

Badania cieplne i wytrzymałościowe elementów rurociągów preizolowanych w LB OBRC SPEC

A thermal and strength tests of heat insulation and preinsulated elements carried out in OBRC SPEC S.A. Laboratory

EWA KRĘCIELEWSKA, ADAM SMYK

W referacie opisano badania elementów preizolowanych prowadzone w akredytowanym Laboratorium Badawczym Ośrodka Badawczo-Rozwojowego Ciepłownictwa Stołecznego Przedsiębiorstwa Energetyki Ciepłej. S.A. (LB OBRC SPEC S.A.). Uzasadniono potrzebę prowadzenia badań oraz wskazano korzyści z ich prowadzenia.

The paper describes the most important test results of thermal insulation in preinsulated bonded pipes. The tests were carried out in OBRC SPEC S.A. The need and advantages of this kind of tests were pointed out.

Wstęp

Elementy preizolowane (elementy zaizolowane termicznie i przeciwwilgociowo w fabryce) stosowane są do budowy rurociągów przeznaczonych dla potrzeb przesyłu ciepła. Na bezawaryjny przebieg ich eksploatacji wpływa wiele czynników, m.in. jakość rur i elementów preizolowanych oraz wyrobów i surowców stosowanych do ich produkcji, która powinna odpowiadać wymaganiom grupy norm *Sieci ciepłownicze – System preizolowanych zespolonych rur do wodnych sieci ciepłowniczych układanych bezpośrednio w gruncie*: PN-EN 253:2005¹ [1], PN-EN 448:2005 [2], PN-EN 488:2005 [3], PN-EN 489:2005 [4].

Technologia produkcji rur preizolowanych nie jest technologią kosmiczną, ale wymaga zachowania pewnych warunków, procedur i reżimów. Z tego względu konieczna jest ciągła kontrola nowych wyrobów. Zbadane cechy wyrobów powinny odpowiadać własnościom określonym w odpowiednich normach przedmiotowych, w aprobatkach technicznych oraz w ofertach przetargowych. 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, FINPOL Warszawa, PRIM Lublin oraz zespołów złączy preizolowanych produkcji RADPOL Człuchów.

W warszawskim systemie ciepłowniczym (w.s.c.) pierwsze pilotażowe przyłącza w technologii preizolowanej ułożono w 1976 roku. Montaż i eksploatację bezkanałowych rurociągów preizolowanych na szeroką skalę rozpoczęto na początku lat dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku. Obecnie, z ponad 1600 km sieci ciepłowniczej dwuprzewodowej, tj. 3200 km rurociągów ciepłowniczych, powyżej 30 % wykonanych jest w technologii preizolowanej, co stanowi niemały poligon doświadczalny dla prowadzenia badań eksploatacyjnych. Posiadanie tak rozległej sieci preizolowanej zmotywowało SPEC S.A. również do rozwijania bazy laboratoryjnej. Największe w Polsce, i jak dotychczas jedyne należące do przedsiębiorstwa ciepłowniczego laboratorium zajmujące się badaniem rur i elementów preizolowanych powstało w Ośrodku Badawczo-Rozwojowym Ciepłownictwa. Z usług LB OBRC korzysta nie tylko warszawski SPEC, ale skorzystały dotychczas również takie przedsiębiorstwa, jak: ZEC Łódź, PEC Stargard Szczeciński, PEC Bełchatów, OPEC Puławy, PEC Kutno, GPEC Gdańsk, PEC Suwałki, SYDKRAFT EC Słupsk, Szczecińska Energetyka Ciepła, Energetyka Cieszyńska, Therma Bielsko-Biała, ZEC Katowice.

O jakości usług prowadzonych przez LB świadczy posiadanie od grudnia 2003 roku akredytacji Polskiego Centrum Akredytacji (PCA). W 2008 roku akredytacja objęła wszystkie metody badań elementów preizolowanych prowadzonych w Ośrodku.

Akredytacja jest dowodem na ustanowienie, wdrożenie i utrzymywanie systemu zarządzania właściwego dla zakresu działalności laboratorium, **gwarantującego bezstronność i niezależność, a także zapewniającego jakość świadczonych usług**. Akredytacja określa, czy laboratorium poprawnie i zgodnie z przyjętymi standardami wykonuje swoją pracę. Takim standardem w przypadku laboratoriów badawczych jest międzynarodowa norma PN-EN ISO/IEC 17025:2005 [5].

