

RODZAJE MOSTKÓW TERMICZNYCH W IZOLOWANYCH INSTALACJACH PRZESYŁU ENERGII

TYPES OF THE THERMAL BRIDGES IN INSULATED ENERGY TRANSFER INSTALLATIONS

STANISŁAW ŁOPATA

POLITECHNIKA KRAKOWSKA
WYDZIAŁ MECHANICZNY

STRESZCZENIE

Celem niniejszego rozdziału jest wskazanie miejsc występowania zwiększonych strat ciepła nośników, przesyłanych izolowanymi rurociągami. Przeprowadzone wizje lokalne i badania obiektów energetycznych, wykonane za pomocą kamery termowizyjnej oraz stykowego miernika temperatury, pozwoliły wskazać rodzaje takich miejsc z uwzględnieniem różnych kryteriów. W niniejszym opracowaniu zaprezentowano także przykłady mostków termicznych izolowanych rurociągów energetyki ciepłej.

ABSTRACT

This study aims to indicate the locations of increased occurrence of heat loss its media transmitted by the insulated pipelines. Conducted site visits and performed examination by using a infrared camera and contact type temperature gauge helped to identify the types of places, taking into account different criteria. The study also shows the examples of thermal bridges in insulated pipelines of thermal energy systems.

3.1. Wprowadzenie

Od wielu lat w energetyce zawodowej i przemysłowej realizowane są różnego rodzaju zadania mające na celu poprawę efektywności energetycznej. To jeden z elementów powszechnie znanego programu 3×20, wdrażanego we wszystkich krajach członkowskich Unii Europejskiej. Zgodnie z nim należy zredukować emisję gazów cieplarnianych, zwiększyć wspomnianą efektywność oraz wykorzystanie energii ze źródeł odnawialnych. W podanych przypadkach chodzi o 20%, chociaż dla Polski ostateczny wskaźnik dla ostatniego z zadań wynosi 15%, ze względu na ograniczone zasoby i mniejszą efektywność. Spełnienie warunków pakietu wymaga modernizacji i unowocześnienia polskiej energetyki, co stanowi poważne wyzwanie dla gospodarki.

Do ważnych przedsięwzięć, pozwalających pozytywnie rozwiązywać wskazane wyżej zadania, należy zaliczyć wszelkie działania, które wpływają na ograniczenie strat energii występujących, niestety, w instalacjach energetycznych. Dotyczy to zarówno procesów przetwarzania, wykorzystywania i magazynowania energii w maszynach i urządzeniach, jak i jej przesyłania przewodami za pomocą różnych czynników. Są nimi najczęściej gorąca woda i para wodna nasycona lub przegrzana. Do ochrony przed stratami ciepła stosowane są materiały izolacyjne, dostępne na polskim rynku w bardzo bogatej i różnorodnej ofercie [1-3]. Obecnie ich cechą charakterystyczną jest także wysoki stopień prefabrykacji. Fakty te powodują, że prace izolacyjne stały się prostsze, ale od projektantów należy wymagać dobrego rozeznania z uwagi na np. własności czy parametry użytkowe. Można tutaj dodać, że odpowiednie wymagania, które mają zapewnić materiały izolacyjne, to nie tylko ich właściwy dobór i określenie grubości [4-6], ale także staranny montaż i późniejsza poprawna eksploatacja. Szczególne zastrzeżenie może budzić zwłaszcza ta ostatnia. Często brak nadzoru pozwalającego chociażby okresowo oceniać stan techniczny izolacji, zarówno jej właściwego materiału, jak i pozostałych elementów (np. płaszcz ochronny, konstrukcji wsporczej). Wykonywane „poprawki” nie przyczyniają się niekiedy do powrotu do stanu pierwotnego. Ich efektem są nadmierne (zwiększone ponad stan uznawany za dopuszczalny) straty energii do otoczenia. Miejsca, w których one występują, charakteryzują się intensywniejszym przepływem ciepła. Określa się je jako mostki termiczne lub mostki ciepłe.

W przypadku obiektów energetyki ciepłej, w tym rurociągów gorącej wody i pary, stanowiących przedmiot niniejszej pracy, wpływ na straty niektórych występujących w nich mostków termicznych (np.

zaworów, zasuw, kołnierzy, podpór, elementów usytuowanych w warstwie izolacji właściwej) uwzględnia się, wykorzystując uproszczoną metodykę obliczeniową [4]. Jednak nie bierze się pod uwagę przy szacowaniu tych strat różnorodności konstrukcyjnej oraz wymiarowej. Podczas wieloletniej eksploatacji obiektów energetycznych mogą się również pojawiać dodatkowe, nieujęte na etapie projektowania, miejsca strat ciepła spowodowane np. niewłaściwym użytkowaniem.

