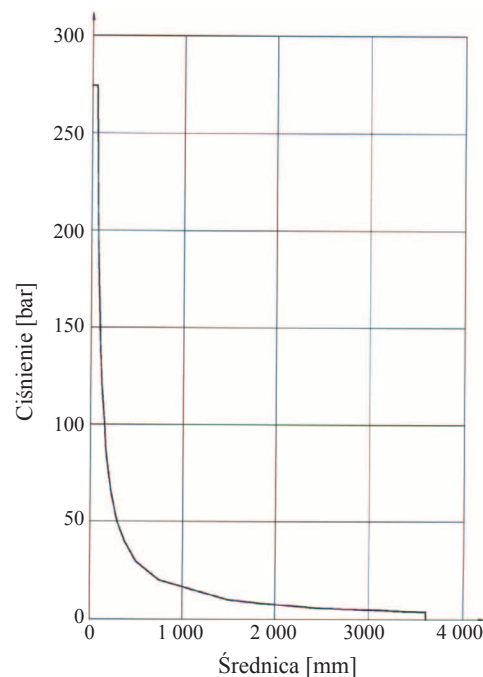
Właściwości cieplne, mechaniczne oraz odporność chemiczna wymienionych żywic znacznie się zmieniają zależnie od czynnika użytego do ich obróbki chemicznej, jak również od agresywności transportowanego płynu.

Zazwyczaj temperatura robocza dla rurociągów z rur GRP jest znacznie niższa od dopuszczalnych wartości maksymalnych.

Przed zastosowaniem wybranej żywicy oraz obróbki chemicznej do produkcji rur GRP przeznaczonych do przesyłania określonego płynu konieczne jest sprawdzenie, czy spełniają one wymagania normy PN-EN ISO 14692-2:2011 [7] dla określonego zakresu zastosowania. Niezależnie natomiast od użytej żywicy, minimalną temperaturę dla rur GRP określono na  $-35^{\circ}\text{C}$  [6].

Parametry ciśnieniowe rur z materiałów kompozytowych poglądowo przedstawiono na rysunku 1. Zgodnie z PN-EN ISO 14692-1:2010 [6] dla rur GRP nie podaje się ciśnienia nominalnego. Dla określenia parametrów ciśnieniowych rur z materiałów kompozytowych powinny być podawane: ciśnienie kwalifikowane, nominalne ciśnienie wytwórcy, maksymalne ciśnienie projektowe.

Nominalne ciśnienie wytwórcy jest ciśnieniem kwalifi-



Rys. 1. Maksymalne ciśnienia dla rur GRP w zależności od średnicy [6]

kowanym pomniejszonym o współczynniki uwzględniające zakres stosowania, konsekwencje uszkodzenia oraz zakres występujących obciążeń osiowych.

Ciśnienie projektowe odpowiada 20-letniemu okresowi eksploatacji przy temperaturze  $65^{\circ}\text{C}$  i określane jest przy wykorzystaniu analizy stanu naprężeń systemu rurowego. Jeżeli naprężenia przekraczają wytrzymałość rury, wówczas projektant zobowiązany jest do przeprojektowania systemu w celu zmniejszenia naprężeń lub wybrania takich elementów, które charakteryzują się większą wartością ciśnienia kwalifikowanego.

### Metody badawcze rur z tworzyw sztucznych wzmocnianych włóknem szklanym według wymagań normy PN-EN ISO 14692

Norma PN-EN ISO 14692 składa się z czterech części [6–9].

W zakresie metod badawczych rur typu GRP należy odnieść się do wymagań normy PN-EN ISO 14692-2:2011 [7], w której przedstawiono wymagania doty-

czące materiałów, zakresu zastosowania oraz procedury kwalifikacyjnej.

Poniżej zestawiono podstawowe wymagania, które powinny spełniać rurociągi z materiałów kompozytowych przeznaczone do przesyłania paliw węglowodorowych.

### Materiały konstrukcyjne

W punkcie odnoszącym się do materiałów konstrukcyjnych w normie określono podstawowe materiały wzmocniające, czyli włókna oraz materiały wiążące – żywice.

Podstawowym materiałem wzmocniającym powinno być włókno szklane. Dopuszcza się stosowanie włókien

węglowych lub aramidowych w celu zapewnienia miejscowego wzmocnienia kształtek. Jednak takie rozwiązania wymagają przeprowadzenia kwalifikacji na podstawie badań w zakresie określenia ich żywotności.