Formalnym potwierdzeniem udzielonej Laboratorium OBRC akredytacji jest certyfikat akredytacji o numerze AB 414. Posiadanie akredytacji podnosi rangę Laboratorium Badawczego OBRC i przynosi prestiż Spółce, zaś stosowanie symboli akredytacji na dokumentach, takich jak: sprawozdania z badań, materiały reklamowe, promocyjne lub informacyjne, gwarantuje rozpoznawalność na arenie międzynarodowej.

Laboratorium Badawcze 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 pękanie), wytrzymałości na ścinanie styczne i osiowe oraz starzenie,

¹ W lutym 2009 roku wprowadzona została nowa edycja normy PN-EN 253

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

- zespołów złączy (stanowisko do badania odporności obciążenia od gruntu (tzw. skrzynia z piaskiem oraz do badań nieprzepuszczalności wody).

Badanie gęstości pozornej izolacji z pianki poliuretanowej (PUR)

Gęstość pozorna pianki badana jest wg PN-EN ISO 845:2000 [6].

Jest to parametr decydujący zarówno o cieplnych, jak i wytrzymałościowych właściwościach izolacji. Stosunkowo wysoka gęstość pozorna zapewnia właściwą wytrzymałość mechaniczną pianki (tzw. wytrzymałość na ściskanie) oraz odporność preizolowanego zespołu rurowego na pękanie i ścinanie. Jednocześnie ze wzrostem gęstości nowej izolacji pogarszają się jej właściwości termoizolacyjne, gdyż rośnie wartość współczynnika przewodzenia ciepła (z tego względu gęstość pozorna pianki PUR nie powinna przekraczać 100 kg/m³).

Gęstość pozorna izolacji zmienia się w czasie wraz ze wzrostem temperatury eksploatacji rurociągów – pogarszają się jej właściwości mechaniczne, jak i izolacyjne.

Badanie współczynnika przewodzenia ciepła (przewodności cieplnej)

Podstawowym parametrem charakteryzującym właściwości cieplne izolacji termicznych jest współczynnik przewodzenia ciepła. W tych samych warunkach mniejszym współczynnikowi przewodzenia ciepła, niż przez izolację o takiej samej grubości i wyższej przewodności.

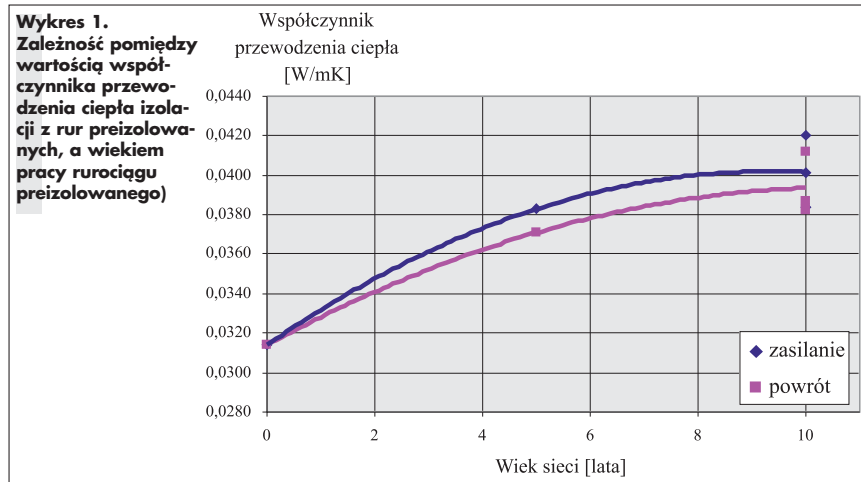
Współczynnik przewodzenia ciepła wyznaczany jest w LB zgodnie z normą PN-EN ISO 8497:1999 [7] na stanowisku badawczym, popularnie zwanym „aparatem rurowym”. Zgodnie z nową edycją normy PN-EN 253 współczynnik przewodzenia ciepła izolacji z pianki PUR w nowych rurach preizolowanych nie może przekroczyć wartości $\lambda_{50} = 0,029$ W/mK.

W Laboratorium OBRC współczynnik ten zawsze określany jest razem z gęstością 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 w Warszawie).

