



**RUROCIĄGI PREIZOLOWANE PRZESYŁOWE
GAZU ZIEMNEGO, ROPY NAFTOWEJ ORAZ PŁYNÓW
ZŁOŻOWYCH, A OCHRONA KATODOWA**

**PREINSULATED PIPELINES FOR EARTH GAS, CRUDE OIL
AND COMPLEX LIQUIDS AND CATHODIC PROTECTION**

Robert Ciupek

RAFAKO ENGINEERING Sp. z o.o. – GRUPA PBG S.A.

Słowa kluczowe: korozja, ochrona katodowa, rurociągi preizolowane
Keywords: corrosion, cathodic protection, preinsulated pipelines

Streszczenie

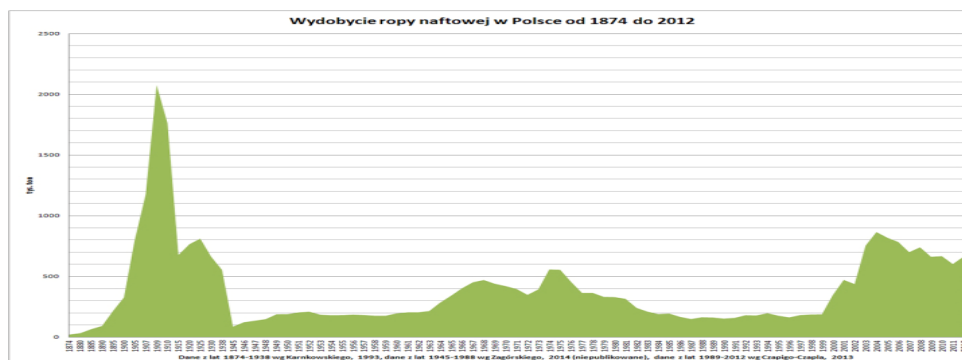
W referacie przedstawiono zastosowanie rurociągów wykonanych z rur preizolowanych do przesyłania gazu ziemnego, ropy naftowej oraz płynów złożowych. Pokazano zasadnicze różnice pomiędzy rurociągami pokrytymi zewnętrzną izolacyjną powłoką ochronną bezpośrednio na powierzchni stalowej, np. popularnych rur 3LPE, a rurociągami preizolowanymi oraz mechanizmy działania ochrony katodowej, jakie nie funkcjonują w przypadku rur stalowych preizolowanych.

Summary

In the lecture application has been presented of pipelines made of preinsulated tubes for transfer of earth gas, crude oil and complex liquids. Fundamental differences have been shown between pipelines covered with an external insulating protective coating directly on the steel surface, e.g. popular pipes with 3LPE insulation and preinsulated pipelines. Cathodic protection operating mechanisms have been discussed which do not function in the case of preinsulated steel pipes.

1. Wprowadzenie

Polska jest krajem, w którym złoża ropy naftowej w Karpatach i na ich przedgórzu mają długą historię, jest to rejon najstarszego światowego górnictwa ropy naftowej. W 2012 roku udokumentowano 84 (eksploatowane 63) złoża ropy naftowej: Karpaty i Przedgórze – 29 złóż (zasoby 3% i 2%), Niż Polski – 42 złoża (zasoby 76%) oraz Polska Strefa Ekonomiczna na Bałtyku – 2 złoża (zasoby 19%). Wydobycie ropy naftowej i kondensatu w 2012 roku w Polsce wyniosło 663,18 tys. ton i zwiększyło się w stosunku do 2011 r. o 61,19 tys. ton [8].



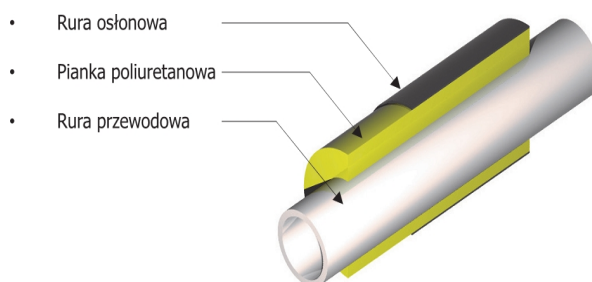
Rys. 1. Wydobycie ropy naftowej w Polsce do roku 2012 [8]

Zgodnie z obowiązującymi przepisami i aktami prawnymi rurociągi stalowe ropy naftowej i gazu „powinny być zabezpieczone przed korozją zewnętrzną za pomocą powłok izolacyjnych z tworzyw sztucznych i ochrony katodowej” [1]. Również podczas budowy i eksploatacji podziemnej infrastruktury kopalni gazu ziemnego oraz ropy naftowej rurociągi przesyłowe gazu ziemnego, ropy naftowej, gazów opałowych oraz płynów złożowych zabezpiecza się przed korozją powłokami izolacyjnymi i ochroną katodową.

