

Budowa, montaż i eksploatacja rurociągów preizolowanych oraz badania elementów preizolowanych prowadzone w LB OBRC SPEC

Construction, assembly and operating of preinsulated pipelines and research concerning preinsulated elements carried out in LB OBRC SPEC

EWA KRĘCIELEWSKA, ADAM SMYK

W artykule omówiono rodzaje i przeznaczenie rurociągów preizolowanych, w kontekście zastosowanych materiałów i metod produkcji. Przedstawiono czynniki wpływające na prawidłowe wykonanie, a w efekcie bezawaryjną eksploatację rurociągów preizolowanych, z uwzględnieniem aktualnych norm i wytycznych. Opisano najczęściej spotykane nieprawidłowości stwierdzone przy układaniu i montażu rurociągów preizolowanych, których eliminowanie przyczynia się do podwyższenia trwałości i żywotności s.c. oraz przedstawiono doświadczenia wynikające z ich eksploatacji. W artykule wykorzystano materiały i fotografie z kilku Przedsiębiorstw Energetyki Ciepłej, w tym PEC Bełchatów. W ostatniej części artykułu opisano badania elementów preizolowanych prowadzone przez Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Ciepłownictwa (OBRC), uzasadniono potrzebę oraz wskazano korzyści z ich prowadzenia.

The types and application of preinsulated pipelines concerning used materials and production methods was presented in the article. The factors influencing proper realization and in effect influencing failure-free operating of preinsulated pipelines, taking into consideration current standards and guidelines were presented. Most often seen irregularities found in locating and assembling of preinsulated pipelines, which eliminating contribute to increase durability and life of district heating systems were described as well as experience resulting from their operating. The materials and photographs from few Thermal Energy Companies (Przedsiębiorstwo Energetyki Ciepłej) including PEC Bełchatów were used in the article. In the last part of paper research concerning preinsulated elements carried out by Heat Engineering Testing – Research Centre (Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Ciepłownictwa OBRC), was described. The need for they carried out was justified and benefits from their execution were also presented.

mgr inż. Ewa Kręcielewska, dr inż. Adam Smyk
– Stołeczne Przedsiębiorstwo Energetyki Ciepłej S.A.,
Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Ciepłownictwa, Warszawa

Rodzaje i przeznaczenie rurociągów preizolowanych [1]

W krajach zachodnich, już w latach 70-tych ubiegłego wieku, powszechnie budowano rurociągi ciepłownicze w technologii rur preizolowanych, to znaczy izolowanych cieplnie i przeciwwilgociowo w fabryce. W tym okresie w Polsce powstało w kilku miastach parę doświadczalnych odcinków rurociągów z rur i elementów preizolowanych produkcji takich firm, jak austriacki KELIT, niemiecki PANISOVIT czy duński I.C. Møller. Obecnie w Polsce stosowane są wyroby preizolowane wielu firm.

W szeregu systemów preizolowanych, wyróżnia się:

- rury preizolowane **zespalone**, w których izolacja wiąże trwałe zewnętrzną rurę osłonową z wewnętrzną rurą przewodową oraz **ślizgowe**, w których izolacja związana z płaszczem osłonowym przesuwana się po rurze przewodowej. W zespalonych systemach rur preizolowanych izolacja jest jednowarstwowa, wykonana z pianki poliuretanowej (PUR), lub rzadziej z pianki poliizocyanuranowej (PIR). Rurociągi preizolowane z izolacją z pianki PUR przeznaczone są do przesyłania czynnika o temperaturze pracy ciągłej około 120 do 130°C, w przypadku izolacji z pianki PIR – około 160°C. W systemach ślizgowych izolacja jest na ogół dwuwarstwowa. Wewnętrzna warstwa izolacji wykonana jest z wełny mineralnej lub wełny z włókien szklanych i zabezpiecza zewnętrzną warstwę z pianki PUR lub PIR przed bezpośrednim wpływem temperatury czynnika.
- rury preizolowane **przeznaczone do budowy rurociągów układanych bezpośrednio w gruncie** z płaszczem osłonowym z polietylenu oraz **rurociągów naziemnych z rurą osłonową typu „spiro”** z taśmy stalowej ocynkowanej, aluminiowej lub ze stali odpornej na korozję.
- **tradycyjne (sztywne) rury preizolowane** z przewodową rurą stalową ze szwem lub bez szwu ze stali niskowęglowej niestopowej oraz **giętkie rury preizolowane** z przewodową cienkościenną rurą falistą ze stali odpornej na korozję, z rurą przewodową wykonaną z polietylenu PEX, miedzi lub polibutyleny. Zaletą giętkich rur preizolowanych w stosunku do tradycyjnych jest **możliwość zmiany trasy rurociągu bez dodatkowych kształtek**, co jest szczególnie ważne w miejscach z rozbudowaną infrastrukturą podziemną, czy na zadrzewionych terenach zielonych. Długość giętkiej rury do kilkudziesięciu metrów w zwoju lub kręgu, umożliwia dostawę na miejsce budowy w jednym

odcinku i układanie rurociągu bez konieczności wykonywania na budowie połączeń, co zwiększa prawdopodobieństwo jego bezawaryjnej pracy oraz skraca okres prowadzenia prac montażowych. Wykopy mogą być znacznie węższe, co oznacza również oszczędności w robotach ziemnych.

Zdolność samokompensacji falistych rur przewodowych eliminuje konieczność kompensacji wydłużeń cieplnych rurociągów.

- rury preizolowane ze stalową rurą przewodową przeznaczone do budowy **rurociągów wysokoparametrych**; z rurą przewodową z miedzi i tworzyw sztucznych do budowy **rurociągów niskoparametrych**,
- rury preizolowane produkowane metodą „**rura w rurze**”, „**conti**” (ciągłą) lub „**półciągłą**”.

Najpopularniejsza metoda produkcji rur preizolowanych („rura w rurze”) polega na wtrysku pianki do obszaru pomiędzy rurą przewodową i rurą osłonową. Grubość izolacji uwarunkowana jest w tym przypadku średnicą rury osłonowej. Technologia, która umożliwia wyprodukowanie rur preizolowanych o dowolnych grubościach izolacji jest metoda „półciągła”, w której piankę spienia się w formie stalowej założonej na rurę przewodową, a następnie, po zdjęciu formy na uformowaną izolację nawija się płaszcz osłonowy z PEHD.

Najtrudniejszą metodą produkcji rur preizolowanych jest metoda „conti” – nie stosowana dotychczas w Polsce, polegająca na jednoczesnym formowaniu izolacji z bariery antydyfuzyjnej i wytłaczaniu płaszcza osłonowego. Izolacja w rurach produkowanych metodą „conti” i „półciągłą” charakteryzuje się jednorodną strukturą, co wpływa na wartość współczynnika przewodzenia ciepła. Dzięki zastosowaniu bariery antydyfuzyjnej pomiędzy izolacją z pianki PUR i zewnętrzną osłoną, rury produkowane metodą „conti”, najwolniej ulegają procesowi starzenia podczas eksploatacji rurociągu.

- rury preizolowane z **jedną, dwoma lub czterema** (tylko polibutylen i PEX) **rurami przewodowymi w jednej rurze osłonowej**.