Na „aparacie rurowym” prowadzone są w LB badania zlecane przez producentów rur preizolowanych (przy wprowadzaniu na rynek nowych izolacji) oraz badania zlecane przez inwestorów (w celu sprawdzenia czy zadeklarowana przez

producenta, na etapie składania oferty, wartość współczynnika przewodzenia ciepła izolacji jest zachowana przy dostawie materiałów preizolowanych do klienta).

W 2006 roku w LB OBRC rozpoczęto projekt, polegający na badaniu współczynnika przewodzenia ciepła izolacji spienianej różnymi porofoarami z rur preizolowanych eksploatowanych od kilku lat. Na podstawie 30 pomiarów, jako wartość średnią współczynnika przewodzenia ciepła nowej izolacji spienianej dwutlenkiem węgla, przyjęto $\lambda_{50} = 0,0314$ W/mK. Na wykresie 1 podano zależność pomiędzy wartością współczynnika przewodzenia ciepła izolacji z rur preizolowanych spienianych CO₂, a wiekiem pracy rurociągu preizolowanego. Obecnie prowadzone są badania kolejnych próbek (izolacja z rur preizolowanych spieniana cyklopentanem) po kilku latach eksploatacji zdemontowanych z sieci ciepłowniczej PEC Bełchatów, Elbląg i Starachowice.



Badanie udziału procentowego komórek (porów) zamkniętych w tworzywach piankowych

W procesie transportu ciepła przez materiał termoizolacyjny ogromne znaczenie ma jego struktura. W przypadku izolacji z tworzyw porowatych, jakim jest pianka PUR w rurach preizolowanych, szczególne znaczenie ma wielkość i kształt komórek. Uzyskanie właściwej struktury pianki uzależnione jest od bardzo wielu czynników. Struktura pianki na całej długości rury preizolowanej powinna być jak najbardziej jednorodna, kształt komórek zbliżony do kulistego, a udział zamkniętych komórek jak największy. Zapewnia to optymalne warunki do ochrony rurociągu ciepłowniczego przed stratami ciepła. Puste miejsca i pęcherze mogą występować tylko wyjątkowo.

Ważne jest, by pianka posiadała strukturę zamknięto-komórkową. Im więcej

jest w piance komórek zamkniętych, tym mniejsza jest chłonność wody przez izolację, tym mniejszy w czasie eksploatacji rurociągu jest wzrost wartości współczynnika przewodzenia ciepła oraz większa odporność na starzenie².

Badanie procentowego udziału komórek zamkniętych w tworzywach piankowych prowadzone jest w LB przy użyciu piknometru gazowego, wg [1] oraz [8]. Ocena struktury komórkowej wykonywana



Fot. 1
Prawidłowa struktura pianki PUR (powiększenie pod mikroskopem)



Fot. 2
Nieprawidłowa struktura pianki PUR (bez powiększenia)

jest za pomocą mikroskopu z kamerą. Na fot. 1. i fot. 2. przedstawiono prawidłową i nieprawidłową strukturę izolacji z rur preizolowanych.

² Starzenie – proces polegający na pogorszeniu się właściwości użytkowych danego materiału, w tym przypadku na skutek oddziaływania wysokiej temperatury w długim okresie czasu

Badanie chłonności wody przez piankę PUR

Badanie chłonności wody materiałów porowatych prowadzone jest metodą wyporu hydrostatycznego wg PN-93/C-89084 [9] lub przez gotowanie wg [1].

Z badań Laboratorium Badawczego OBRC wynika, że dobrej jakości nowa izolacja z pianki poliuretanowej wchłania wodę bardzo wolno – tym wolniej, im większy jest udział komórek zamkniętych, jednak już po kilkunastu latach eksploatacji chłonność wzrasta nawet ponaddwukrotnie. Z tego powodu każda perforacja rury przewodowej lub nieuszczelnienie osłony może w krótkim czasie doprowadzić do zawilgocenia dużego obszaru izolacji w rurze preizolowanej, 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.

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 [1] oraz PN-93/C-89071 [10], na stanowisku do badań wytrzymałościowych (w OBRC jest to aparat produkcji firmy Lloyd).

O wytrzymałości na ściskanie izolacji decyduje jej gęstość pozorna, stopień zawilgocenia materiału, temperatura i długość okresu eksploatacji oraz, w przypadku materiałów o strukturze anizotropowej³ (jak pianka PUR) – kierunek działania przyłożonej siły.

