

mgr inż. Sebastian Kosmański¹⁾

ORCID: 0000-0003-0617-4928

dr hab. inż. Józef Myrczek^{2)*)}

ORCID: 0000-0002-9351-1410

Kryteria doboru materiałów do wytwarzania gazociągów przesyłowych i dystrybucyjnych

Criteria of choice of materials for construction of gas supply and distribution pipelines

DOI: 10.15199/33.2022.11.04

Streszczenie. W konstrukcji gazociągów można stosować stal lub polietylen. W artykule przeanalizowano czynniki wpływające na wybór preferowanego materiału konstrukcyjnego. Uwzględniono: wymagania formalne, normatywne, techniczne, ekonomiczne, środowiskowe, bezpieczeństwa, czasu realizacji, warunki operatora/zleceniodawcy oraz występujące ryzyko. Gdy możliwe jest zamienne stosowanie polietylenu i stali, preferowane jest użycie polietylenu. W przypadku wysokiego ciśnienia w gazociągu jedynym dopuszczalnym materiałem jest stal.

Słowa kluczowe: gazociąg; dobór materiałów budowlanych; polietylen; stal.

Abstract. Both steel and polyethylene can be used in the construction of gas pipelines. The article concerns the factors determining the choice of preferred construction material. The following factors were taken into account: formal and normative requirements, technical, economic, environmental, safety, implementation time, operator's / investor's requirements and the risk involved. Where polyethylene and steel can be used interchangeably, polyethylene should be preferred. Steel is the only acceptable material for high pressures pipelines.

Keywords: gas pipeline; choice of construction materials; polyethylene; steel.

Do budowy gazociągów w Polsce stosuje się stal lub polietylen, których charakterystykę podano w [1]. Ze względu na właściwości oraz wymagania formalnoprawne różny jest zakres stosowania tych materiałów. Kryteria ich wyboru powinny uwzględniać cykl życia gazociągu obejmujący fazę projektowania, budowy, eksploatacji, aż do zaprzestania użytkowania i likwidacji.

Charakterystyka procesu budowy i eksploatacji gazociągów

Proces budowy sieci przesyłowych i dystrybucyjnych jest sformalizowany. Inwestor sieci gazowej zobowiązany jest m.in. do zorganizowania procesu budowy, w tym do opracowania projektu budowlanego (technicznego), ustanowienia kierownika budowy oraz inspektora nadzoru inwestorskiego, a także wykonania i odbioru robót [2]. W praktyce inwestorzy wspomagają się potencjałem kadrowym i zapleczem

technicznym zewnętrznych wykonawców. Główne etapy cyklu życia gazociągu to:

■ przygotowanie inwestycji, w tym:

- założenia techniczno-ekonomiczne, studium wykonalności przedsięwzięcia;
- projektowanie sieci gazowej, w tym dobór materiałów: rur; kształtek; armatury; ich parametrów; obliczenia wytrzymałościowe;

■ realizacja:

- zakup materiałów i urządzeń;
- spawanie/zgrzewanie rur i kształtek; montaż gazociągu;
- wykonanie biernej i czynnej ochrony antykorozyjnej gazociągów stalowych;

- roboty ziemne – przygotowanie trasy; wykonanie wykopu; układanie i zasypywanie gazociągu; przywrócenie terenu budowy do stanu pierwotnego;
- przekraczanie przeszkód terenowych metodami bezwykopowymi (fotografia);

- kontrola, badanie i sprawdzenie poprawności wykonania;
- badanie wytrzymałości i szczelności gazociągu;
- nagazowanie i rozruch gazociągu;
- odbiór robót; przekazanie obiektu do eksploatacji i użytkowania;



Przykład zabudowy gazociągu wysokiego ciśnienia – rury stalowe Fot. S. Kosmański
An example of high pressure gas pipeline installation – steel pipes Photo S. Kosmański

■ eksploatacja:

- monitorowanie stanu sieci – kontrola ciśnienia w sieci (bezpośrednia lub zdalna) oraz składu chemicznego gazu;
- przeglądy urządzeń i armatury na sieciach i w stacjach gazowych;
- czynna ochrona antykorozyjna – pomiary stanu izolacji gazociągu;

¹⁾ Stalprofil S.A.

²⁾ Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej, Wydział Inżynierii Materiałów, Budownictwa i Środowiska

*) Adres do korespondencji: jmyrczek@ath.bielsko.pl

– sprawdzanie szczelności sieci, usuwanie zanieczyszczeń (kondensatu) z gazociągu;

■ zakończenie eksploatacji:

– unieruchomienie gazociągu – wyłączenie z eksploatacji; pozostawienie nieczynnej instalacji w gruncie;
– likwidacja gazociągu – usunięcie elementów z gruntu (jeżeli jest możliwe i ekonomicznie uzasadnione) oraz demontaż instalacji nadziemnych.