W warszawskim systemie ciepłowniczym (w.s.c.) pierwsze pilotażowe przyłącza w technologii preizolowanej ułożono w 1976 roku. Montaż i eksploatację bezkanałowych rurociągów preizolowa-



Rys. 1



Rys. 2



Rys. 3



Fot. 1

Różne rodzaje rur preizolowanych stosowanych w ciepłownictwie

nych na szeroką skalę rozpoczęto około roku 1990, kiedy to powstała pierwsza polska fabryka produkująca rury preizolowane – Zakład Doświadczalny Kombinat Instalacji Sanitarnych Warszawa. Obecnie w Warszawie, z ponad 1600 km sieci ciepłowniczej dwuprzewodowej, tj. 3200 km rurociągów ciepłowniczych, powyżej 30 % wykonanych jest w technologii preizolowanej. Największa magistrala preizolowana („Południowa”), zbudowana w 2004 roku, ma średnicę nominalną DN 1100.

Czynniki wpływające na bezawaryjną eksploatację rurociągów preizolowanych

W systemach rurociągów preizolowanych, stosowanych dla potrzeb przesyłu ciepła, na bezawaryjny przebieg ich eksploatacji, wpływa wiele czynników:

- prawidłowo wykonany projekt technologiczny odcinka sieci ciepłowniczej z uwzględnieniem zasad projektowania ujętych w normie PN-EN 13941:2006 [2],
- jakość rur i elementów preizolowanych oraz wyrobów i surowców stosowanych do ich produkcji, odpowiadająca wymaganiom grupy norm *Sieci ciepłownicze – System preizolowanych zespołonych rur do wodnych sieci ciepłowniczych układanych bezpośrednio w gruncie*: PN-EN 253:2005 [3], PN-EN 448:2005 [4], PN-EN 488:2005 [5], PN-EN 489:2005 [6],

- zgodne z wytycznymi producenta rur preizolowanych (transport i składowanie),
- rzetelnie prowadzone prace budowlano-montażowe, w tym spawanie elementów stalowych oraz wykonanie zespołów złączy, szczególnie ich hermetyzacja,
- należyty nadzór nad wykonawstwem odcinka sieci ciepłowniczej,
- jakość wody sieciowej, jako nośnika ciepła, odpowiadająca, co najmniej, wymaganiom normy PN-85/C-04601 [7].

SPEC posiada od 1992 roku swój wewnętrzny dokument [8], w którym zawarte są szczegółowe wymagania dotyczące:

- zastosowanych materiałów, elementów i urządzeń,
- dokumentacji projektowej,
- technologii montażu, wykonania, nadzoru nad wykonaniem oraz wymaganych badań,
- składowania, transportu i odbiorów dla rurociągów preizolowanych układanych bezpośrednio w gruncie. Dokument ten jest na bieżąco aktualizowany.

Wprowadzane zmiany – wynikające z doświadczeń eksploatacyjnych przedsiębiorstwa są zatwierdzane przez Kolegium Techniczne i Zarząd Firmy.

Jak wspomniano wcześniej, jednym z czynników wpływających na żywotność sieci ciepłowniczej jest jakość wody sieciowej. Warszawski system ciepłowniczy charakteryzuje się wodą sieciową:

- o zadowalającej jakości pod względem chemicznym, dzięki wybudowaniu w źródłach stacji demineralizacji (EC Siekierki) i odwróconej osmozy (EC Żerań),
- o niezadowalającej jakości pod względem obecności zanieczyszczeń mechanicznych (produkty korozji, piasek, żużel z połączeń spawanych) oraz pojawiającej się w sposób niekontrolowany obecności tlenu. OBRC nadzoruje pracę instalacji ciągłego pomiaru tlenu w wodzie sieciowej zamontowanej w Przepompowni Batory.

Celem wydłużenia okresu bezawaryjnej pracy w.s.c. stosowane są rury przewodowe, o większych, niż minimalne – określone w normie PN-EN 253: 2005, grubościach ścianek, dla rurociągów do DN ≤ 350 bez szwu.

Wszystkie rury stalowe, przeznaczone do budowy warszawskiej sieci ciepłowniczej, muszą posiadać Świadectwo odbioru 3.1 wg PN-EN 10204: 2006 [9] oraz poświadczenie badania jakości wydane przez Ośrodek Badania Jakości Wyrobów ZETOM Warszawa.

Montaż tradycyjnych rurociągów preizolowanych

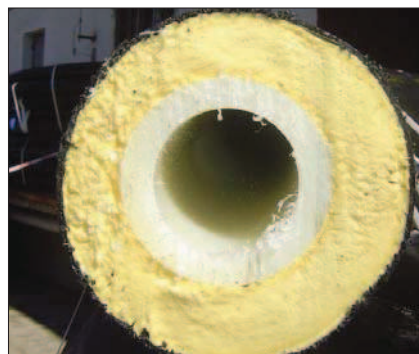
Wymierne efekty w postaci zwiększenia trwałości sieci ciepłowniczej i zmniejszenia liczby awarii przynosi nadzór eksploatacyjny na etapie wykonawstwa oraz szkolenia przeznaczone dla służb inwestycyjnych oraz wykonawców rurociągów. Przypadki prezentowanego na kolejnych zdjęciach braku należytej staranności przy układaniu i montażu rurociągów preizolowanych zdarzają się coraz rzadziej. Osoby zajmujące się nadzorem i wykonawstwem sieci, między innymi dzięki nabieraniu coraz większego doświadczenia i prowadzonym szkoleniom są coraz bardziej świadome faktu, że błędy popełnione na etapie budowy nie ujawniają się od razu, lecz po pewnym czasie eksploatacji.

Jakość rur i elementów preizolowanych

Rury i elementy preizolowane dostarczane na budowę nie powinny mieć widocznych uszkodzeń i odkształceń, zewnętrzna powierzchnia rury osłonowej powinna być gładka, a odchylenie od osi rury przewodowej i osłonowej w żadnym punkcie nie powinno przekroczyć wartości podanych w PN-EN 253:2005. Na fotografiach 2 i 3 przedstawiono wygląd giętkiej rury preizolowanej dostarczonej do jednego z polskich Przedsiębiorstw Ener-



Fot. 2
Zewnętrzna - pomarszczona powierzchnia rury osłonowej



Fot. 3
Giętka „niewspółosiowa” rura preizolowana w przekroju

getyki Ciepłej, które, na skutek złej jakości, zostały zwrócone wytwórcy.

Dostawa i składowanie elementów preizolowanych

Elementy preizolowane dostarczone na budowę powinny być składowane na płaskiej powierzchni lub na miękkich podkładach tak, aby nie były nadmiernie ściskane i by nie nastąpiło uszkodzenie lub zgniecenie rury osłonowej. Wnętrza rur przewodowych muszą być zabezpieczone denkami chroniącymi przed zanieczyszczeniem, które można zdjąć bezpośrednio przed spawaniem rurociągów.

Na fotografii 4 przedstawiono nieprawidłowość, której skutkiem, po włączeniu rurociągu preizolowanego do ruchu, będzie zwiększenie ilości zanieczyszczeń mechanicznych w wodzie sieciowej.



Fot. 4
Niezabezpieczone denkami ochronnymi wnętrza rur przewodowych

Układanie rur preizolowanych

Przed przystąpieniem do montażu rurociągu rury należy ułożyć w wykopie. Zaleca się układanie rur na drewnianych podkładach. Ustalenie właściwych rzędnych rurociągów powinno odbywać się przez podsypywanie lub podkopywanie podkładów. W przypadku, gdy nie korzysta się z powyższej metody, przed ułożeniem rur w wykopie należy wykonać zniwelowaną podsypkę piaskową.