Biorąc pod uwagę warunki eksploatacyjne rurociągów, okazuje się, że izolacja jest najbardziej narażona na naciski w kierunku prostopadłym do osi rury, tj. promieniowym. Przeciwstawiając się zgnieciu pianka musi stawiać możliwie największy opór powstającym siłom ściskającym. Z tego względu w rurze preizolowanej wytrzymałość na ściskanie pianki PUR w kierunku promieniowym nie powinna być mniejsza niż 0,3 MPa.

Warto w tym miejscu zwrócić uwagę na fakt, o którym pisano już wcześniej, że

³ Struktura anizotropowa – struktura o różnych własnościach fizycznych w różnych kierunkach

wytrzymałość na ściskanie izolacji z pianki PUR rośnie wraz z jej gęstością, co z kolei prowadzi do wyższej wartości współczynnika przewodzenia ciepła. W celu uzyskania niskiej wartości współczynnika przewodzenia ciepła izolacji producenci rur preizolowanych często starają się maksymalnie obniżyć gęstość pianki, lecz niejednokrotnie prowadzi to do uzyskania bardzo małej wytrzymałości na ściskanie.

Badanie wytrzymałości na ścinanie zespołu rurowego

Badanie wytrzymałości zespołu rurowego na ścinanie styczne i osiowe prowadzone jest zgodnie z [1] na stanowisku do ścinania (fot. 3).



Fot. 3
Stanowisko do badania wytrzymałości na ścinanie osiowe

Wskutek zmiany temperatury czynnika grzewczego w rurze przewodowej następuje zmiana jej długości (wydłużenie po wzroście temperatury, zaś skrócenie po obniżeniu temperatury czynnika grzewczego). W rurociągu preizolowanym rura przewodowa jest zespolona z rurą osłonową poprzez izolację, zatem wydłużanie i skracanie rury przewodowej powoduje przemieszczanie się w gruncie rury preizolowanej. Wzajemne oddziaływanie rury osłonowej i gruntu powoduje pojawienie się sił tarcia. Siły tarcia są przenoszone z rury osłonowej na rurę stalową (przewodową), a skutkiem tego jest powstanie na prostych odcinkach rur preizolowanych

naprężeń ściskających i rozciągających, których przekroczenie stwarza niebezpieczeństwo niekontrolowanego poślizgu rury przewodowej, izolacji i zewnętrznej rury osłonowej względem siebie. Stwarza to ryzyko uszkodzenia izolacji poliuretanowej na łukach kompensacyjnych.

Badanie wytrzymałości na ścinanie ma na celu sprawdzenie, czy rura preizolowana wyprodukowana według określonej technologii będzie zdolna do przenoszenia sił tarcia z rury osłonowej na rurę przewodową.

Na fot. 4. przedstawiono fragment rury preizolowanej po badaniu wytrzymałości na ścinanie osiowe. W wyniku badania rura przewodowa wraz z izolacją wysunęły się z rury osłonowej (zespół rurowy nie spełnił wymaganej wytrzymałości na ścinanie osiowe), co pozwala na stwierdzenie, że popełniono błąd na etapie produkcji rury preizolowanej (niewłaściwie przygotowano powierzchnię wewnętrzną rury osłonowej) oraz na przypuszczenie, że zbudowany z takich elementów rurociąg preizolowany po zakopaniu go w gruncie nie będzie zdolny do przenoszenia sił tarcia.



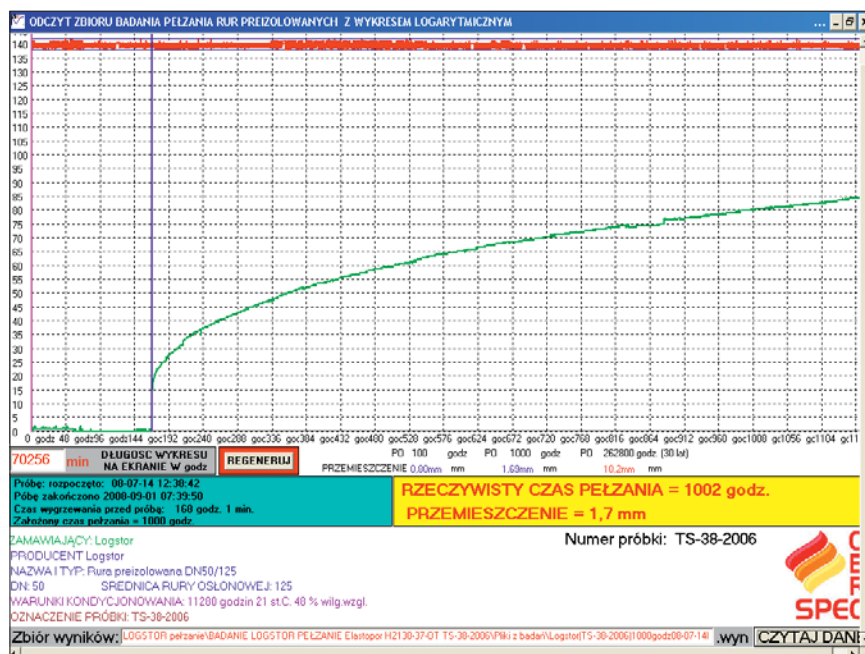
Fot. 4
Zespół rurowy po badaniu wytrzymałości na ścinanie osiowe. Pod wpływem siły przyłożonej do rury przewodowej izolacja wraz z rurą przewodową wysunęły się z rury osłonowej