Podstawowym, formalnym kryterium doboru materiałów do budowy sieci gazowych jest maksymalne ciśnienie robocze (MOP) w gazociągu. W Polsce występują sieci niskiego (do 10 kPa), średniego (10,0 kPa ÷ 0,5 MPa), podwyższonego średniego (0,5 ÷ 1,6 MPa) i wysokiego (powyżej 1,6 MPa) ciśnienia.

Zasady stosowania rurociągów stalowych i PE

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Gospodarki z 26 kwietnia 2013 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać sieci gazowe i ich usytuowanie [3] **gazociąg należy tak projektować i budować, aby zapewnić jego wytrzymałość i szczelność, uwzględniając siły działające na gazociąg związane z budową, warunkami środowiskowymi i klimatycznymi oraz lokalizacją, a także z występującym w nim ciśnieniem oddziałującym na poszczególne elementy w trakcie użytkowania.**

Do budowy gazociągów, w których MOP nie przekracza 1,0 MPa, stosuje się polietylen, natomiast stal w przypadku każdego ciśnienia. Jest ona jedynym materiałem dopuszczonym do stosowania w sieciach gazowych wysokiego ciśnienia [3]. Sieci podwyższonego średniego ciśnienia wykonywane są z wyrobów stalowych, a rozpatrywanie polietylenu jako alternatywnego materiału ma charakter czysto teoretyczny, natomiast w sieciach niskiego i średniego ciśnienia ze stali lub polietylenu PE80/PE100.

W tabeli zestawiono cechy stali oraz polietylenu stosowanych do wytwarzania gazociągów. Metodą ekspercką wynikającą z praktyki wykonawczej określono przydatność tych cech.

Do wykonywania sieci przewiertem lub posadowionych w gruncie skali-

Zestawienie cech stali (ST) oraz polietylenu (PE) jako materiałów stosowanych w budowie gazociągów

List of the characteristics of steel (ST) and polyethylene (PE) as materials used in the construction of gas pipelines

Cecha	Materiał (max. ciśnienie robocze 1,0 MPa)		Ocena	
	Stal	Polietylen	ST	PE
Cechy ekonomiczne				
Koszt rur i kształtek	większy niż PE	mniejszy niż stali		++
Dostępność materiałów	średnio 0 ÷ 10 tygodni	średnio 0 ÷ 2 tygodnie		++
Wybór asortymentu	pełen zakres średnic, materiałów oraz grubości ścianek rur i kształtek	pełen zakres średnic, materiałów oraz grubości ścianek rur i kształtek	=	=
Koszty wykonywania połączeń	spawanie – duże koszty materiału dodatku do spawania, spawaczy	zgrzewanie – niewielkie koszty, dodatkowy koszt kształtki przy zgrzewaniu elektrooporowym		+
Cechy technologiczne i formalne w trakcie budowy				
Sprzęt do wykonywania połączeń	duży koszt	mniejszy koszt w stosunku do spawania		++
Łatwość wykonywania połączeń	wymagane duże doświadczenie i praktyka	wymagane średnie doświadczenie i praktyka		+
Warunki wykonywania połączeń	zaleca się temperaturę otoczenia powyżej 5°C	zaleca się temperaturę otoczenia powyżej 5°C	=	=
Pewność połączenia	100% poparta badaniami NDT	mogą pojawiać się niezgodności np. w elektrokształtkach	++	
Kontrola jakości	badania nieniszczące – dodatkowy koszt i czas na weryfikację wyników	ogledziny zewnętrzne – brak dodatkowych kosztów		++
Długość rury	najczęściej 8, 12, 14, 16 m	do średnicy DN75 kręgi 100 i 200 m, powyżej DN90 – 12 m		++
Czynna chrona antykorozyjna	wymagana	niewymagana		++
Odporność na korozję	uzależniona od ochrony katodowej i stanu izolacji	nie podlega korozji		++
Wytrzymałość eksploatacyjna (okres użytkowania)	50 lat	PE80/PE100 – 50 lat PE100RC – 100 lat	=	=
Parametry fizyczne	duży ciężar, konieczność użycia dźwigu/koparki	mniejszy ciężar		+
Wymagania formalne: system zapewnienia jakości wykonawcy	wymagane posiadanie odpowiednich systemów	niewymagane		++
Wymagania formalne: technologie wykonawcze	wymagane w pełnym zakresie budowy	niewymagane		++
Wymagania formalne: uprawnienia osób wykonujących połączenia	wymagane w pełnym zakresie łączenia	wymagane w pełnym zakresie łączenia	=	=
Wymagania formalne: nadzór nad procesem łączenia	wymagane wysokie kwalifikacje nadzoru spawalniczego	wymagane kwalifikacje nadzoru nad zgrzewaniem		+
Wymagania formalne: materiały, dokumentacja	wymagana duża jakość potwierdzona świadectwami odbioru	wymagana duża jakość potwierdzona świadectwami odbioru	=	=
Uszkodzenie mechaniczne rury w trakcie robót	mało prawdopodobne	średnio prawdopodobne		+
Możliwość uszkodzenia izolacji rury – przyspieszenie korozji	średnio prawdopodobne	nie dotyczy		++
Łatwość układania	minimalna elastyczność stali, większa konieczność precyzyjnego układania	dobra elastyczność przewodu, lepsze dostosowanie do warunków terenowych		++
Podsypka/obsypka piaskowa	wymagana w celu ochrony izolacji	wymagana w przypadku rur PE80/100, niewymagana w przypadku rur PE100RC		+
Wykonanie przewiertu	duża możliwość uszkodzenia izolacji rury	w przypadku rur PE100RC brak przeciwwskazań	=	=
Transport rur na budowę	ograniczony średnicą, ciężarem i długością rur	ograniczony liczbą rur		+
Magazynowanie	zgodnie z zaleceniami producenta	zaleca się, aby rury nie były narażone na światło słoneczne dłużej niż rok	=	=
Cechy eksploatacyjne				
Uszkodzenia powłoki zewnętrznej w trakcie eksploatacji	ryzyko uszkodzenia izolacji rury – korozja	ryzyko uszkodzenia ścianki rury	=	=
Kontrola w trakcie eksploatacji	należy systematycznie sprawdzać stan izolacji	kontrole doraźne		+
Utylizacja				
Utylizacja po eksploatacji	brak możliwości usunięcia gazociągu z gruntu	brak możliwości usunięcia gazociągu z gruntu	=	=