Na fotografii 5 przedstawiono nieprawidłowe, ze względu na brak zniwelowanej podsypki lub drewnianych podkładów, ułożenie rur w wykopie, czego skutkiem może być niezachowanie odpowiedniego spadku i uniemożliwienie odwodnienia rurociągu.



Fot. 5
Nieprawidłowe ułożenie rur w wykopie

Spawanie rur stalowych i montaż zespołu złącza

Spawanie

Spawanie jest jednym z najważniejszych procesów, mających wpływ na trwałość sieci ciepłowniczej. Przygotowanie rurociągów do spawania, stosowane elektrody i sposób wykonania spoin powinny być zgodne z dokumentacją techniczną.

Spawacze muszą posiadać odpowiednie kwalifikacje (różne, w zależności od metody spawania, grup materiałów i zakresu średnic).

Dopuszczone jest spawanie kilku elementów rurociągów na poziomie gruntu wzdłuż krawędzi wykopu i opuszczenie całego odcinka prefabrykatu do wykopu tak, aby nie uszkodzić połączeń spawanych, ani płaszcza osłonowego.

Po wykonaniu spawania należy przeprowadzić badania połączeń spawanych przez personel posiadający odpowiednie kwalifikacje.

W w.s.c. wymagane jest wykonanie badań wszystkich połączeń spawanych.

Montaż zespołu złącza

Do wykonania zespołu złącza (montażu nasuwek/muf i izolowania połączeń spawanych) można przystąpić po otrzymaniu pozytywnego wyniku badania połączeń spawanych.

Przed przystąpieniem do montażu złącza należy na końcach łączonych elementów preizolowanych delikatnie wyciąć warstwę pianki PUR, zwracając uwagę na to, aby nie uszkodzić przewodów alarmowych, oczyścić z ewentualnych zanieczyszczeń mechanicznych (np. piasek, błoto) powierzchnie rur przewodowych bez izolacji i w razie konieczności wysuszyć oraz sprawdzić połączenia systemu alarmowego. Wynik sprawdzenia połączenia przewodów systemu nadzoru powinien być potwierdzony odpowiednim protokołem.

Na fotografiach 6 i 7 przedstawiono sytuację, które utrudniają wykonanie prawidłowego zespołu złącza.

Na początku lat dziewięćdziesiątych, gdy zaczęto powszechnie zastępować rurociągi kanałowe preizolowanymi, SPEC stosował jako osłony pianki na połączeniach spawanych rurociągów w pełnym zakresie średnic nominalnych zwykle nasuwki z polietylenu wysokiej gęstości PEHD z opaskami termokurczliwymi uszczelniającymi złącze na końcach i łatkami zaślepiającymi otwory montażowe. Przed rokiem dwutysięcznym na rurociągach DN ≥ 350 zaczęto montować **mufy zgrzewane elektrycznie z korkami wtapienymi**. Ze względu na odklejanie się łatek, na przełomie 2003 i 2004 roku również w przypadku zwykłych nasuwek wprowadzono nakaz stosowania korków wgrzewanych (wtapianych).



Fot. 6, 7
Obsuwanie ścian wykopów (skutek niewłaściwego zabezpieczenia) i zalewanie wykopów (efekt intensywnych opadów deszczu, wysoki poziom wód gruntowych) mogą uniemożliwić wykonanie prawidłowego zespołu złącza

W lutym 2005 roku w „Wytycznych...” pojawił się zapis obowiązkowego stosowania na rurociągach DN < 350 nasuwek termokurczliwych, a trzy lata później – zalecenie stosowania **nasuwek termokurczliwych sieciowanych radiacyjnie z korkami wtapienymi**.

Wprowadzanie modyfikacji zapisów dotyczących typów złączy preizolowanych wynikało z niedoskonałości poprzednich rozwiązań.

Na fotografii 8 przedstawiono złącze ze zwykłą nasuwką HDPE z łatkami termokurczliwymi, natomiast na fotografii 9 złącza z takimi samymi nasuwkami z korkami wciskanymi – po 10 latach eksploatacji. W wyniku penetracji wody z zewnątrz nastąpiła nie tylko degradacja izolacji (fot. 8), ale i korozja rury przewodowej (fot. 9).

Fot. 8
Zniszczona izolacja złącza (rurociąg zasilający) na skutek penetracji wody przez nieuszczelnione (wskutek odklejania się łatek) otwory montażowe



Fot. 9
Zniszczona izolacja złączy i korozja rur przewodowych na skutek penetracji wody przez źle uszczelnione otwory montażowe

Na fotografii 10 przedstawiono złącze termokurczliwe nieusieczowane po 4 latach eksploatacji w terenie podmokłym. Widok złączy wskazuje na fakt zastosowania opasek termokurczliwych niewłaściwej



Fot. 10
Awaria na złączu termokurczliwym nieusieczowanym po 4 latach eksploatacji

jakości, natomiast nieszczelność złączy (odkrywkę wykonano w celu lokalizacji zawilgocenia i usunięcia awarii) świadczy o błędach montażowych na etapie obkurczania nasuwek lub zastosowaniu muf nie najlepszej jakości.

Na fotografii 11 przedstawiono źle obkurczone nowe złącze termokurczliwe nieusieczowane.

O jakości złącza, a więc również o żywotności rurociągu preizolowanego,



Fot. 11
Źle obkurczone złącze termokurczliwe nieusieczowane

decyduje nie tylko jakość zastosowanych materiałów, ale również sposób wykonania złącza. Wszystkie złącza powinny być wykonywane przez odpowiednio do tego celu przygotowany personel, zarówno w zakresie montażu nasuwek (muf), jak i izolowania połączeń spawanych.

Na fotografii 12 przedstawiono złącze preizolowane po 2 latach eksploatacji, wykonane bez należytego nadzoru, przez nieprzeszkolonych pracowników.

W celu wykonania złącza preizolowanego należytej jakości należy pamiętać o właściwym zaizolowaniu połączenia spawanego. Najkorzystniejszą, z punktu widzenia parametrów wytrzymałościowych i cieplnych izolacji jest metoda wtłoku pod ciśnieniem pianki do przestrzeni pomiędzy rurą przewodową i osłoną złącza. W tym przypadku należy jednak pamiętać o odpowietrzeniu pianki, z tego względu w nasuwce powinny być wykonane dwa otwory



Fot. 12
Złącze preizolowane po 2 latach eksploatacji, wykonane bez należytego nadzoru, przez nieprzeszkolonych pracowników

montażowe. Dopuszczalna jest również metoda izolowania złączy łóbkami (odcinkami otulin) z pianki PUR. W przypadku izolowania połączeń spawanych otulinami półcylindrycznymi należy mieć na uwadze fakt kompleksowego pogorszenia, z powodu przerwania ciągłości izolacji, wytrzymałości na ścinanie zespołu rurowego. Przy dużej liczbie zmian kierunku i odgałęzień pogorszenie to może spowodować, że rurociąg preizolowany, który jest z założenia konstrukcją zespoloną, stanie się konstrukcją ślizgową.