W zakresie, o którym wyżej mowa, wykonywanie badań, szczególnie przy użyciu kamer termowizyjnych, a także monitorowanie strat ciepła, można zaliczyć do metod diagnozowania stanu technicznego izolacji rurociągów. Stosowanie kamer, a dodatkowo także przeprowadzanie wizji lokalnych (ogłędzin) oraz pomiarów za pomocą termometrów stykowych lub pirometrów, pozwala na precyzyjne wskazanie miejsc występowania mostków termicznych. Nie ma jednak obecnie jakiejś formy ich katalogu dla urządzeń energetyki ciepłej. Dotyczy to zwłaszcza rurociągów, które zazwyczaj tworzą rozbudowaną strukturę jako sieci ciepłownicze gorącej wody oraz rurociągi pary przegrzanej w siłowniach ciepłych. Fakt ten powoduje, że i straty energii mogą być znaczące. Dlatego należy je ograniczać nie tylko na etapie projektowania konstrukcji, ale także przy montażu i późniejszej eksploatacji. Z powyższych konstatacji wynika, że wiedza dotycząca wszelkich form mostków termicznych rurociągów jest ważna. We wcześniejszych pracach własnych, dotyczących omawianego zagadnienia, podjęto próbę ich podziału [7, 8] oraz próbę analizy strat ciepła, jakie niektóre z nich wywołują [9, 10]. Jednoznaczne uporządkowanie typów mostków termicznych izolowanych rurociągów, przedstawione w rozdziale, może stanowić bazę do dalszych działań. Należą do nich np. poprawa metodyki obliczeń ich wpływu na generowane przez nie straty, stworzenie odpowiedniego systemu diagnostyki, a zwłaszcza opracowywanie rozwiązań konstrukcyjnych i eksploatacyjnych, dzięki którym straty energii byłyby znacznie mniejsze.

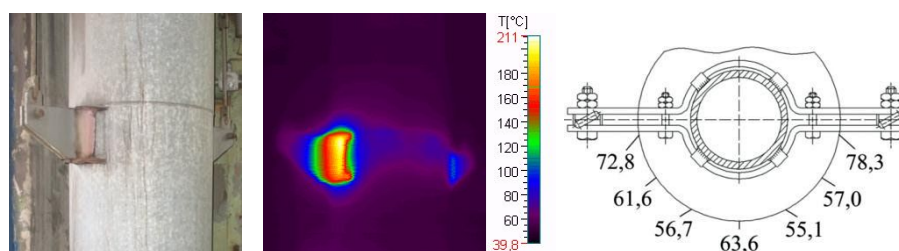
3.2. Mostki termiczne izolowanych rurociągów

Gorsze własności termoizolacyjne i lepsze przewodzenie ciepła to główne cechy miejsca, które określa się mianem mostka termicznego. Stanowi go zazwyczaj jakiś element konstrukcyjny samego obiektu bądź jego osprzętu. Natomiast wielkość, dzięki której można bardzo łatwo znaleźć takie miejsce, to temperatura powierzchni zewnętrznej mającej kontakt z otoczeniem. Ten prosty do zmierzenia parametr w miejscu występowania mostka termicznego ma wartości wyższe niż w innych miejscach obiektu.

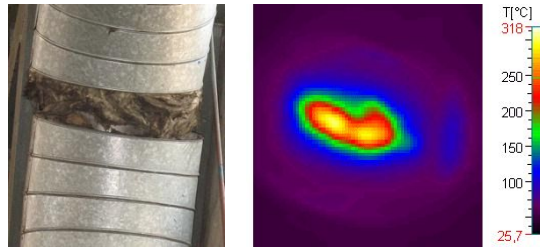
Mostki termiczne izolowanych rurociągów można podzielić, formułując pewne kryteria. Jednym z nich mogą być możliwości, jakie daje przeprowadzenie badań wizualnych, a w pewnej mierze także analiza dokumentacji technicznej. W tym prostym przypadku można wydzielić dwie grupy:

- mostki termiczne widoczne,
- mostki termiczne niewidoczne.

