

Uszkodzenia kolektorów próżniowych heat-pipe w sezonie zimowym

Pęknięta rurka



Wobec powszechności zastosowania wody jako nośnika ciepła w rurkach heat pipe problem ich uszkodzeń w niskich temperaturach może dotyczyć wielu rodzajów kolektorów próżniowych, a z drugiej strony poszukiwanie innych rozwiązań w zakresie nośników ciepła nie jest kwestią łatwą z wielu względów technicznych i ekonomicznych.

Kolektory próżniowe stanowiły na rynku polskim w 2011 r. ponad 26% sprzedanych kolektorów słonecznych (dane ESTIF). Pod względem popularności tego typu kolektorów Polska zajmuje czołową pozycję w Europie (2011: 66 500 m²), ustępując ilościowo jedynie rynkowi niemieckiemu (2011: 118 000 m²). Jednak pod względem udziałów rynkowych kolektory próżniowe w Niemczech zajmują znacznie mniej miejsca na rynku niż w Polsce, bo jedynie 9,3%. Średni udział kolektorów próżniowych dla rynków w krajach europejskich EU27 i Szwajcarii wynosił 9,9% (2011, wg ESTIF [1]). W wielu krajach sprzedaż kolektorów próżniowych obniżyła się znacznie, np. w porównaniu lat 2011/2010: w Finlandii -50%, Wielkiej Brytanii -36%, Włoszech -34%, Szwecji -28%, a w Austrii -26%. Jedynie w Polsce nastąpił wyjątkowo znaczny przyrost sprzedaży tej grupy urządzeń w roku 2011, bo aż o + 87,7% w odniesieniu do roku 2010.

Dwa rodzaje

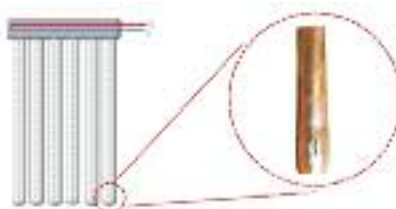
Kolektory próżniowe występują w dwóch zasadniczych rodzajach konstrukcji (pod względem sposobu odbioru ciepła). Rozwiązaniem znanym najwcześniej był bezpośredni przepływ glikolu przez absorbery, przyjmujący ciepło wprost z absorberów - tak samo jak w przypadku kolektorów płaskich. Drugie rozwiązanie, jakie zyskało na popularności w ostatnich latach, to zastosowanie rurek cieplnych (heat pipe). W ich przypadku

glikol nie kontaktuje się bezpośrednio z absorberem, a odbiera jedynie ciepło z kondensatorów poszczególnych rurek, gdzie nośnik ciepła, oddając ciepło, skrapla się.

Kolektory typu heat pipe stanowią obecnie znaczącą część rynku, gdyż w grupie kolektorów próżniowych można szacować ich udział na około 70%. Na największym europejskim rynku



kolektorów próżniowych - w Niemczech - popularność kolektorów typu heat pipe także jest wysoka. Część producentów zmieniła konstrukcję kolektorów, przechodząc z przepływu bezpośredniego na pośredni typu heat pipe. Powodem tego była często zmiana dostawcy rur próżniowych, a także względy techniczne. Niektóre rodzaje kolektorów próżniowych z bezpośrednim przepływem wykazywały problemy w przypadku występowania braków odbioru ciepła (stagna-



cja). Zasyfonowanie glikolu w U-rurce lub rurce koncentrycznej powodowało jego długotrwałe gotowanie, prowadzące do utraty własności [2]. Kolektory typu heat pipe postrzegane były jako stosunkowo bezpieczne pod względem bezpieczeństwa pracy w trybach stagnacji z racji oddzielenia obiegu glikolu od absorberów.

Uszkodzenia rurek cieplnych

W ostatnim czasie zaczęły pojawiać się coraz częstsze zgłoszenia użytkowników uszkodzeń kolektorów próżniowych heat pipe. Uszkodzenia dotyczą pęknięć rurek cieplnych powodujących wyciek nośnika ciepła. W wyniku uszkodzenia „sucha” rurka cieplna staje się niezdadna do pracy, a jedynym zauważalnym skutkiem jest obniżenie uzysków ciepła z instalacji solarnej. Uszkodzenia tego typu mogą być przez długi czas niezauważone przez użytkownika, gdyż nie są widoczne „gołym okiem”.