Na fotografiach 13 i 14 przedstawiono piankę ze złącza na rurociągu napowietrznym po roku eksploatacji. Złącze było zaizolowane ręcznie, bez należytego nadzoru, przez nieprzeszkolonych pracowników.



Fot. 13, 14

Pianka ze złącza preizolowanego na rurociągu napowietrznym, wykonanego przez niewykwalifikowanych monterów, bez właściwego nadzoru, po roku eksploatacji

Mufy sieciowane radiacyjnie są bardziej odporne na temperaturę, niż wyroby z polietylenu niesieciowanego, trudno jest je przegrzać, jednocześnie przy mniejszej grubości (przy zachowaniu tych samych parametrów wytrzymałościowych) łatwiej jest je obkurczyć. Jednak podobnie, jak inne rodzaje osłon izolacji na spoinach rurociągów preizolowanych, wymagają właściwego wykonania.

Na fotografii 15 przedstawiono źle obkurzoną nasuwkę usieciowaną radiacyjnie przez osobę, która nie została przeszkolona w zakresie montażu złącza.

Po zaizolowaniu połączeń spawanych należy wykonać dokumentację powykonawczą systemu alarmowego.

Fot. 15
Źle obkurczona
nasuwka usiecio-
wana



Wykonanie prawidłowego zespołu złącza jest możliwe tylko wtedy, jeżeli element preizolowany ma właściwą geometrię (zachowaną współosiowość rury stalowej i osłony) i na odpowiedniej długości niezainizolowane końce.

Odległość pomiędzy osiami rury przewodowej i płaszcza osłonowego w żadnym miejscu rury preizolowanej nie może przekroczyć wartości podanych w normie PN-EN 253: 2005. Końce rury przewodowej powinny być niezainizolowane na długości 150 ± 10 mm i przygotowane do spawania zgodnie z PN-ISO 6761:1996 [10].

Wykonanie podsypki i zasyпки piaskowej

Piasek wokół rurociągu preizolowanego o granulacji do 2 mm, nie może zawierać ostrych/ dużych kamieni i gruzu, które mogłyby uszkodzić płaszcz osłonowy. Na fotografii 16 przedstawiono niedopuszczalny sposób układania rur preizolowanych w wykopie.

Pozostawianie w gruncie wokół rurociągu preizolowanego cegieł, kamieni, kawałków betonu może w przyszłości doprowadzić do odkształcenia, lub wręcz zniszczenia płaszcza osłonowego.

Na fotografii 17 przedstawiono zniekształcenie płaszcza osłonowego rury pre-



Fot. 16

Nieprawidłowo przygotowany wykop



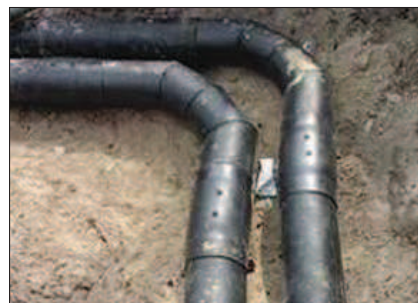
Fot. 17

Zniekształcenie osłony HDPE po ok. 10 latach eksploatacji

izolowanej po 12 latach eksploatacji. Uszkodzenie spowodowane było pozostawieniem w wykopie fragmentu elementu obudowy kanałowej (nowy rurociąg preizolowany układany był po trasie rurociągu kanałowego).

Wykonanie stref kompensacyjnych

Przy każdej zmianie kierunku rurociągu, zmianie średnicy oraz przy odgałęzieniu bez podpory stałej należy wykonać strefy kompensacyjne, umożliwiające przemieszczanie się rurociągów preizolowanych po ich zasypaniu w gruncie. Na fotografii 18 przedstawiono nieprawidłowy sposób ułożenia rurociągu w wykopie, ze względu na ograniczenie miejsca do kompensacji. Zbyt bliska odległość rury preizolowanej od ścianek wykopu może w przyszłości doprowadzić do zniszczenia pianki na łuku kompensacyjnym.



Fot. 18

Nieprawidłowe ułożenie rurociągu w wykopie (brak miejsca na kompensację wydłużeń termicznych)

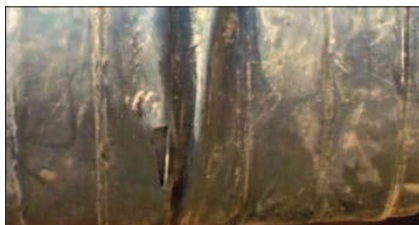
Zasypywanie sieci

Po wykonaniu ustabilizowanej zasyпки piaskowej należy oznaczyć trasę przebiegu sieci taśmą ostrzegawczą, co ma szczególne znaczenie przy konieczności wykonania w przyszłości w pobliżu rurociągu preizol-



Fot. 19

Uszkodzenie płaszcza osłonowego i pianki PUR przy odkrywaniu rurociągu preizolowanego



Fot. 20
Uszkodzenie płaszcza osłonowego kompensatora przy odkrywaniu rurociągu preizolowanego

wanego odkrywki. Na fotografiach 19 i 20 przedstawiono uszkodzenia płaszcza osłonowego i rury preizolowanej powstałe na skutek braku oznakowania przebiegu trasy rurociągu taśmą ostrzegawczą.

Roboty towarzyszące

Montaż rurociągów preizolowanych często wiąże się również z wykonywaniem robót o charakterze innym, niż tylko łączenie ze sobą rur i elementów preizolowanych. Oczekiwana funkcjonalność oraz żywotność użytkowa rurociągu preizolowanego może zależeć od sposobu wykonania i jakości robót towarzyszących. Typowymi robotami towarzyszącymi jest wykonywanie na rurociągach preizolowanych komór z niezapreizolowanymi odcinkami rur, kształtkami, armaturą i kompensatorami. Przy projektowaniu i wykonaniu komór należy postępować zgodnie z wymaganiami normy PN-B-10405:1999 [11].

Respektowanie określonych zasad w trakcie budowy i montażu, przy właściwym zaprojektowaniu i odpowiedniej jakości jego elementów, mogą dać gwarancję, że rurociągi preizolowane będą pracowały bezawaryjnie. Żywotność sieci preizolowanej, przewidywana na 30 lat, zależy od trwałości termicznej izolacji, czyli od rzeczywistej temperatury nośnika ciepła. Im temperatura czynnika grzewczego jest niższa, tym okres przewidywanej trwałości izolacji jest dłuższy.

Eksploatacja rurociągów preizolowanych

Preizolowane rurociągi ciepłownicze układane bezpośrednio w gruncie, w odróżnieniu od rurociągów kanałowych, powinny być hermetyczne. Teoretycznie z założenia („zakop i zapomnij”), poza okresowym sprawdzaniem systemu sygnalizacyjno – alarmowego, nie wymagają dodatkowych zabiegów konserwacyjnych w czasie eksploatacji.

W rurociągach preizolowanych układanych w w.s.c. liczba i rozmieszczenie przewodów alarmowych zależą od średnicy nominalnej rurociągu preizolowanego:

- $DN \leq 400$ – 1 para przewodów sygnalizacyjno alarmowych, w rozstawie za dziesięć drugą,
- $500 \leq DN \leq 700$ – 2 pary przewodów sygnalizacyjno-alarmowych, w rozstawie na obwodzie, co 180° ,
- $800 \leq DN \leq 1000$ – 3 pary przewodów sygnalizacyjno-alarmowych,
- $DN > 1000$ – 4 pary przewodów sygnalizacyjno-alarmowych.