Pierwszą z wymienionych grup tworzą głównie podzespoły, a w zasadzie ich fragmenty wystające nad izolację, zabudowane na obiekcie dla zapewnienia poprawności i bezpieczeństwa jego eksploatacji, a także dla kontroli parametrów pracy. Do takich mostków można zaliczyć np. zamocowania, armaturę, króćce, układy kontrolno-pomiarowe. Ale widocznymi miejscami zwiększonych strat ciepła będą także nieciągłości izolacji, deformacje w formie wgnieceń płaszcza ochronnego lub lokalne zmniejszenia grubości izolacji właściwej spowodowane zabudową innych obiektów (rurociąg w pewnym fragmencie mija się z taką przeszkodą, uniemożliwiając utrzymanie grubości takiej izolacji jak w innych strefach). Przykłady mostków termicznych zaliczonych do tej grupy zaprezentowano na rysunkach 3.1 i 3.2. Obecność mostków potwierdzono wykonanymi termogramami.



Rys. 3.1. Mostek termiczny widoczny: zawieszenie rurociągu parowego (termogram, $t_{max} = 205,8 \text{ }^{\circ}\text{C}$; temperatura płaszcza w połowie wysokości półobejm w $^{\circ}\text{C}$)

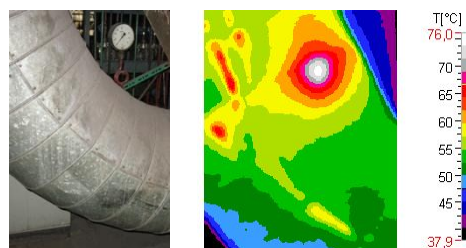


Rys. 3.2. Mostek termiczny widoczny (nietypowy) na kolanie rurociągu parowego: nieciągłość (obsunięcie) izolacji (termogram, $t_{max} = 314,1 \text{ } ^\circ\text{C}$)

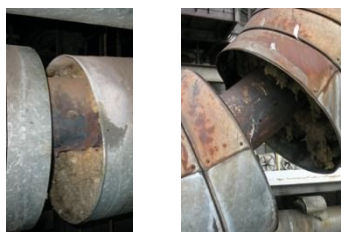
Drugą wspomnianą wyżej grupę stanowią zazwyczaj elementy znajdujące się wewnątrz izolacji właściwej, jak np. podzespoły zamocowań (klocki oporowe, jarzma, półobejmy), obcięte i zaślepione króćce, konstrukcje wsporcze płaszczu ochronnego izolacji. Wystają one ponad powierzchnię zewnętrzną izolowanego obiektu, przy czym niektóre przylegają do niej, a inne są z nią trwale połączone. Można dodać, że pewne wymienione tutaj elementy rurociągów, stosowane obecnie w ich konstrukcjach, są konieczne z tych samych powodów, o których wspomniano przy grupie opisanej wcześniej. Natomiast do prezentowanego zbioru zaliczyć należy także przemieszczenia izolacji właściwej zasłonięte płaszczem ochronnym. Chodzi tutaj o jej opadnięcia na odcinkach pionowych lub zwisanie na odcinkach poziomych i kolanach. Należy pamiętać o tym, że dla tych ostatnich względem rurociągu przemieszczone są zwykle dłuższe fragmenty izolacji właściwej oraz płaszcz ochronny, co skutkuje nierównomierną grubością i pustkami powietrznymi. Przykłady grupy mostków termicznych niewidocznych zaprezentowano na rysunkach 3.3-3.5.



Rys. 3.3. Mostek termiczny niewidoczny: konstrukcja wsporcza płaszczu ochronnego (zdjęcia i termogram; dla płaszczu ochronnego $t_{max} = 95,2 \text{ } ^\circ\text{C}$)



Rys. 3.4. Mostek termiczny niewidoczny: nieciągłość izolacji właściwej pod płaszczem ochronnym (zdjęcie i termogram; $t_{max} = 74,8 \text{ } ^\circ\text{C}$)



Rys. 3.5. Mostki termiczne niewidoczne (aby je pokazać, zdjęto fragmenty izolacji): obniżenie izolacji względem rurociągu

Szczególny przypadek grupy mostków termicznych niewidocznych może stanowić zawilgocenie izolacji mające zwykle charakter okresowy, wiążący się z opadami. Dotyczy to w zasadzie izolowanych rurociągów usytuowanych na zewnątrz, w przypadku których na przykład źle zmontowano poszczególne segmenty płaszcza ochronnego.