Ocena: ++ duża przewaga; + przewaga; = brak przewagi

stym, mogącym uszkodzić ścianki rury w trakcie układania, w praktyce stosuje się rury z polietylenu PE100RC (Resistant to Crack, o podwyższonej odporności na powolny wzrost naprężeń). Decyzja należy do operatora gazociągu, który przekazuje odpowiednie wytyczne projektantowi.

W celu ochrony gazociągów stalowych na terenach zagrożonych ruchami górotwórczymi lub obszarach oddziaływania kopalń przed nadmiernymi naprężeniami stosuje się kompensatory. Umożliwiają one pracę sieci przy przemieszczaniu się gruntu i zapewniają dyatację (skrócenie/wydłużenie) ± 400 mm. W takich warunkach rurociąg z polietylenu ma lepsze właściwości plastyczne niż ze stali. W celu ograniczenia ryzyka uszkodzeń mechanicznych rur polietylenowych zaleca się stosowanie PE100RC. W przypadku gazociągów zabudowywanych w gruncie (niezależnie od stosowanego materiału), zjawisko kompensacji wydłużeń cieplnych nie jest istotne ze względu na brak bezpośredniego wpływu temperatury powietrza atmosferycznego. Natomiast temperatura przesyłanego medium w części liniowej gazociągu nie podlega dużym zmianom.

Sieci gazowe na powierzchni terenu, nad przeszkodami typu droga, rzeka zaleca się wykonywać z rur stalowych (najlepiej w rurze ochronnej). Stosowanie materiałów polietylenowych zwiększyłoby ryzyko uszkodzeń w fazie eksploatacji ze względu na ich mniejszą wytrzymałość w porównaniu z rurami stalowymi (możliwość uszkodzenia mechanicznego, wandalizm), możliwe odkształcenia pod wpływem zmian temperatury zewnętrznej (zarówno dodatniej, jak i ujemnej) oraz negatywny wpływ promieni słonecznych (w tym przede wszystkim fotodegradacja pod wpływem składowych promieniowania UV).

W przypadku układania gazociągu z rur stalowych i polietylenowych w terenie skalistym, przemysłowym (np. zanieczyszczonym gruzem) lub innym stwarzającym dodatkowy ryzyko dla rur i izolacji należy stosować podsypkę piaskową. W mniejszym stopniu dotyczy to rur wykonanych z bardziej wytrzymałego mechanicznie polietylenu PE100RC.