Obieg glikolowy pozostaje szczelny, instalacja solarna pracuje i dopiero uszkodzenie większej ilości rurek cieplnych po kilkuletniej eksploatacji może być zauważone w postaci obniżenia efektów pracy. Standardowe przeglądy instalacji solarnej nie są praktycznie w stanie wykryć problemu wcześniej, gdyż należałoby każdą rurę próżniową demontować i wyjmować z niej rurkę cieplną.

Przykłady uszkodzeń rurek cieplnych

Z opisami uszkodzeń rurek cieplnych można zetknąć się także w literaturze, np. w opracowaniu krajowym [3], a także bezpośrednio na forach internetowych krajowych i zagranicznych. Problem ten został nagłośniony po „ostrej” zimie 2009/2010 r. w Niemczech, gdzie zanotowano znacz-



nią ilość uszkodzeń kolektorów typu heat pipe [4]. Podobne sytuacje opisywano w Szwecji, USA, Kanadzie, Belgii, a także w Polsce. Na przykład w stanie Wisconsin użytkownik stwierdził zimą 2010/2011 (po tygodniu z niskimi temperaturami na poziomie -20°C) pęknięcie 23 z 60 rurek cieplnych w kolektorach zainstalowanych w 2006 roku [5]. W stanie Missouri spośród 80 rurek cieplnych w kolektorze próżniowym użytkownik stwierdził uszkodzenie 40% spośród nich [5]. W Szwecji po 7 latach eksploatacji użytkownik stwierdził z

gdy „zimne” okresy mogły wystąpić już kilkakrotnie. Zatem wobec wspomnianego dynamicznego rozwoju polskiego rynku kolektorów próżniowych w ostatnim czasie można przypuszczać, że skala występowania problemu będzie coraz większa.

Mechanizm powstawania uszkodzeń

Do uszkodzeń rurek cieplnych dochodzi przy długotrwałym spadku temperatury zewnętrznej poniżej $-10 \div -15^{\circ}\text{C}$. Zamarzanie nośnika ciepła wewnątrz rurki zaczyna się od jego lustra, po czym utworzony „korek lodowy” nie jest w stanie rozszerzać się w górę rurki, wskutek sił tarcia przy ściankach rurki. Dochodzi wówczas do deformacji dolnego fragmentu rurki. Kilkakrotne zamarznięcie nośnika



kolei uszkodzenie 3 rurek cieplnych [6], a w Belgii - połowy z posiadanych rur [7]. Z kolei w Polsce użytkownik stwierdził zerwanie 7 rurek heat pipe spośród 44 łącznie zainstalowanych [8].

Problem uszkodzeń dotyczy szczególnie regionów, gdzie temperatury w sezonie zimowym mogą się długotrwale utrzymywać na poziomie niższym niż $-10 \div -15^{\circ}\text{C}$. W Polsce skala występowania uszkodzeń rurek cieplnych jest coraz większa, o czym świadczą także informacje przekazywane przez instalatorów i serwisantów. Pojawiają się także oferty firm typu „regeneracja i rekonstrukcja kolektorów typu heat pipe”. Co istotne do uszkodzeń rurek cieplnych dochodzi przeważnie po kilku latach eksploatacji kolektora,

ciepła i coraz większa deformacja rurki może nastąpić na przestrzeni kilku lat, stąd do uszkodzeń rurek dochodziło według zgłoszeń użytkowników zazwyczaj po okresie 4-8 lat.

W większości rurek cieplnych heat pipe zastosowanie znajduje czysta woda. Wodę zaczęto stosować powszechnie z końcem lat 90., ponieważ eliminowała ona problemy występujące z innego typu nośnikami ciepła [9]. Obecnie zastosowanie znajdują także takie ciecze jak: amoniak, aceton, metanol czy też etanol, jednak pod względem wielu cech fizyko-chemicznych stanowią one znacznie mniej korzystne rozwiązanie niż woda.