W odniesieniu do widocznych na rysunkach 3.1-3.5 mostków termicznych możliwe byłoby także użycie innych określeń – w tym proponowanych w kilku pracach [7, 8, 10] – np. wiadome (pewne) oraz nietypowe (nieoczekiwane). Jednakże nie wydaje się to celowe, gdyż wnikliwsza analiza pozwala zauważyć, że niektóre przypadki dałyby się zakwalifikować do obu jednocześnie (np. brak ciągłości izolacji, deformacje płaszcza ochronnego, użycie izolacji o gorszych parametrach).

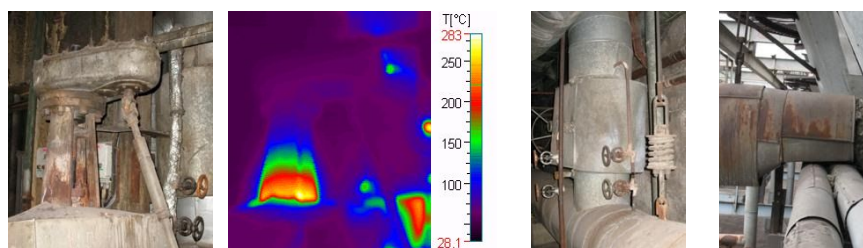
Ważnym kryterium podziału mostków termicznych izolowanych rurociągów energetyki cieplnej są przyczyny powodujące zwiększone straty ciepła. Ich analiza pozwala wydzielić:

- mostki termiczne technologiczne – tutaj w odniesieniu do właściwości stosowanych materiałów izolacyjnych, takich jak np. gęstość, współczynnik przewodzenia ciepła, wytrzymałość itd.,
- mostki termiczne konstrukcyjne,
- mostki termiczne montażowe,
- mostki termiczne eksploatacyjne.

Podany podział został zaproponowany we wcześniejszej pracy mojego współautorstwa – *Mostki termiczne wysokoprężnych rurociągów energetyki cieplnej* [8]. Warto jednak dodać w tym miejscu, że jego znaczenie polega na możliwości oddzielenia mostków termicznych istniejących od początku, od tych mogących powstawać w okresie późniejszym. Te pierwsze to etap opracowania projektu instalacji, który wiąże się z doбором określonych materiałów oraz rozwiązań konstrukcyjnych. Drugie związane są z nieprawidłowościami podczas montażu oraz w okresie późniejszej eksploatacji.

Mostki termiczne technologiczne (w proponowanym ujęciu można by użyć określenia materiałowe) wynikają z ewentualnego niespełniania przez izolację właściwą parametrów deklarowanych przez producenta. Przypadki takie nie powinny mieć, rzecz jasna, miejsca i powinna je eliminować kontrola jakości.

W grupie mostków termicznych konstrukcyjnych znajdują się elementy, których zabudowa jest niezbędna do zapewnienia poprawności pracy rurociągów i ich izolacyjności cieplnej. Jako przykłady można wymienić armaturę, podzespoły zamocowań stałych i ruchomych, układy kontrolne i pomiarowe, konstrukcje wsporcze płaszcza ochronnego, wymuszone lokalnie mniejsze niż wymagane grubości warstwy izolacji itd. (rysunki 3.1, 3.3, 3.6).



Rys. 3.6. Mostki termiczne konstrukcyjne rurociągu parowego: armatura, króćce obejściowe zasuw, podwieszenie, „wymuszona” mniejsza grubość izolacji (termogram; $t_{max} = 278,1\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Niskie kwalifikacje, nieprzestrzeganie zasad, pośpiech, a nawet brak kontroli wykonawczej i odbiorczej mogą oznaczać możliwość pojawienia się mostków termicznych montażowych. Do nich można na przykład zaliczyć zbyt małą (niezgodną z projektem) grubość izolacji lub jej nierównomierność na obwodzie, a nawet jej braki. Będą je także stanowić nieprawidłowe położenia poszczególnych warstw izolacji właściwej, segmentów płaszcza ochronnego lub jego konstrukcji wsporczej. Niektóre z nich pokazano na rysunku 3.7.