Odnosnie materiału wiążącego wymaga się stosowania

żywic termoutwardzalnych, do których należą: poliester, ester winylowy i fenolowy.

Wartość temperatury zeszklenia tych materiałów powinna być większa o 30°C od temperatury kwalifikacji [7].

Ważnym elementem konstrukcyjnym całego systemu są również połączenia rur i całego asortymentu kształtek. Powinny być one wykonywane jako klejone, laminowane lub kołnierzowe. Żywica klejąca lub laminująca stosowana do wykonywania połączeń powinna charakteryzować się właściwą lepkością dla danej temperatury i wilgotności powietrza w miejscu wykonywania aplikacji.

### Ograniczenia grubości ścianki

Przedstawione wymagania w normie PN-EN ISO 14692-2:2011 [7] dotyczą wyłącznie rur, dla których stosunek grubości ścianki do średnicy jest zgodny z równaniem:

$$\left(\frac{t_r}{D}\right) \leq 0,1$$

Program kwalifikacji według normy PN-EN ISO 14692-2:2011 [7] zawiera typowe metody oceny parametrów roboczych elementów składowych pod względem ciśnienia wewnętrznego, podwyższonej temperatury, odporności chemicznej, właściwości parametrów elektrostatycznych i pożarowych, z dodatkowymi metodami oceny odporności na uderzenia, niskie temperatury i zachowania się przy ograniczonym ciśnieniu cyklicznym.

Od wytwórcy wymaga się, aby określił ciśnienie kwa-

gdzie:

$t_r$  – średnia grubość wzmocnionej ścianki, tj. z wyłączeniem wykładziny i nadatku grubości na ochronę przeciwpożarową,

$D$  – średnia średnica konstrukcyjnej części ścianki.

Dla zapewnienia odpowiedniej odporności podczas obsługi i instalowania, minimalną całkowitą grubość ścianki  $t_{min}$  wszystkich części składowych należy określać według podanych zależności:

$$\text{dla } D_i \geq 100 \text{ mm: } t_{min} \geq 3 \text{ mm,}$$

$$\text{dla } D_i < 100 \text{ mm: } \left(\frac{t_{min}}{D_i}\right) \geq 0,025 \text{ mm,}$$

gdzie:

$D_i$  – średnica wewnętrzna wzmocnionej ścianki części składowej.

### Program kwalifikacji

lifikacji  $p_q$ , które jest związane z oznaczeniem ciśnienia nominalnego  $p_{NPR}$  według równania:

$$p_{NPR} = f_2 \cdot f_{3,man} \cdot p_q$$

gdzie:

$f_2$  – współczynnik obciążenia (współczynnik bezpieczeństwa),

$f_{3,man}$  – współczynnik, w którym uwzględniono zdolność GRP do ograniczonych obciążeń osiowych.

### Kwalifikacja ciśnienia i temperatury

Określane przez wytwórcę ciśnienie kwalifikacji  $p_q$  powinno być odniesione do następujących warunków pracy:

- typowy czas pracy: 20 lat w temperaturze 65°C,
- dla warunków pracy w innych temperaturach oraz przy wystąpieniu degradacji chemicznej związanej z transportowanym medium należy wprowadzić współczynniki cząstkowe A1 i A2.

Celem procedury kwalifikacji jest zweryfikowanie proponowanego ciśnienia kwalifikacji każdej części składowej. Badania kwalifikacyjne są badaniami odporności określonych reprezentantów, a wprowadzone

zmiany charakterystyk wyrobów wymagają powtórnej kwalifikacji.

Ciśnienie kwalifikacji  $p_q$  dla rur, połączeń i kształtek określa się za pomocą:

- procedury pełnej kwalifikacji (tablica 2),
- ograniczonej kwalifikacji, dla systemów do przesyłania wody pod niskim ciśnieniem,
- kwalifikacji metodami projektowymi,
- przeliczenia ciśnienia kwalifikacji z typowego okresu eksploatacji projektowej (20 lat) na inne projektowane okresy eksploatacji.