Dla możliwości prowadzenia bieżącej oceny stanu technicznego rurociągów preizolowanych konieczne jest już na etapie budowy oraz w czasie każdej wymiany, tworzenie i uaktualnianie powykonawczych schematów montażowych sieci ciepłowniczej oraz instalacji sygnalizacyjno – alarmowej.

Kontrola preizolowanego odcinka s.c. może być prowadzona w sposób automatyczny lub ręczny. W przypadku kontroli prowadzonej ręcznie każdy odcinek powinien być sprawdzony, co najmniej raz w miesiącu, przy czym potwierdzeniem przeprowadzonej kontroli powinien być wpis do dziennika pomiarowego.

Na fotografiach 21 i 22 przedstawiono przyczynę i skutek awarii odcinka rurociągu preizolowanego, który nie podlegał sprawdzaniu. Awaria spowodowana była korozją spoiny na zaworze odcinającym. Penetracja wody w głąb pianki sprawiła zniszczenie izolacji i konieczność wymiany kilkunastu metrów rurociągu.

W czasie eksploatacji rurociągu preizolowanego, w którym zamontowane są



Fot. 21
Korozja spoiny korpusu kurka kulowego



Fot. 22
Skutki penetracji gorącej wody sieciowej w głąb pianki

kurki kulowe (armatura odcinająca, odwodnienia, odpowietrzenia), należy je otwierać i zamykać, co najmniej raz na pół roku, szczególnie w przypadku, gdy w wodzie sieciowej znajdują się zanieczyszczenia mechaniczne.

W przypadku zamontowania na rurociągu preizolowanym w komorze nieizolowanego fabrycznie kompensatora, należy okresowo sprawdzać stan techniczny śrub i uchwytów do naciągu wstępnego oraz położenie (współosiowość z rurociągiem) osłony zewnętrznej. Na fotografiach 23 i 24 przedstawiono awarie mieszkowych kompensatorów osiowych zamontowanych w komorach ciepłowniczych pomiędzy odcinkami rurociągów preizolowanych spowodowane błędami popełnionymi na etapie projektowania rurociągów i niewłaściwym doбором zdolności kompensacyjnych.



Fot. 23, 24
Awaria kompensatorów zamontowanych w rurociągach preizolowanych – nadmierne ścisnienie (fot. powyżej) i rozciągnięcie mieszka (fot. niżej)

Układanie pierwszych odcinków rurociągów preizolowanych odbywało się wg wytycznych producentów rur preizolowanych z Danii, Szwecji i Niemiec, gdyż państwa zachodniej Europy wprowadziły tę technologię dwadzieścia lat wcześniej.

Pracownicy SPEC z biegiem lat nabierali coraz większego doświadczenia, związanego zarówno z projektowaniem, jak i eksploatacją rurociągów preizolowanych. W pierwszych latach eksploatacji dopuszczone było między innymi, układanie bezpośrednio w gruncie:

- paneli odpowietrzających i odwadniających „górnych” z zaworami ze stali węglowej poza preizolacją umieszczonymi w studzienkach i skrzynkach hydrantowych,

- paneli odcinających w całym zakresie średnic nominalnych rurociągów z napędem umieszczonym w studzienkach.

Ze względu na fakt, że otwieranie i zamykanie armatury z powierzchni gruntu było praktycznie niemożliwe, wprowadzono wymóg umieszczania niepreizolowanej armatury DN $\geq$ 200 wyłącznie w komorach ciepłowniczych.

Trudności spowodowane, zarówno brakiem niezbędnego sprzętu, jak również problemem z odprowadzaniem wody sieciowej spowodowały, że w 2004 roku **zrezygnowano ze stosowania paneli z tzw. „górnym” odwodnieniem**. Obecnie wytyczne SPEC dopuszczają tylko projektowanie i montaż odwodnień „dolnych” (z grawitacyjnym odpływem wody). W miarę możliwości ograniczana jest również liczba odpowietrzeń stosowanych bezpośrednio na rurociągach i projektowane są one głównie w węzłach cieplnych.

Ze względu na stwierdzony po kilku latach eksploatacji proces korozji armatury umieszczonej poza preizolacją – w studzienkach i skrzynkach hydrantowych, wprowadzono w 2003 roku **nakaz stosowania armatury z korpusem ze stali odpornej na korozję**. Na fotografii 25 przedstawiono skorodowaną armaturę, po 12 latach eksploatacji.



Fot. 25
Korozja zaworu
poza preizolacją
a korpusem ze
stali węglowej po
12 latach eksploatacji

Wprowadzenie wymogu stosowania poza preizolacją zaworów z korpusem ze stali odpornej na korozję nie zlikwidowało jednak problemu związanego z postępującym zniszczeniem armatury zamontowanej w latach dziewięćdziesiątych, która powoduje już nie tylko zagrożenie awaryjne, ale również prowadzi do awarii rurociągów.

Ze względu na niejednokrotnie uciążliwą obsługę armatury odcinającej z trzpieniem umieszczonym w skrzynce hydrantowej oraz utrudnioną konserwację i kłopotliwą obsługę armatury w panelu odpowietrzającym, w lutym 2008 roku zalecono, w miejscach gdzie możliwa jest przebudowa, zamianę skrzynek hydrantowych na studnie z kręgów żelbetowych z włazem zamykanym, ustawiane na fundamencie betonowym.

Badania elementów preizolowanych

Badania laboratoryjne elementów preizolowanych mają na celu ocenę zgodności ich własności z parametrami deklarowanymi przez producentów w aprobatkach technicznych lub określonymi w normach.

Jakość wyrobów preizolowanych oraz ich prawidłowy montaż, jak niejednokrotnie podkreślano, decydują o trwałości i żywotności sieci ciepłowniczej. Jakość izolacji w rurach preizolowanych wpływa w sposób istotny na koszt ciepła dostarczanego do odbiorców w scentralizowanych, rozległych systemach ciepłowniczych.

W latach 2006 ÷ 2008 na zlecenie producentów w LB OBRC wykonano badania wyrobów preizolowanych takich firm, jak: ZPU Kazimierz Jońca Międzyrzecz, STAR-PIPE Poznań, LOGSTOR Zabrze i LOGSTOR Elbląg, FINPOL Warszawa, PRIM Lublin.

Na zlecenie SPEC oraz Przedsiębiorstw Energetycznych z całej Polski prowadzone były badania kontrolne wyrobów preizolowanych pobranych z dostaw w ramach przetargów (rok 2003: ZEC Łódź; rok 2004: ZEC Łódź, PEC Stargard Szczeciński; 2005: PEC Bełchatów, OPEC Puławy, ZEC Łódź, PEC KUTNO; 2006 rok: GPEC Gdańsk, PEC Suwałki, SYDKRAFT EC Słupsk, Szczecińska Energetyka Ciepła; 2007 rok: PEC Suwałki; 2008 rok: PEC Suwałki, Energetyka Cieszyńska, Thermo Bielsko-Biała, ZEC Katowice).

Uzyskanie wysokiego poziomu technicznego w polskim ciepłownictwie motywuje OBRC SPEC S.A. do rozwijania bazy laboratoryjnej. Naszym celem jest m.in. prowadzenie kompleksowych badań elementów preizolowanych w możliwie szerokim zakresie.