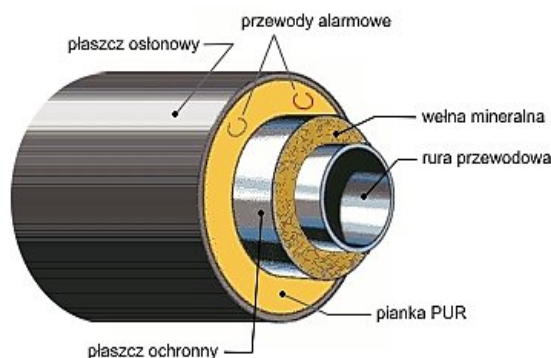
Wszelkiego rodzaju podziemne instalacje chronione katodowo należą do obwodów ziemno powrotnych, w których prąd ochronny przepływa przewodami elektrycznymi instalacji ochrony katodowej, rurociągami, jak i w przyległym gruncie. Coraz częściej do budowy takich instalacji wykorzystuje się rury preizolowane.

2. Rodzaje i zastosowanie rur preizolowanych

Rozróżnia się rury preizolowane zespolone, które charakteryzują się ścisłym przyleganiem płaszcza zewnętrznego wytworzonego z tworzywa sztucznego do wewnętrznej stalowej rury przewodowej poprzez izolację wewnętrzną. Izolacja ta jest jednowarstwowa wykonana z pianki poliuretanowej (PUR) – temperatura tłoczonego medium do 130°C lub poliizocyanuranowej (PIR) – temperatura tłoczonego medium do 160°C. Ponadto stosuje się też rury preizolowane ślizgowe, w których wewnętrzna izolacja składa się z dwóch warstw: wełna mineralna lub wełna z włókien szklanych i pianki PUR lub PIR [5]. Do budowy rurociągów gazu ziemnego, ropy naftowej, gazów opałowych oraz płynów złożowych stosuje się rury preizolowane z przewodową rurą stalową ze szwem lub bezszwowe.



Rys. 2. Budowa typowej rury preizolowanej



Rys. 3. Budowa rury preizolowanej ślizgowej

3. Charakterystyka obiektów

Podstawowymi właściwościami fizykochemicznymi wydobywanej ropy naftowej są: gęstość, lepkość, skład frakcyjny, zawartość asfaltenów, żywic, siarki i innych zanieczyszczeń. Udział węglowodorów ciekłych oraz stałych (parafina, asfalteny, smoła i inne) określa skład chemiczny ropy i jej gęstość. Większa zawartość siarki, azotu, asfaltenów w ropie powodują zwiększenie jej gęstości [6]. Ropa naftowa wydobywana ze złoża zawiera w swym składzie znaczne ilości parafin, które podczas zmian fizykochemicznych i fazowych płynu złożowego, poprzez wytrącenia, utrudniają proces eksploatacji. W trakcie przepływu rurociągami od odwiertów wydobywczych do ośrodka kopalni ropa naftowa o zwiększonej zawartości parafin, asfaltenów i wody złożowej powoduje osadzanie parafin na ściankach rurociągów powodując zmniejszenie przepływu [6]. Natomiast inne zanieczyszczenia z wodą tworzą w rurociągach tzw. emulsję, która jest trudna do rozdzielenia i oczyszczenia. W zależności od odwiertu i właściwości parametrów wejściowych na głowicy wydobywczej, opracowuje się instalację służącą do wydobywania, podgrzania, redukcji ciśnienia, opomiarowania oraz przygotowania do transportu (dozowanie chemikaliów) i przesłania płynów złożowych pochodzących z odwiertów. Płyn złożowy pod pełnym ciśnieniem głowicowym wypływa z odwiertu i jest kierowany na podgrzewacz liniowy, na którym następuje jego podgrzanie. Głównym celem podgrzewania płynu złożowego jest zapobieganie wytrącania się parafin oraz powstanie hydratów podczas redukcji ciśnienia. Płyn złożowy po podgrzaniu zostaje najczęściej skierowany na zawór redukcyjno-regulacyjny, na którym nastąpi redukcja ciśnienia. Po zre-