### Odporność temperaturowa i chemiczna

W przypadku stosowania rur GRP w warunkach temperatury wyższej niż 65°C oraz medium innego niż woda

określa się współczynniki A1 i A2, redukujące parametry robocze systemu.

Tablica 2. Procedura pełnej kwalifikacji

Część składowa	Typ wyrobu	Badania kwalifikacyjne	Zastosowanie
Rura prosta	Reprezentant rodziny <sup>a</sup>	Pełne badanie regresji w temperaturze 65°C lub w temperaturze projektowej, jeżeli jest wyższa (ASTM D2992-06 – Procedura B)	Ciśnienie kwalifikacji
			Napężenie kwalifikacji
			Gradient
Rura plus połączenie, kształtki i proces wytwarzania	Reprezentant rodziny <sup>a</sup>	Pełne badanie regresji w temperaturze 65°C lub w temperaturze projektowej, jeżeli jest wyższa (ASTM D2992-06 – Procedura B), lub gradient domyślny	Ciśnienie kwalifikacji
	Reprezentant sektora wyrobu	Dwa trwające 1000 h badania żywotności w temperaturze 65°C lub w temperaturze projektowej, jeżeli jest wyższa (ASTM D1598)	Ciśnienie kwalifikacji
	Odmiana części składowej	Dwa trwające 1000 h badania żywotności w temperaturze 65°C lub temperaturze projektowej, jeżeli jest wyższa (ASTM D1598) lub metoda Scalinga albo metoda projektowa (w wyjątkowych przypadkach)	Ciśnienie kwalifikacji

<sup>a</sup> Wymaga się badania tylko jednego wymiaru średnicy części składowej.

Dla temperatury do 65°C współczynnik  $A1 = 1,0$ . Określenie współczynnika  $A1$  dla innych temperatur należy przeprowadzić na podstawie danych uzyskanych z badań prowadzonych według ASTM D2992, gdzie na podstawie badań odporności na ciśnienie wewnętrzne przy różnych naprężeniach obwodowych w określonej temperaturze wyznacza się krzywe regresji służące do ustalenia odpowiedniego ciśnienia dla 20-letniego okresu eksploatacji. W oparciu o tę samą normę można określić współczynnik  $A2$  redukcji parametrów roboczych systemu ze względu na odporność chemiczną, przy czym badania przeprowadza się z zastosowaniem medium chemicznego

o temperaturze projektowej. Ze względów praktycznych norma dopuszcza określenie współczynników redukcji parametrów roboczych metodami alternatywnymi opisanymi w Załączniku D, tj. według ISO 175, ASTM C581 oraz ASTM D543. Metody określania odporności materiałów GRP na oddziaływanie chemiczne opisane w wymienionych normach nie wymieniają jednak kryteriów akceptacji. W celu wyznaczenia współczynników  $A1$  i  $A2$  można skorzystać z normy PN-EN 13121-2, która określa wymagania w zakresie odporności chemicznej materiałów kompozytowych do produkcji naziemnych zbiorników z tworzyw sztucznych wzmocnianych włóknem szklanym.

### Odporność na uderzenia

Rury GRP powinny się charakteryzować odpornością na uderzenie o energii 5 J. Sprawdzenie odporności na tego typu oddziaływanie przeprowadza się, poddając uderzeniu odcinek rury o długości 1 m obciążnikiem o masie 5 kg

z półkulistym końcem o promieniu 12 mm spuszczonego z wysokości 1 m. Próbkę następnie poddaje się trwającemu 1000 h badaniu odporności na ciśnienie wewnętrzne. Próbka nie powinna ulec uszkodzeniu.

### Odporność na cykliczne zmiany ciśnienia

Badanie odporności na cykliczne zmiany ciśnienia należy przeprowadzić na dwóch próbkach rurowych w temperaturze  $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ . Próbkę poddaje się zmianom ciśnienia

do ciśnienia nominalnego z częstotliwością 25 cykli/minutę  $\pm 2$  cykle/minutę. Badany wyrób powinien zachować szczelność po 7000 cykli.

### Odporność pożarowa

Elementy rurociągu, tj. rury, kształtki i połączenia, poddaje się badaniu odporności pożarowej zgodnie z normą PN-EN ISO 14692-2.

Badanie odporności pożarowej przeprowadza się według klasyfikacji rodzaju pożaru:

- pożar strumieniowy,

- pożar piecowy (pożar rozlewiska węglowodorów),
- płomień uderzeniowy.