Laboratorium OBRC wyposażone jest w specjalistyczną aparaturę do badań:

- izolacji (mikroskop z kamerą, piknometr, wagi, stanowisko do badań wytrzymałościowych Lloyd),
- zespołów rurowych – odcinków rur preizolowanych (stanowisko do wyznaczania wartości współczynnika przewodzenia ciepła (tzw. „aparat rurowy”), stanowiska badawcze do wyznaczania wytrzymałości pianki PUR na odkształcenie promieniowe pod wpływem naprężeń (badanie odporności na „pełzanie”), wytrzymałości na ścinanie styczne i osiowe oraz starzenie,
- zespołów złączy (stanowisko do badania odporności obciążenia od gruntu (tzw. „skrzynia z piaskiem” oraz do badań nieprzepuszczalności wody).

Badanie gęstości pozornej izolacji

Gęstość pozorna pianki badana jest wg PN-EN 253 oraz PN-EN ISO 845:2000 [12]. Ma ona zasadniczy wpływ na kształtowanie się własności pianki PUR. Izolacja w rurach preizolowanych musi mieć stosunkowo wysoką gęstość pozorną (zgodnie z aktualną edycją EN 253 w żadnym miejscu izolacji nie może być mniejsza niż 60 kg/m³), ze względu na konieczność zapewnienia właściwych parametrów wytrzymałościowych pianki PUR i zespołu rurowego.

W miarę wzrostu gęstości pozornej pianki rośnie jej wytrzymałość na ściskanie oraz odporność zespołu rurowego na pełzanie i ścinanie. Z drugiej jednak strony pogarszają się jej własności termoizolacyjne. Z tego względu gęstość pozorna pianki PUR nie powinna przekraczać 100 kg/m³.

Badania chłonności wody przez piankę PUR po gotowaniu

Chłonność wody wykazywana przez piankę po gotowaniu, badana wg PN-EN 253:2005, nie powinna przekroczyć 10 % w stosunku do początkowej objętości próbki. W praktyce na ogół nie przekracza ona 5%, co oznacza, że nowa izolacja z poliuretanu wchłania wodę bardzo wolno.

Zgodnie z wynikami badań izolacji z rur preizolowanych, prowadzonymi przez LB, chłonność wody wykazywana przez piankę po gotowaniu już po kilkunastu latach eksploatacji wzrasta do ponad 20 %.

Z tego względu perforacja rury przewodowej lub nieszczelność osłony może w krótkim czasie doprowadzić do zawilgocenia izolacji na dużym obszarze, a w konsekwencji – do korozji zewnętrznej powierzchni rury stalowej. Dla zapewnienia możliwości jak najszybszego zlokalizowania zawilgocenia izolacji, zabezpieczenia przed rozprzestrzenieniem się wody w pianie i wystąpieniem awarii, konieczne jest stosowanie w rurach preizolowanych skutecznych systemów wykrywania awarii.

Badania udziału procentowego komórek (porów) zamkniętych w tworzywach piankowych

Pianka w rurach preizolowanych powinna posiadać strukturę zamkniętokomórkową. Ze względu na zależności pomiędzy udziałem zamkniętych komórek w pianie, a innymi jej własnościami:

- chłonnością wody (im więcej porów zamkniętych, tym mniejsza chłonność wody),

- odpornością na starzenie (im więcej komórek zamkniętych, tym większa odporność na starzenie),
- współczynnikiem przewodzenia ciepła (im więcej porów otwartych, tym większa zmienność w czasie współczynnika przewodzenia ciepła),

udział komórek zamkniętych nie powinien być mniejszy niż 88 % [3].

Udział procentowy komórek zamkniętych w izolacji badany jest w LB wg PN-EN ISO 4590:2005 [13], przy pomocy piknomietru gazowego.

Badania wytrzymałościowe

Ze względu na warunki pracy (obciążenie gruntem, ciężar rury przewodowej wypełnionej czynnikiem, wydłużenia termiczne) preizolowany zespół rurowy musi mieć odpowiednią wytrzymałość.

Badania wytrzymałości na ściskanie pianki PUR

Badanie wytrzymałości na ściskanie pianki PUR wykonuje się wg PN-EN 253:2005 oraz PN-93/C-89071 [14], na stanowisku do badań wytrzymałościowych (w OBRC jest to aparat produkcji firmy Lloyd). Ze względu, na największe obciążenia pianek w kierunku prostopadłym do osi rury, podczas badania próbka jest ściskana w kierunku promieniowym. Wytrzymałość na ściskanie pianki PUR w rurze preizolowanej nie może być mniejsza niż 0,3 MPa.

Badania wytrzymałości na ścinanie zespołu rurowego

Badanie wytrzymałości zespołu rurowego na ścinanie styczne i osiowe prowadzone jest zgodnie z PN-EN 253:2005 na stanowisku do ścinania.

W zespolonym systemie rur preizolowanych kluczowe znaczenie dla bezawaryjnej pracy rurociągu ma zdolność do przenoszenia sił osiowych pochodzących od tarcia gruntu. Minimalna wartość naprężeń stycznych, określona na poziomie $\tau_{\min} = 0,12$ MPa, gwarantuje, że zespół rurowy jest zdolny do przeniesienia sił tarcia – z zewnętrznej powierzchni rury osłonowej – na rurę stalową. Skutkiem tego, na prostych odcinkach podziemnych rurociągów preizolowanych powstają osiowe naprężenia ściskające/rozciągające, a wydłużenia termiczne ulegają redukcji wynikającej z działania sił tarcia. Brak zdolności do przeniesienia sił stycznych stwarza niebezpieczeństwo niekontrolowanego poślizgu rury przewodowej, izolacji i zewnętrznej osłony PE-HD względem siebie. Stwarza to ryzyko uszkodzenia izolacji poliuretanowej na kolanach kompensacyjnych.

Na fotografii 26 pokazano próbkę, która nie spełniła wymaganej wytrzymałości na ścinanie osiowe – izolacja „wysunęła się” z rury osłonowej. Przyczyną było niewłaściwe przygotowanie płaszcza w trakcie produkcji rury preizolowanej



Fot. 26
Próbka po badaniu wytrzymałości na ścinanie osiowe

przed wtrysnięciem pianki. W przypadku niewłaściwego przygotowania rury przewodowej (np. obecność zanieczyszczeń na zewnętrznej powierzchni) „poślizg” pianki może nastąpić po rurze stalowej.

Badania wytrzymałości pianki w rurze preizolowanej na odkształcenie promieniowe pod wpływem naprężeń

Badanie odporności na pęcznienie prowadzone jest wg normy PN-EN 253. Podobnie, jak większość badań prowadzonych w LB sterowane jest komputerowo. Na fotografii 27 przedstawiono stanowisko do badań pęcznienia, na rysunku 4 widok ekranu komputera w trakcie badania.