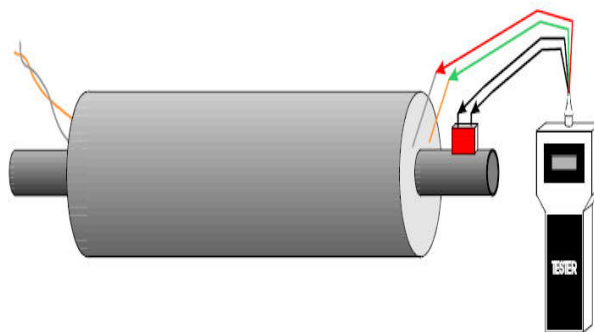
dukowaniu ciśnienia płyn trafia do węzownicy dogrzewającej z zamontowanym by-passie z zaworem regulacyjnym w celu zapewnienia na wyjściu wymaganej temperatury [2]. Dla utrzymania odpowiedniej temperatury mediów podczas ich przesyłania rurociągiem stosuje się do ich budowy rury preizolowane. Po całym procesie technologicznym ropa naftowa trafia do zbiorników magazynowych, gdzie się wychładza. Gdy temperatura magazynowanej ropy spadnie poniżej punktu wytrącania się osadów parafinowych powstają zarodki krystalizacji. Dobór odpowiednich inhibitorów parafin powstrzymuje proces osadzania parafin i zapewnia ciągłość przepływu ropy naftowej z odwiertów do kopalni oraz powstrzymuje osadzanie parafin w zbiornikach magazynowych.

4. Rurociągi preizolowane

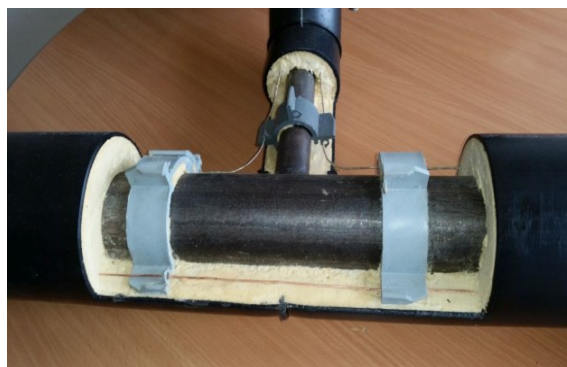
Odpowiednia kultura techniczna, nadzór oraz prawidłowe, staranne postępowanie podczas budowy rurociągów preizolowanych wykluczą późniejsze nieprawidłowości popełnione na etapie budowy. Każda rura preizolowana dostarczona i składowana na terenie budowy nie może mieć naruszonej lub odkształconej zewnętrznej powłoki (płaszcz). Końce rur powinny być szczelnie zabezpieczone przed chłonieniem wilgoci przez wewnętrzną piankę PUR. Składowane powinny być na miękkich podkładach, aby nie były nadmiernie ściskane, przez co może nastąpić zgniecenie lub uszkodzenie zewnętrznego płaszcza. Podłoże w wykopie przed ułożeniem rur preizolowanych musi być pozbawione kamieni oraz innych twardych przedmiotów związanych z montażem rur (podkłady drewniane, końcówki elektrod, tarcze szlifierskie itp.). Rury preizolowane powinny być układane na podsypce piaskowej oraz zasypany z boku rury nie bezpośrednio z góry, piaskiem, następnie gruntem rodzimym. Rury preizolowane są najczęściej wyposażone w dwa przewody alarmowe służące do wykrywania zawilgocenia pianki poliuretanowej. Podczas układania rur w wykopie i łączeniu przewodów należy pamiętać, aby:

- rury leżały w taki sposób by przewody alarmowe znajdowały się zawsze na górze;
- należy dążyć do takiego układania rur preizolowanych, aby przewody o tym samym kolorze znajdowały się zawsze po tej samej stronie wykopu;
- nie należy krzyżować ze sobą przewodów alarmowych;
- przed montażem w wykopie zaleca się sprawdzić stan przewodów i opór izolacji, w tym celu należy w badanym odcinku zewrzeć na końcu przewody i sprawdzić opór pętli za pomocą testera, np. LX 9024. Tester posiada cztery przewody; dwa z nich (czarne) należy podłączyć do rury za pomocą sprzęgła magnetycznego, pozostałe dwa (czerwony i zielony) podłączyć do drutów miedzianych. Zmierzona wartość oporu izolacji powinna wynieść minimum 20 MΩ. W przypadku całkowicie suchej pianki wartość zmierzona może przekraczać 200 MΩ [9].