Gazociągi zlokalizowane w terenie narażonym na prądy błędzące (okolicie

zelektryfikowanych linii kolejowych oraz linii wysokiego napięcia) zaleca się zabezpieczyć antykorozyjnie. W przypadku konstrukcji z polietylenu zagadnienie to jest nieistotne ze względu na jego niewielką przewodność elektryczną, natomiast w przypadku rurociągów stalowych należy rozważyć zastosowanie:

- **biernej ochrony antykorozyjnej** – typ powłoki; grubość izolacji; dodatkowe zabezpieczenie, np. laminat szklano-żywiczny, w przypadku elementów nadziemnych stosuje się odpowiedni system malarski;

- **rury ochronnej**, a przestrzeń między rurami wypełnić i zabezpieczyć masą izolującą w celu zablokowania możliwości dostania się zanieczyszczeń i powietrza mogących powodować korozję rury przewodowej;

- **czynnej ochrony antykorozyjnej** – ustalenie wymaganego poziomu jednostkowej rezystancji przejścia, zastosowanie i wyposażenie punktów kontrolno-pomiarowych (słupki), dobór źródła zewnętrznego prądu itd.

Stosowane w gazociągach gatunki stali i ich parametry muszą być zgodne z normą PN-EN ISO 3183 [1]. Klasyfikacja PE wynika z wartości minimalnej wymaganej wytrzymałości (MRS z ang. *Minimum Required Strength*). Typy i parametry polietylenu stosowanego do transportu gazu, wody pitnej i kanalizacji bezciśnieniowej opisano w [4], a charakterystykę PE100RC w [5, 6].

Wnioski

Dobór i zastosowanie konkretnego materiału do budowy gazociągu/obiektu gazowego wynika z uwarunkowań:

- formalnoprawnych i normatywnych;
- technicznych (ciśnienie MOP panujące w sieci, wymagane i wynikające z obliczeń parametry techniczne i wytrzymałościowe);

- otoczenia pracy gazociągu/obiektu, np. przekroczenia przeszkód terenowych, występowania oddziaływań górniczych, terenów osuwiskowych, terenów o wysokim poziomie wód gruntowych (dociążenie gazociągu), prądów stałych, przemiennych, błędzących pochodzących ze zelektryfikowanych linii kolejowych lub linii wysokiego napięcia;

- bezpieczeństwa (określonego w trakcie projektowania współczynnika projektowego i klasy lokalizacji gazociągu oraz bezpieczeństwa eksploatacyjnego i wpływu na otaczające środowisko);

- kosztów materiałów oraz robocizny, montażu i układania, logistycznych;

- czasu realizacji inwestycji.

Należy również uwzględnić ryzyko towarzyszące budowie gazociągu oraz szczegółowe wymagania operatora/zleceniodawcy [7 ÷ 9]. Ponadto wybór materiału konstrukcyjnego powinien uwzględniać inne, opisane w artykule uwarunkowania. Omówione cechy wskazują na preferowanie konstrukcji polietylenowych, wszędzie tam, gdzie możliwe jest zamienne stosowanie stali lub polietylenu, np. w przypadku niskiego i średniego ciśnienia roboczego, natomiast w przypadku wysokiego ciśnienia gazociągu zaleca się stosowanie stali.

Literatura:

- [1] Kosmański S, Myrczek J. Materiały budowlane stosowane do wytwarzania gazociągów przesyłowych i dystrybucyjnych. Rodzaje materiałów. Materiały Budowlane. 2022; 602 (10): 86 – 89.
- [2] Kosmański S, Myrczek J. Zarządzanie ryzykiem w procesie budowy gazociągu przesyłowego. Wydawnictwo Difin. Warszawa 2019.
- [3] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z 26 kwietnia 2013 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać sieci gazowe i ich usytuowanie.
- [4] Rydarowski H. Właściwości PE nowej generacji w zastosowaniach rurowych, Inżynieria Bezwykopowa. 2004; 3 (07): 44 – 46.
- [5] <https://polskiprzemysl.com.pl/przemysl-chemiczny/weber-polska-zbiorniki-pe-100-rc/> (dostęp 29.04.2022).
- [6] <https://www.radpol.eu/pl/blog/2020-04-16/wlasciwosci-i-zastosowanie-rur-rc-multisafe-r-i-rc-maxiprotect-r-1> (dostęp 29.04.2022).
- [7] Zasady projektowania gazociągów stalowych niskiego i średniego ciśnienia oraz gazociągów polietylenowych, Polska Spółka Gazownictwa Sp. z o.o., 2021.
- [8] Instrukcja PE-DY-I26 – określająca wymagania Operatora Gazociągów Przesyłowych GAZ-SYSTEM S.A. dla podstawowych materiałów, technologii i urządzeń stosowanych przy budowie gazociągów przesyłowych, Operator Gazociągów Przesyłowych GAZ-SYSTEM S.A., Warszawa 2021.
- [9] Zasady budowy, technologii zgrzewania i napraw polietylenowych sieci gazowych, Polska Spółka Gazownictwa Sp. z o. o., 2021.

Przyjęto do druku: 22.08.2022 r.