Rys. 3.7. Mostki termiczne montażowe rurociągu parowego: niestaranne założenie elementów izolacji

Podczas użytkowania izolowanych rurociągów mogą pojawić się mostki termiczne eksploatacyjne. Do tej grupy zaliczono różnego rodzaju uszkodzenia i deformacje elementów izolacji. Powstają one niekiedy wskutek nieostrożnych działań podczas prac prowadzonych przy innych obiektach lub są efektem oddziaływania np. wysokich temperatur lub wilgoci. Ta ostatnia powoduje zarówno korozję elementów metalowych, jak i pogorszenie właściwości izolacji właściwej. Z upływem czasu liczba tego rodzaju mostków, zwłaszcza gdy nie są likwidowane, może być znaczna i może prowadzić do dużych strat przesyłanego ciepła. Przykłady miejsc, o których mowa, widoczne są na rysunkach 3.2, 3.5 i 3.8.



Rys. 3.8. Mostki termiczne eksploatacyjne: deformacje płaszcza ochronnego i jego konstrukcji wsporczej

Zaprezentowane mostki termiczne izolowanych rurociągów można także podzielić, biorąc pod uwagę kwestie obliczeniowe i modelowania numerycznego. Jeżeli charakteryzuje je symetria osiowa, da się je określić jako punktowe (będą to np. elementy walcowe „przechodzące” przez izolację właściwą). Natomiast pocienienia izolacji lub niewłaściwe ich styki (poprzeczne, wzdłużne) są przypadkami mostków dwuwymiarowych. Bardziej złożone konstrukcje, na przykład zamocowania, należy traktować jako mostki termiczne trójwymiarowe.

3.3. Wnioski i uwagi końcowe

Izolowane rurociągi wykorzystywane do przesyłu strumieni ciepła mają szereg różnorodnych mostków termicznych, czyli takich miejsc, które – w porównaniu z innymi – charakteryzują się zwiększonymi jej stratami. Miejsca te można określić, dokonując analizy dokumentacji technicznej, przeprowadzając badania wizualne oraz pomiary rozkładów temperatury powierzchni zewnętrznych izolacji i osprzętu. Efektywną metodą takich pomiarów jest zastosowanie kamer termowizyjnych.

Analiza cech mostków termicznych pozwoliła dokonać ich podziału, przy czym jako kryteria wybrano wyniki osiągane za pomocą badań wizualnych (mostki termiczne widoczne i niewidoczne), przyczyny generowania wyższych strat ciepła (mostki termiczne technologiczne, konstrukcyjne, montażowe i eksploatacyjne) oraz kwestie wynikające z potrzeb zasad obliczania i modelowania numerycznego (mostki termiczne punktowe, dwuwymiarowe i trójwymiarowe).

Proponowany podział mostków termicznych izolowanych rurociągów można wykorzystać do poprawy metodyki szacowania wartości strat ciepła przez nie powodowanych, a także podczas poszukiwania konstrukcyjnych i eksploatacyjnych rozwiązań. One, w porównaniu z rozwiązaniami stosowanymi obecnie, pozwolą obniżyć wspomniane straty. Omawiany wyżej podział można także wykorzystać dla potrzeb diagnostyki umożliwiającej identyfikację takich miejsc i na bieżąco przywracać stan, który jest uznany za zadowalający. W tym zakresie diagnostyka powinna stać się standardem, gdyż staje się jednym z elementów prowadzonej obecnej polityki poprawy efektywności energetycznej oraz proekologicznej.

LITERATURA:

- [1] H. Potrzebowska, *Izolacje techniczne dla ciepłownictwa, ogrzewnictwa i przemysłu. Asortyment, zakres i warunki stosowania*, „Instal” 2003, nr 6, s. 2-8.
- [2] Strony internetowe producentów materiałów izolacyjnych (www.isover.pl, www.rockwool.pl, www.paroc.pl, www.ursa.pl, www.izomar.com, www.armacell.com, www.thermaflex.co.pl, www.icmarket.pl).
- [3] S. Łopata, M. Gargula, *Izolowanie maszyn i urządzeń energetycznych w aspekcie ochrony środowiska – zagadnienia wybrane* [w:] *Ochrona środowiska w eksploatacji kotłów rusztowych: IX konferencja naukowo-techniczna 2007, Szczyrk, 11-13 października 2007*, pod red. A. W. Walewskiego, A. Polewczyka, W. B. Wojnara, „Prace Naukowe, Monografie, Konferencje”, t. 19, Politechnika Śląska, Gliwice 2007, s. 125-137.
- [4] PN-EN ISO 12241:2010 *Izolacja cieplna wyposażenia budynków i instalacji przemysłowych – Zasady obliczania*.