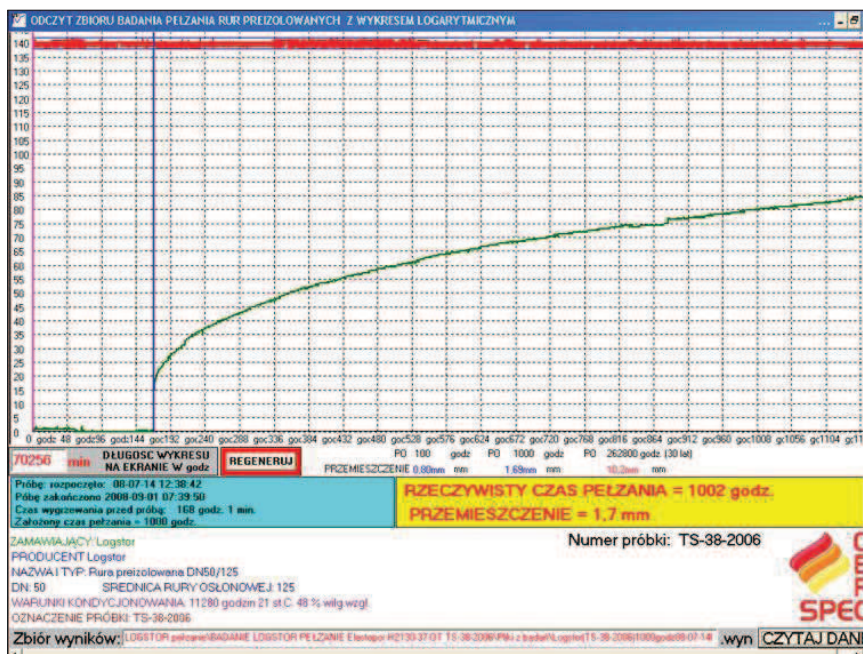


Fot. 27
Stanowisko do badań pęcznienia

cji rurociągu preizolowanego zakopanego w gruncie, w którym temperatura ciąża nośnika ciepła nie przekracza 120°C.

Badania współczynnika przewodzenia ciepła

Współczynnik przewodzenia ciepła wyznaczany jest w LB zgodnie z normą PN-EN ISO 8497:1999 [15] na stanowisku badawczym, popularnie zwanym „aparat rurowy”. Zgodnie z PN-EN 253:2005 współczynnik przewodzenia ciepła izolacji z pianki PUR w rurach preizolowanych nie może przekroczyć wartości $\lambda_{50} = 0,033$ W/mK. W Laboratorium OBRC współczynnik ten zawsze określany jest razem z gęsto-



Rys. 4
Widok ekranu komputera po zakończeniu badania

Badanie odporności na pęcznienie pozwala określić, jak będzie zachowywała się (odkształcała w kierunku promieniowym) pianka PUR po 20 latach eksploata-

cją pozorną izolacji, na życzenie Klientów również ze składem gazu w komórkach zamkniętych pianki (badania zawartości gazów na zlecenie OBRC prowadzi przy

użyciu chromatografu gazowego Instytut Chemii Przemysłowej.

Na „aparacie rurowym” prowadzone są głównie badania izolacji przy wprowadzaniu przez producentów nowych systemów surowcowych oraz badania zlecane przez inwestorów sprawdzające wartość współczynnika przewodzenia ciepła rur preizolowanych dostarczanych na budowy.

Proces przyspieszonego starzenia

Proces przyspieszonego starzenia prowadzony jest wg wymagań podanych w PN-EN 253:2005, przy temperaturze przewodowej rury badawczej znacznie przekraczającej temperaturę pracy ciągłej pianki PUR, po którym wykonywane jest badanie wytrzymałości na ścinanie. Jeżeli zbadana po procesie przyspieszonego starzenia odporność na ścinanie preizolowanego zespołu rurowego spełnia wymagania normy PN-EN 253:2005 oznacza to, że rurociąg, ze względu na żywotność pianki PUR, powinien pracować bezawaryjnie, co najmniej przez 30 lat.

Badania zespołu złącza

Badanie zespołu złącza wg PN-EN 489:2005 polega na poddaniu go próbom obciążenia od gruntu oraz nieprzepuszczalności wody.

Badanie obciążenia od gruntu zespołu złącza preizolowanych prowadzone w tzw. „skrzyni z piaskiem” (fotografia 28) ma na celu ocenę osłony izolacji na połączeniu spawanym rurociągu preizolowanego w warunkach zbliżonych do rzeczywistych. Po badaniu w skrzyni z piaskiem złącze poddane próbie nieprzepuszczalności wody (fot. 29) powinno zachować szczelność.



Fot. 28
Stanowisko do badania obciążenia od gruntu – „skrzynia z piaskiem”



Fot. 29
Stanowisko do badania szczelności złącza preizolowanego po badaniu w skrzyni z piaskiem

Wyniki badań nasuwek termokurczliwych usieciowanych radiacyjnie z korkami wtapianymi, przeprowadzonych w LB OBRC na stanowisku obciążenia od gruntu dowodzą, że jest to wyrób o nieporównywalnie lepszej jakości niż obecnie oferowane rozwiązania przeznaczone do wykonywania złączy na rurociągach preizolowanych do DN 300. Z dziesięciu przebadanych **złączy usieciowanych radiacyjnie z korkami wtapianymi**, po badaniu obciążenia od gruntu, w warunkach spełniających (100 cykli – 3 złącza) lub znacznie przekraczających (> 500 cykli – 2 złącza, 1000 cykli – 7 złączy) wymagania normy PN-EN 489: 2005 żadne nie odkształciło się podczas badania i wszystkie były stuprocentowo szczelne.

Wnioski

- Ze względu na szeroki zakres produkowanych rodzajów rur i elementów preizolowanych istnieje możliwość właściwego wyboru systemu preizolowanego w zależności od potrzeb.
- W systemach preizolowanych, stosowanych do przesyłu ciepła, na bezawaryjny przebieg ich eksploatacji, wpływa wiele czynników, z których najważniejsze to: właściwe zaprojektowanie i montaż rurociągu oraz zastosowanie materiałów i elementów odpowiedniej jakości. Wady i usterki powstałe na etapie projektowania, produkcji i wykonawstwa wpływają na wzrost liczby awarii oraz obniżają żywotność sieci ciepłowniczej.
- Wymierne efekty w postaci zwiększenia trwałości sieci ciepłowniczej i zmniejszenia liczby awarii przynoszą: nadzór eksploatacyjny na etapie wykonawstwa, szkolenia przeznaczone dla służb nadzoru inwestycyjnego i wykonawców

rurociągów oraz świadomość, że błędy popełnione na etapie budowy nie ujawniają się od razu, lecz po kilku/kilkunastu latach eksploatacji.