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

Badanie odporności na pękanie prowadzone jest wg [1]. Podobnie, jak większość badań prowadzonych w LB sterowane jest komputerowo. Na fotografii 5.



Fot. 5
Stanowisko do badań pękania



Rys. 1
Widok ekranu komputera po zakończeniu badania

przedstawiono stanowisko do badań pełzania, na rysunku 1 widok ekranu komputera po zakończeniu badania.

Podczas eksploatacji rurociągu preizolowanego ułożonego w gruncie, w wyniku działania na niego różnych rodzajów naprężeń, między innymi wywołanych ciężarem i oddziaływaniem gruntu oraz działaniem wysokiej temperatury, następuje specyficzne odkształcenie izolacji. W efekcie po pewnym okresie eksploatacji może nastąpić znaczne zdeformowanie pianki, co może przesądzić nawet o konieczności wymiany odcinka rurociągu.

Badanie pełzania promieniowego, czyli wytrzymałości na odkształcenie promieniowe, pozwala na ustalenie, jak będzie zachowywać się izolacja cieplna (pianka PUR) na łukach kompensacyjnych i odgałęzieniach, po 30 latach eksploatacji rurociągu preizolowanego, w którym temperatura ciągła czynnika grzewczego nie przekraczała 120°C.

Proces przyspieszonego starzenia

Aby sprawdzić, jakie będą właściwości izolacji cieplnej poddawanej ciągłemu działaniu temperatury 120°C po 30 latach pracy, przeprowadza się proces przyspieszonego starzenia. Proces polega na wygrzewaniu przez określony czas⁴ rury przewodowej w temperaturze wyższej, od dopuszczalnej temperatury pracy izolacji z pianki PUR, podczas gdy płaszcz osłonowy znajduje się w temperaturze otocze-

nia. Następnie sprawdzana jest wytrzymałość na ścinanie osiowe.

Jeżeli wynik badania będzie pozytywny, czyli wytrzymałość na ścinanie odpowiednio wygrzanej rury będzie taka, jak próbki nie poddawanej procesowi starzenia, oznacza to, że rurociąg preizolowany, ze względu na trwałość termiczną pianki PUR, powinien pracować bezawaryjnie, co najmniej przez 30 lat.

Na fotografii 6. przedstawiono wygląd próbki z izolacją niewłaściwej jakości po procesie przyspieszonego starzenia.



Fot. 6
Próbka po procesie przyspieszonego starzenia. Widoczny również brak współosiowości rury przewodowej i osłonowej

Badanie obciążenia od gruntu zespołu złączy⁵

Wieloletnie doświadczenia eksploatacyjne SPEC oraz informacje dostępne w fachowej prasie zagranicznej, wskazu-

ją, że niewralgicznym miejscem rurociągów preizolowanych są ich połączenia (spoiny na rurze stalowej oraz nasuwki i mufy na rurze osłonowej). Na złączach, szczególnie po pewnym okresie eksploatacji, występuje zdecydowanie największa liczba awarii rurociągów preizolowanych. Zatem dla bezawaryjnej pracy rurociągu kluczowe znaczenie ma prawidłowo przeprowadzony proces spawania, dobór właściwych osłon izolacji na połączeniach spawanych (nasuwki i mufy) oraz ich poprawny montaż. Weryfikację jakości rozwiązań technicznych osłony złącza umożliwia badanie obciążenia od gruntu.