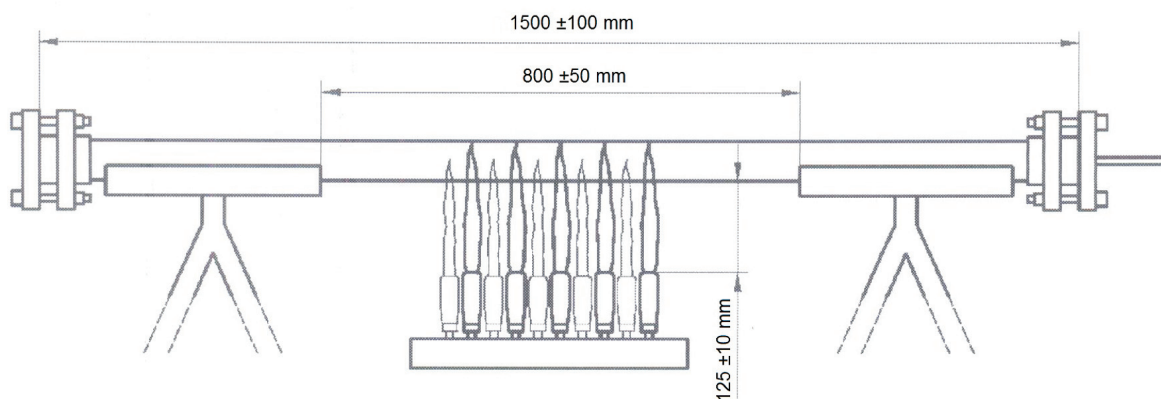
Badania odporności pożarowej powinny obejmować wszystkie rodzaje połączeń, ponieważ są one najbardziej narażone na uszkodzenie. Jeżeli przewiduje się, że system rurociągu będzie zabezpieczony dodatkową warstwą chroniącą przed pożarem, wówczas próbka do badania powinna zawierać takie zabezpieczenie.

Próbka podczas badania powinna znajdować się pod ciśnieniem równym wartości ciśnienia projektowego. Medium może być woda lub azot.

Odporność na pożar strumieniowy określa się, poddając próbkę działaniu strumienia płomienia wypływającego z dyszy o określonych wymiarach, umieszczonej w odległości 1 m od powierzchni próbki. Za próbką powinna znajdować się otwarta skrzynia, której zadaniem jest „zatrzymanie” płomienia i spowodowanie jego zawirowania tak, że całkowicie otoczy on badany wyrób i będzie symulował skutki erozji.

Pożar piecowy (pożar rozlewiska węglowodorów) to metoda badania odporności pożarowej umożliwiająca określenie czasu, w którym rura GRP nie ulegnie uszkodzeniu w warunkach kontrolowanej ekspozycji pożaru. Podczas badania symulowane są warunki całkowitego i ciągłego omywania próbki płomieniem dużego, swobodnie palącego się pożaru rozlewiska węglowodorów. Temperatura powietrza wytworzona przez strumień ciepła powinna wynosić co najmniej 815°C po pierwszych 3 minutach badania, a po 5 minutach – osiągnąć wartość między 1010°C a 1080°C i być utrzymywana na tym poziomie aż do końca badania.

Podczas badania odporności rur GRP i ich połączeń na pożar uderzeniowy próbkę poddaje się działaniu stałego strumienia ciepła na poziomie  $113,6 \text{ kW/m}^2 \pm 11,4 \text{ kW/m}^2$ . Strumień ten odpowiada płomieniowi ze wstępnym mieszaniem propanu o czystości 95%, przy strumieniu paliwa 5 kg/h i całkowitym uwolnieniu ciepła 65 kW. Stanowisko do tego badania przedstawiono schematycznie na rysunku 2.



Rys. 2. Ogólny widok stanowiska do badania odporności pożarowej (pożar uderzeniowy) [7]

### Przewodność elektryczna i właściwości rozpraszania elektrostatycznego

Zgodnie z wymaganiami PN-EN ISO 14692-2:2011, elementy systemu rurociągu GRP powinny zostać poddane badaniom w celu określenia przewodności elektrycznej oraz rozpraszania elektrostatycznego. Wyniki badań będą podstawą do określenia przez projektanta systemu rurociągu odległości między punktami kontaktu z uziemieniem, tak aby nie dopuścić do gromadzenia się na rurociągu ładunku elektrycznego, który mógłby doprowadzić do gwałtownego wyładowania.