Przed wykonaniem spawów kolejnych rur, po połączeniu przewodów pętli sygnalizacyjnej, należy założyć symetrycznie względem spawu na rurę preizolowaną, nasuwkę typ HDPE i wypełnić płynną pianką PUR składającą się z dwóch składników, które przed użyciem mieszamy. Połączenie rur pod nasuwką zalane płynnymi składnikami PUR wypełni się, a na końcach nasuwki powstaną wypływki sztywnej pianki poliuretanowej. Tak wykonane wypełnienie izolacją termiczną należy pozostawić na 3 do 6 godzin, po czym przystąpić do uszczelnienia wykonanego złącza, przez nałożenie taśmy termokurczliwej, opaski lub rękawa, po uprzednim odpowiednim przygotowaniu powierzchni pod nasuwką.



Rys. 4. Sposób sprawdzania przewodów alarmowych za pomocą testera LX 9024 [9]



Rys. 5. Przykład prawidłowego wykonania łączenia przewodów alarmowych

5. Zastosowanie ochrony katodowej rur preizolowanych

Stalowe rurociągi przesyłowe gazu ziemnego, ropy naftowej czy też wód złożowych w kopalniach ropy i gazu, które są wykonane z rur preizolowanych, oddzielone są od otaczającego środowiska, elektrolitów gruntowych grubą warstwą pianki PUR lub PIR oraz twardą i grubą rurą zewnętrzną (płaszczem) z tworzywa sztucznego. Płaszcz zewnętrzny rury preizolowanej to polietylen o bardzo wysokiej gęstości, który całkowicie zapobiega przedostaniu się elektrolitu gruntowego do powierzchni rury stalowej, przewodowej. Nawet, jeśli zastosowany będzie system ochrony katodowej, nie będzie przepływu prądu rurociągiem, tym samym nie jest to obwód ziemnopowrotny jak w klasycznych rurociągach, np. wykonanych w izolacji 3LPE. Choć obecnie obserwuje się zwłaszcza przy budowie gazociągów przesyłowych dążenie do wykonania gazociągów w izolacjach bezdefektowych, gdzie powłoka izolacyjna jest równie doskonała jak rurociągów preizolowanych, ochrona katodowa może być zastosowana i jest wymagana. Nawet najmniejsza nieszczelność powłoki izolacyjnej 3LPE, defekt lub powierzchniowe mikropory gazociągu, skutkują tym, iż płynie prąd systemu ochrony katodowej w rurociągu i obwód ziemnopowrotny jest zamknięty. Każdym najmniejszym defektem, gdzie nastąpi połączenie ścianki stalowej gazociągu z elektrolitem gruntowym popłynie prąd pomiarowy jak i prąd wpływający, którego zadaniem jest eliminowanie proce-

sów korozyjnych na ścianie gazociągu. Każde takie połączenie można stosunkowo łatwo wykryć z powierzchni gruntu.

Natomiast w przypadku rur preizolowanych mechanizm ochrony katodowej nie działa tak jak w przypadku rur 3LPE. Uszkodzenie w powłoce zewnętrznej rurociągu nie jest równoznaczne z kontaktem bezpośrednim środowiska, elektrolitu gruntowego z powierzchnią stalową rury wewnętrznej, przewodowej. Pomiędzy płaszczem zewnętrznym, a stalową rurą jest gęsta pianka PUR lub PIR, która ulega powolnej degradacji pod wpływem wody i temperatury [4]. Jeżeli rurociągi preizolowane transportują media podgrzane, elektrolit gruntowy wyparuje i nigdy nie dojdzie do kontaktu wody ze stalową rurą przewodową. W początkowej fazie przy dużym przenikaniu wód gruntowych, system sygnalizacyjny zawilgocenia pianki poliuretanowej, składający się pętli przewodów miedzianych, może zasygnalizować zawilgocenie pianki wewnętrznej. Należy podkreślić, iż system sygnalizacji zawilgocenia jest zbudowany z myślą, że medium tłoczone takim rurociągiem (ciepłociągiem) to gorąca woda i wskazuje nieszczelność rury stalowej wewnętrznej. Dopiero, gdy nastąpi kontakt elektrolitu gruntowego ze ścianką stalową rury przewodowej można będzie takie uszkodzenie wykryć metodą pomiarową z powierzchni gruntu. Niestety nie jest to jednoznaczne z możliwością zastosowania skutecznej ochrony katodowej, z powodu wysokiej rezystancji przejścia tego układu elektrycznego. Zawilgocenie pianki może być wielopowierzchniowe, a jej porowatość, struktura budowy „gąbki” zakłóca przepływ prądu. Zatem wielkość zagrożonej korozją powierzchni stalowej rury może być dużo większa niż defekt płaszcza zewnętrznego i nie musi koniecznie znajdować się pod miejscem defektu.