W Laboratorium OBRC, wyposażonym w specjalistyczne stanowisko o prozaicznej nazwie „skrzynia z piaskiem” (fot.7), sprawdzana jest wytrzymałość osłony izolacji na połączeniu spawanym rurociągu preizolowanego. Skrzynia z piaskiem zapewnia symulację warunków pracy rurociągu w trakcie eksploatacji (obciążenie gruntem, temperaturę rury przewodowej,



Fot. 7
Stanowisko obciążenia od gruntu „skrzynia z piaskiem”



Fot. 8
Stanowiska do badania szczelności złącza preizolowanego po badaniu w skrzyni z piaskiem

⁴ Czas wygrzewania wynosi od ponad 1400 do 3200 godzin i zależy od temperatury badania

⁵ Zespół złącza – konstrukcja pomiędzy dwoma elementami preizolowanymi; osłona złącza (mufa, nasuwka) – element połączenia dwóch rur osłonowych w złączu

działanie sił osiowych). W niej właśnie przeprowadzany jest test wytrzymałościowy. Po tym teście złącze poddawane jest próbie szczelności poprzez zanurzenie w wodzie (fot. 8). Prawidłowo wykonane złącze po przeprowadzonym badaniu powinno zachować swoją szczelność.

Na fot. 9 ÷ 13 przedstawiono różne typy zbadanych złączy.



Fot. 9
Nasuwka z LD-PE odkształcona wskutek nieprawidłowo dobranej grubości wyrobu.



Fot. 10
Koniec mufy zgrzewanej elektrycznie po badaniu w skrzyni z piaskiem



Fot. 11
Nasuwka termokurczliwa nieusieczowana z HDPE. W czasie badania nastąpiło odkształcenie na skutek przerwania procesu obkurczania

Wyniki badań nasuwek termokurczliwych usieczowanych radiacyjnie z korkami wtapienymi (fot. 14), przeprowadzonych w LB OBRC na stanowisku obciążenia



Fot. 12
Nasuwka termokurczliwa usieczowana z dodatkowym zabezpieczeniem na końcach w postaci opasek termokurczliwych. Opaski uległy zniszczeniu ze względu na złe dobrany materiał



Fot. 13
Nieprawidłowo wykonana nasuwka z usieczowanego HDPE (brak kleju) na końcach nasuwki



Fot. 14
Prawidłowo wykonana i szczelna nasuwka z usieczowanego HDPE

od gruntu dowodzą, że jest to wyrób o nieporównywalnej jakości z obecnie oferowanymi rozwiązaniami przeznaczonymi do wykonywania złączy na rurociągach preizolowanych do DN 300.

Z dziesięciu przebadanych złączy usieczowanych radiacyjnie z korkami wtapienymi, po badaniu obciążenia od gruntu, w warunkach spełniających (100 cykli – 3 złącza) lub znacznie przekraczających (> 500 cykli – 2 złącza, 1000 cykli – 7 złączy) wymagania [4] żadne nie odkształciło się podczas badania i wszystkie były stuprocentowo szczelne.

Odchylenie od współosiowości zespołu rurowego

Na możliwość prawidłowego wykonania złącza preizolowanego na połączeniu spawanym wpływa między innymi

współosiowość rury przewodowej i rury osłonowej. Brak współosiowości powoduje, że grubość izolacji w przekroju rury nie jest równomierna, co wiąże się z utrud-



Fot. 15
Tradycyjna rura preizolowana niewspółosiowa w przekroju



Fot. 16
Giętka rura preizolowana niewspółosiowa w przekroju

nieniem wykonania prawidłowego zespołu złącza.

Na fot. 15. i fot. 16. przedstawiono przekroje rur preizolowanych wykonanych w nieprawidłowy sposób.

Podsumowanie i wnioski

- Technologia produkcji rur preizolowanych wymaga zachowania pewnych warunków, procedur i reżimów. Z tego względu konieczna jest ciągła kontrola nowych wyrobów. Zbadane cechy wyrobów powinny odpowiadać własnościom określonym w odpowiednich normach przedmiotowych, w aprobatkach technicznych oraz w ofertach przetargowych.
- Różnorodność badań oraz oceny eksploatacyjne prowadzone w Laboratorium Badawczym OBRC SPEC S.A. wskazują, iż własności nowych rur preizolowanych niestety w wielu przypadkach odbiegają od wymaganych. Dlatego niezwykle ważne jest, by przed ich montażem prowadzić wyrównane badania kontrolne.
- Mając na względzie, że dobra jakość wyrobów stosowanych w ciepłownictwie oraz ich prawidłowy montaż są warunkiem niezbędnym osiągnięcia zakładanego kilkudziesięcioletniego okresu ich eksploatacji oraz, że jakość izolacji w istotny sposób wpływa na

koszt ciepła dostarczanego do odbiorców, Laboratorium Badawcze OBRC ustawicznie rozwija swoją bazę badawczą nadążając z powodzeniem za wysokim poziomem technicznym w ciepłownictwie.