Właściwości elektryczne określa się według następujących metod:

- określenie oporności elektrycznej na jednostkę długości części składowej,

- określenie właściwości osłony ekranowania ładunku części składowej,
- określenie czasu zanikania ładunku części składowej,
- określenie ciągłości elektrycznej.

Uzyskane wyniki badań umożliwią przyporządkowanie odpowiedniego kodu X/Y klasyfikacji przewodności elektrycznej i rozpraszania elektrostatycznego dla danego systemu GRP. Parametr roboczy X jest wyznaczany do przypisanych poziomów w malejącym szyku właściwości przewodności zgodnie z tabelicą 3. Wskaźnik Y natomiast może przyjmować wartości 1 lub 0. Jeżeli połączenie w systemie rur i kształtek GRP spełnia wymagania ciągłości, wówczas Y = 1, a jeżeli ciągłość nie jest osiągnięta, wtedy Y = 0.

Tablica 3. Kod klasyfikacji właściwości elektrycznych [7]

Kod	Wymagane właściwości elektryczne
C1 a	Oporność na jednostkę długości mniejsza niż $1 \times 10^5 \Omega/m$ , gdy część składowa rurociągu poddana jest badaniu metodą od wewnątrz do powierzchni zewnętrznej lub od zacisku uziemiającego pod napięciem 100 V lub niższym, zgodnie z pkt. G.2 normy [7], oraz spełnia wymagania C3
C1 b	Oporność na jednostkę długości mniejsza niż $1 \times 10^5 \Omega/m$ , gdy część składowa rurociągu poddana jest badaniu metodą od wewnątrz do powierzchni zewnętrznej lub od zacisku uziemiającego pod napięciem 1000 V lub niższym, zgodnie z pkt. G.2 normy [7], oraz spełnia wymagania C3
C2 a	Oporność na jednostkę długości mniejsza niż $1 \times 10^5 \Omega/m$ , gdy część składowa rurociągu poddana jest badaniu metodą od zewnątrz do powierzchni zewnętrznej lub od zacisku uziemiającego pod napięciem 100 V lub niższym, zgodnie z pkt. G.2 normy [7]
C2 b	Oporność na jednostkę długości mniejsza niż $1 \times 10^5 \Omega/m$ , gdy część składowa rurociągu poddana jest badaniu metodą od zewnątrz do powierzchni zewnętrznej lub od zacisku uziemiającego pod napięciem 1000 V lub niższym, zgodnie z pkt. G.3 normy [7]
C3	Najwyższe indukowane na powierzchni zewnętrznej rury napięcie nie wyższe niż 2% napięcia zasilania, gdy część składowa rurociągu poddana jest badaniu zgodnie z pkt. G.3 normy [7] oraz spełnia wymagania C4
C4	Oporność na jednostkę długości mniejsza niż $1 \times 10^5 \Omega/m$ , gdy część składowa rurociągu poddana jest badaniu metodą w zacisku uziemiającym do zacisku uziemiającego pod napięciem 100 V lub niższym, zgodnie z pkt. G.2 normy [7]
C5	Oporność powierzchniowa mniejsza niż $1 \times 10^9 \Omega$ , gdy jest określana zgodnie z ASTM D257
C6	Własności zaniku ładunku na powierzchni powinny spełnić wymagania pkt. G.4 normy [7]
C7	Dostępne dane liczbowe przewodności nieodpowiadające w pełni C1 do C6
C8	Dostępne dane liczbowe przewodności odpowiadające od C1 do C6
C9	Nieprzewodzące

### Właściwości dodatkowe

W celu określenia wartości dodatkowych właściwości części składowych systemu wymagane jest przeprowadzenie, dla każdego reprezentanta rodziny wyrobu rury gładkiej, co najmniej jednego z wymienionych badań. Są to:

- obwiednia długoterminowego uszkodzenia rury, określona zgodnie z załącznikiem C normy [7] w temperaturze 65°C lub wyższej,
- krótkoterminowa wytrzymałość osiowa, określona zgodnie z ASTM D2105,
- moduł rozciągliwości osiowej, określony zgodnie z ASTM D2105,
- moduł zginania osiowego, określony zgodnie z ASTM D2925,
- moduł rozciągania obwodowego i liczba Poissona, określone zgodnie z API 15HR,
- wytrzymałość na zginanie obwodowe i moduł, określone zgodnie z ASTM D2412,
- współczynnik Poissona dla osiowego obciążenia rozciągającego i wynikającej z niego kontrakcji obwodowej, określonej zgodnie z ASTM D2105,
- współczynnik rozszerzalności cieplnej w kierunku osiowym, określony zgodnie z ASTM D696,
- przewodność cieplna części składowej i powłok ochronnych, określona w kierunku promieniowym, zgodnie z ASTM E C177,
- gęstość części składowych.

### Podsumowanie

Rury z materiałów kompozytowych typu GRP stosowane są w Polsce przede wszystkim w systemach kanalizacji deszczowej i sanitarnej. Ze względu na ich zalety, do których możemy zaliczyć:

- wysoką wytrzymałość na ciśnienie wewnętrzne,
  - niski ciężar,
  - niski współczynnik tarcia,
  - odporność na korozję,
  - odporność chemiczną,
- mogłyby być one również wykorzystywane do przesyłania gazu, głównie przy ciśnieniach większych niż 1 MPa. Do oceny parametrów użytkowych rur GRP przeznaczonych do przesyłania gazu można zastosować wymagania zawarte w normie PN-EN ISO 14692:2010 [6].

Przesyłanie paliw gazowych rurami z materiałów kompozytowych ograniczone jest jednak *Rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 30 lipca 2001 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać sieci gazowe*.

Rozporządzenie w zakresie materiałów wykorzystywanych do budowy gazociągów dopuszcza stosowanie tylko

stali i tworzyw sztucznych (polietylenu i poliamidu). Rury z tworzyw sztucznych wzmocnianych włóknem szklanym spełniające wymagania normy PN-EN ISO 14692-2:2011 [7] mogą być natomiast stosowane w przesyłce gazu płynnego lub też w instalacjach technologicznych na terenach górniczych.

## Literatura

- [1] ASTM D2583-07 *Standard Test Method for Indentation Hardness of Rigid Plastics by Means of a Barcol Impressor*.
- [2] ASTM E2092-09 *Standard Test Method for Distortion Temperature in Three-Point Bending by Thermomechanical Analysis*.
- [3] ISO 11357-2:1999 *Plastics – Differential scanning calorimetry (DSC) – Part 2: Determination of glass transition temperature*.
- [4] ISO 4901:2011 *Reinforced plastics based on unsaturated-polyester resins – Determination of the residual styrene monomer content, as well as the content of other volatile aromatic hydrocarbons, by gas chromatography*.
- [5] ISO 6721-1:2011 *Plastics – Determination of dynamic mechanical properties – Part 1: General principles*.
- [6] PN-EN ISO 14692-1:2010 *Przemysł naftowy i gazowniczy – Rurociągi z tworzyw sztucznych wzmocnione włóknem szklanym (GRP) – Część 1: Słownictwo, symbole, zastosowanie i materiały*.
- [7] PN-EN ISO 14692-2:2011 *Przemysł naftowy i gazowniczy – Rurociągi z tworzyw sztucznych wzmocnione włóknem szklanym (GRP) – Część 2: Kwalifikacja i wytwarzanie*.
- [8] PN-EN ISO 14692-3:2011 *Przemysł naftowy i gazowniczy – Rurociągi z tworzyw sztucznych wzmocnione włóknem szklanym (GRP) – Część 3: Projektowanie systemu*.
- [9] PN-EN ISO 14692-4:2011 *Przemysł naftowy i gazowniczy – Rurociągi z tworzyw sztucznych wzmocnione włóknem szklanym (GRP) – Część 4: Wytwarzanie, instalowanie i eksploatacja*.



Mgr inż. Piotr SZEWCZYK – absolwent Wydziału Inżynierii Mechanicznej i Robotyki Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Kierownik Laboratorium Tworzyw Sztucznych Instytutu Nafty i Gazu w Krakowie. Zajmuje się zagadnieniami związanymi z badaniem wyrobów z tworzyw sztucznych stosowanych do budowy sieci gazowych.