- Respektowanie określonych zasad w trakcie budowy i montażu, przy właściwym zaprojektowaniu i odpowiedniej jakości jego elementów, mogą dać gwarancję, że rurociągi preizolowane będą pracowały bezawaryjnie. Żywotność sieci preizolowanej, przewidywana na 30 lat, zależy od trwałości termicznej izolacji, czyli od rzeczywistej temperatury nośnika ciepła. Im temperatura czynnika grzewczego jest niższa, tym okres przewidywanej trwałości izolacji jest dłuższy.
 - Wieloletnie doświadczenia eksploatacyjne SPEC oraz fakty opisane w fachowej prasie krajowej i zagranicznej, pokazują, że połączenia rurociągów preizolowanych (spoiny i nasuwki/mufy) są miejscem, gdzie występuje zdecydowanie największa liczba awarii. Oznacza to, że kluczowe znaczenie dla bezawaryjnej pracy rurociągu ma obok prawidłowo przeprowadzonego procesu spawania, dobór właściwych osłon izolacji na połączeniach spawanych (nasuwki/mufy) oraz poprawny ich montaż.
 - Badania laboratoryjne elementów preizolowanych mają na celu ocenę zgodności ich własności z parametrami deklarowanymi przez producentów w aprobatkach technicznych lub określonych w normach.
 - Zgodnie z wynikami badań izolacji z rur preizolowanych, prowadzonymi przez LB, chłonność wody wykazywana przez piankę po gotowaniu już po kilkunastu latach eksploatacji wzrasta do ponad 20 %.
- Z tego względu perforacja rury przewodowej lub nieszczelność osłony może w krótkim czasie doprowadzić do zawilgocenia izolacji na dużym obszarze, a w konsekwencji – do korozji zewnętrznej powierzchni rury stalowej. Dla zapewnienia możliwości jak najszybszego zlokalizowania zawilgocenia izolacji, zabezpieczenia przed rozprzestrzenianiem się wody w pianie i wystąpieniem awarii, konieczne jest stosowanie w rurach preizolowanych skutecznych systemów wykrywania awarii.
- Problemy zasygnalizowane na konferencji [16] dotyczące budowy, montażu i eksploatacji rurociągów preizolowanych wskazują, iż poruszone w artykule zagadnienia dotyczą całego polskiego ciepłownictwa i są istotne z punktu widzenia jego efektywności.

- Prowadzone w LB OBRC badania laboratoryjne oraz oceny eksploatacyjne prowadzone w rzeczywistych warunkach pracy sieci ciepłowniczej wskazują, iż właściwości zastosowanych elementów rurociągów preizolowanych odbiegają w wielu przypadkach od wymaganych.
- Świadomość producentów, iż ich produkty mogą być skontrolowane (zbadane) na etapie dostaw, wpływa na jakość oferowanych wyrobów.

LITERATURA I POWOŁANE NORMY

- [1] Materiały informacyjne z firm BRUGG, FINPOL, LOGSTOR, PRIM, STAR PIPE, THERMAFLEX, ZPU Kazimierz Jońca
- [2] PN-EN 13941:2006 Projektowanie i budowa sieci ciepłowniczych z systemu preizolowanych rur zespolonych
- [3] PN-EN 253:2005 Sieci ciepłownicze – System preizolowanych zespolonych rur do wodnych sieci ciepłowniczych układanych bezpośrednio w gruncie – Kształtki – zespoły ze stalowej rury przewodowej, izolacji cieplnej z poliuretanu i płaszcza osłonowego z polietylenu
- [4] PN-EN 448:2005 Sieci ciepłownicze – System preizolowanych zespolonych rur do wodnych sieci ciepłowniczych układanych bezpośrednio w gruncie – Kształtki – zespoły ze stalowej rury przewodowej, izolacji cieplnej z poliuretanu i płaszcza osłonowego z polietylenu
- [5] PN-EN 448:2005 Sieci ciepłownicze – System preizolowanych zespolonych rur do wodnych sieci ciepłowniczych układanych bezpośrednio w gruncie – Zespół armatury do stalowych rur przewodowych, z izolacją cieplną z poliuretanu i płaszczem osłonowym z polietylenu
- [6] PN-EN 489:2005 Sieci ciepłownicze – System preizolowanych zespolonych rur do wodnych sieci ciepłowniczych układanych bezpośrednio w gruncie – Zespół złącz stałowych rur przewodowych z izolacją cieplną z poliuretanu i płaszczem osłonowym z polietylenu
- [7] PN-85/C-04601 Woda dla celów energetycznych – Wymagania i badania jakości wody dla kotłów wodnych i zamkniętych obiektów ciepłowniczych
- [8] Wytyczne układania, montażu, odbioru i eksploatacji rurociągów preizolowanych – edycja lipiec 2008
- [9] PN-EN 10204: 2006 Wyroby metalowe – Rodzaje dokumentów kontroli
- [10] PN-ISO 6761:1996 Rury stalowe – Przygotowanie końców rur i kształtek do spawania
- [11] PN-B-10405:1999 Ciepłownictwo – Sieci ciepłownicze – Wymagania i badania przy odbiorze
- [12] PN-EN ISO 845:2000 Gumy i tworzywa sztuczne porowate – Oznaczanie gęstości pozornej (objętościowej)
- [13] PN-EN ISO 4590:2005 Sztuczne tworzywa sztuczne porowate – Oznaczanie udziału procentowego objętości otwartych i zamkniętych komórek
- [14] PN-93/C-89071 Tworzywa sztuczne porowate – Próba ściskania sztywnych tworzyw porowatych (idt ISO 844)
- [15] PN-EN ISO 8497:1999 Izolacja cieplna – Określanie właściwości w zakresie przepływu ciepła w stanie ustalonym przez izolacje cieplne przewodów rurowych
- [16] Materiały z Konferencji Technicznej zorganizowanej przez IGCP oraz SPEC S.A. w Mszczonowie w dniach 5 ÷ 6 listopada 2008 r. ; IGCP 2008 ■

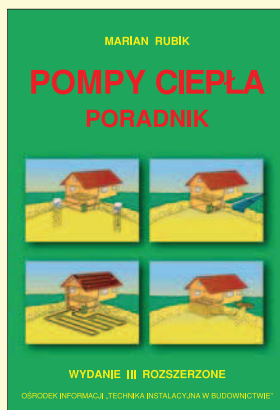
Nowe, rozszerzone wydanie poradnika „Pompy ciepła”

autor: dr inż. Marian Rubik

Wydanie III rozszerzone.
Warszawa 2006 r.
Cena 40 zł

Zamówienia przyjmuje:
Ośrodek Informacji
„Technika instalacyjna
w budownictwie”
02-656 Warszawa,
ul. Ksawerów 21
tel./fax: (022) 843-77-71
e-mail:

redakcja@informacjainstal.com.pl,
wydawnictwo@informacjainstal.com.pl



ZAPROSZENIE DO UDZIAŁU W VI OGÓLNOPOLSKIEJ KONFERENCJI NAUKOWO-SZKOLENIOWEJ połączonej z wystawą

„Nowe urządzenia, materiały i technologie
w wodociągach i kanalizacji”
INSTAL-WOD-KAN 2009

KIELCE

21-23 kwietnia 2009
Hotel Kongresowy –
Centrum-Biznesu



PATRONAT HONOROWY
MINISTRA INFRASTRUKTURY

POPARCIE INICJATYWY
MINISTRA ŚRODOWISKA

ORGANIZATORZY



Politechnika
Świętokrzyska



Izba Gospodarcza
„Wodociągi Polskie”



Wodociągi Kieleckie
Sp. z o.o.



PZITS
Oddz. Kielce

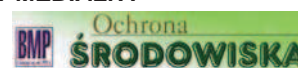


Świętokrzyska Okręgowa
Izba Inżynierów
Budownictwa



Andrzej
Kulickowski

PATRONAT MEDIALNY



wodkaneko.pl
serwis branżowy xtech.pl

SPONSORZY



KONTAKT

Politechnika Świętokrzyska
Zakład Wodociągów i Kanalizacji
Tel./fax.: 041 34-24-450 iw@tu.kielce.pl
www.wod-kan.tu.kielce.pl