- Możliwość współpracy z PEC-ami z całego kraju oraz z krajowymi i zagranicznymi producentami wyrobów termoizolacyjnych, świadomymi, że ich produkty mogą być skontrolowane (zbadane) już na etapie dostaw, istotnie wpływa na jakość oferowanych izolacji i elementów preizolowanych stosowanych w ciepłownictwie.

LITERATURA I POWOŁANE NORMY

- [1] PN-EN 253:2005 Sieci ciepłownicze – System preizolowanych zespolonych rur do wodnych sieci ciepłowniczych układanych bezpośrednio w gruncie – Zespół rurowój ze stalowej rury przewodowej, izolacji cieplnej z poliuretanu i płaszczu osłonowego z polietyleny.
- [2] 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 płaszczu osłonowego z polietyleny.
- [3] PN-EN 488:2005 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 polietyleny.
- [4] PN-EN 489:2005 Sieci ciepłownicze – System preizolowanych zespolonych rur do wodnych sieci ciepłowniczych układanych bezpośrednio w gruncie – Zespół złącza stalowych rur przewodowych z izolacją cieplną z poliuretanu i płaszczem osłonowym z polietyleny.
- [5] PN-EN ISO/IEC 17025:2005 Ogólne wymagania dotyczące kompetencji laboratoriów badawczych i wzorcujących.
- [6] PN-EN ISO 845:2000 Gumy i tworzywa sztuczne porowate – Oznaczanie gęstości pozornej (objętościowej).
- [7] PN-EN ISO 8497:1999 Izolacja cieplna – Określanie właściwości w zakresie przepływu ciepła w stanie ustalonym przez izolację cieplną przewodów rurowójnych.
- [8] PN-EN ISO 4590:2005 Sztuczne tworzywa sztuczne porowate – Oznaczanie udziału procentowego objętości otwartych i zamkniętych komórek.
- [9] PN-93/C-89084 Tworzywa sztuczne sztywne porowate – Oznaczanie chłonności wody.
- [10] PN-93/C-89071 Tworzywa sztuczne porowate – Próba ściskania sztywnych tworzyw porowatych (idt ISO 844).



Przedstawione opracowanie jest pierwszym w polskim piśmiennictwie studium poświęconym temu tematowi i ma na celu wypełnienie istniejącej luki oraz właściwe przedstawienie zagadnień związanych z budową, charakterystycznymi właściwościami urządzeń, jak również projektowaniem elektrycznego ogrzewania akumulacyjnego.

ELEKTRYCZNE AKUMULACYJNE OGRZEWANIE POMIESZCZEŃ

KRZYSZTOF T. JANUSZKIEWICZ

Książka przeznaczona jest dla inżynierów i techników zajmujących się zagadnieniami ogrzewania oraz dla inwestorów i projektantów ogrzewania w budownictwie mieszkaniowym jedno- i wielorodzinnym, a także w pomieszczeniach przemysłowych, zabytkowych itp. Może być również wykorzystywana przez studentów wyższych szkół technicznych wydziałów elektrycznych, budownictwa i architektury.

Spis treści

- Przedmowa
1. Wstęp
2. Warunki komfortu cieplnego i wymiana ciepła w ogrzewanych pomieszczeniach
3. Obliczanie mocy elektrycznych instalacji ogrzewczych
4. Wybrane zagadnienia wymiany ciepła
5. Elektryczne ogrzewacze akumulacyjne wolno stojące

6. Elektryczne akumulacyjne ogrzewanie podłogowe
7. Centralne ogrzewanie akumulacyjne
8. Cykle pracy urządzeń akumulacyjnych
9. Automatyzacja instalacji ogrzewczych
10. Badania ogrzewaczy akumulacyjnych wolno stojących
11. Bibliografia

Format B5, str. 224
cena 20 zł (Vat 0%)

Sprzedaż prowadzi:

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