6. Stosować ochronę katodową rur preizolowanych, czy nie?

Technologia budowy obiektów, takich jak: kopalnie ropy naftowej, kopalnie gazu ziemnego, tłocznie wymagają zastosowania zabezpieczenia przeciwkorozyjnego opartego na czynnej ochronie katodowej całości podziemnej infrastruktury. Połączenia różnych rurociągów, ale też stali zbrojeniowej czy uziomów ochronnych ze stali ocynkowanej, wymuszają zaprojektowanie, a potem eksploatację skomplikowanych systemów ochrony katodowej. Równoległe przebiegi rurociągów preizolowanych i rurociągów wykonanych w izolacji 3LPE na obiektach kopalnianych nie są rzadkością. Zatem jeżeli stosuje się rurociągi prawie doskonałe w izolacji 3LPE wraz z rurociągami preizolowanymi, to jest zasadne stworzenie warunków do wykonywania pomiarów kontrolnych tychże rurociągów. Należy podkreślić, iż prawidłowe, szczelne wykonanie podłączeń kabli pomiarowych do rurociągów preizolowanych nie jest łatwe i wymaga dużej kultury technicznej wykonania. Najczęściej połączenia takie wykonywaliśmy przy spawach poszczególnych odcinków rur, gdyż spawy były potem profesjonalnie wypełniane i izolowane, a przejście przez zewnętrzny płaszcz kablem pomiarowym naruszał w niewielkim stopniu powłokę zewnętrzną rury preizolowanej.



Rys. 6. Podłączenie przewodu pomiarowego do rury preizolowanej



Rys. 7. Rury preizolowane – widoczne połączenia przewodów ochrony katodowej

7. Podsumowanie

1. Dla rurociągów preizolowanych zbudowanych z rur stalowych z wypełnieniem pianką PUR lub PIR i zewnętrzną rurą polietylenową, skuteczna ochrona katodowa nie ma zastosowania.
2. W instalacjach mieszanych, składających się z rur preizolowanych i 3 LPE, należy montować punkty pomiarowe tylko na rurach 3 LPE i na nich monitorować zagrożenie korozyjne.
3. Nadrzędnym systemem bezpieczeństwa eksploatacji rurociągów preizolowanych oraz monitorowania uszkodzeń zewnętrznej powłoki izolacyjnej jest dobrze wykonany system badań zawilgocenia pianki wewnętrznej PUR.

Serdecznie dziękuję Panu dr inż. Wojciechowi Sokólskiemu za zainspirowanie mnie do poruszenia problemu eksploatacji rur preizolowanych w przemyśle wydobywania gazu ziemnego i ropy naftowej w kontekście wymagań stosowania do nich ochrony katodowej.

Literatura

- [1] Dz. U. 04.06.2013, poz. 640.
- [2] PFU dla zadania Kopalnia Ropy Naftowej i Gazu Ziemnego LMG.
- [3] Projekt technologiczny zagospodarowanie odwiertów Lubiatów.
- [4] Sokólski W., Opinia techniczna nr OT01/19/W/2004.
- [5] Kręcielewska E., Smyk A., *Budowa, montaż i eksploatacja rurociągów preizolowanych oraz badania elementów preizolowanych prowadzone w LB OBRC SPEC*, Miesięcznik INSTAL 12.2008.
- [6] Bęben D., *Ochrona rurociągów przed wytrącaniem się parafiny z ropy naftowej*, Nafta-Gaz 2014, nr 10.
- [7] Wytyczne techniczno-eksploatacyjne do projektowania, budowy i eksploatacji rurociągów układanych bezpośrednio w gruncie, GPEC Sp. z o.o.
- [8] Portal: Nafta-Polska, Polska Izba Paliw Płynnych.
- [9] Portal: INSTANI PL.