Woda posiada takie pożądane cechy jak: znacznie wyższe napięcie powierzchniowe, wyższe ciepło parowa-



nia (zdolność przenoszenia ciepła), wyższa przewodność cieplna i jednocześnie niższa lepkość par i cieczy od większości wymienionych nośników. Woda, jako jednorodny nośnik ciepła, zachowuje stabilność i niezmienną właściwość w całym okresie eksploatacji. Tak więc wobec powszechności zastosowania wody jako nośnika ciepła w rurkach heat pipe problem ich uszkodzeń w niskich temperaturach może dotyczyć wielu rodzajów kolektorów próżniowych. Z drugiej zaś strony poszukiwanie innych rozwiązań w zakresie nośników ciepła nie jest z wielu względów (technicznych i ekonomicznych) kwestią łatwą.

Badania

Problemem uszkodzeń rurek cieplnych zainteresowała się w 2010 roku jednostka TÜV Rheinland. Stało się to po wspomnianej ostrej zimie, kiedy szczególnie w Bawarii odnotowano wiele przypadków pęknięć rurek cieplnych. TÜV Rheinland postanowił sprawdzić na ile dotychczasowe standardy badania wytrzymałości kolektora słonecznego wg normy EN 12975-2 są dostosowane do kolektorów typu heat pipe.

W pierwszej kolejności przeprowadzono badania odporności na niskie temperatury dla trzydziestu rurek cieplnych (wyjętych z rur próżniowych), dostarczonych przez 6 różnych producentów. Rurki pięciu producentów już po trzech cyklach badania w komorze chłodniczej wykazały deformacje powstałe wskutek zamarznięcia nośnika ciepła. Wszystkie z tych rurek uległy później pęknięciu po przeprowadzeniu 50 cykli zamrożenia do -10°C i rozmrożenia do $+10^{\circ}\text{C}$ (czas trwania jednego cyklu = 10 godzin).

W drugiej kolejności badaniom poddano całe rury próżniowe typu heat pipe tych samych sześciu producentów. W 21 cyklach testu 50% rurek cieplnych zostało uszkodzonych. W ten sposób wykazano, że standardowa procedura badań wytrzymałości kolektora na niskie temperatury zewnętrzne, zgodna z normą EN 12975-2, jest niewystarczająca w przypadku kolektorów próżniowych typu heat pipe. Krótkotrwałe, godzinne zamrożenie rurki cieplnej jest niewystarczające i nie odpowiada realnym warunkom eksploatacji. Badania prowadzo-

| | Badania według standardowych wymagań normy EN 12975-2 | Propozycja nowych badań według TÜV Rheinland dostosowanych do kolektorów typu heat pipe |
|------------------------------|---|---|
| Kąt nachylenia | bardziej płaski niż określony przez producenta lub 30° | bardziej stromy niż określony przez producenta lub 90° |
| Kontrola temperatury | woda w obiegu kolektora | nośnik ciepła w rurce heat pipe |
| Warunki testu: zamarzanie | > 30 min zawartość absorbera $(-20 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ | > 30 min zawartość rurki heat pipe $< -20^{\circ}\text{C}$ |
| Warunki testu: rozmrażanie | > 30 min zawartość absorbera $> 10^{\circ}\text{C}$ | > 30 min zawartość rurki heat pipe $> -10^{\circ}\text{C}$ |
| Liczba cykli w teście | 3 | 20 (z kontrolą stanu po 3 cyklach) |
| Czas trwania cyklu | < 5 h | około 12 h |
| Łączny czas testów | < 24 h | 10 dni |
| Egzemplarz do testów | kompletny kolektor | również pojedyncze rury heat pipe |
| Liczba egzemplarzy do testów | 1 | przynajmniej 9 rurek heat pipe (w tym przynajmniej 4 nietestowane wcześniej cieplnie) |

ne przez TÜV Rheinland wskazały możliwość badania pojedynczych rur próżniowych, a nie całego kolektora, co stanowi kompromisowe pod względem kosztów rozwiązanie.

Propozycja modyfikacji normy

TÜV Rheinland opracował w efekcie własnych badań propozycję modyfikacji standardowych testów z normy EN 12975-2. Zmiana ma dotyczyć dostosowania badań odporności na niskie temperatury do specyfiki kolektorów typu heat pipe.

Należy się spodziewać, że norma będzie zmodyfikowana w przyszłości, a wymagania stawiane kolektorom typu heat pipe ulegną wówczas znacznemu podwyższeniu. Będzie to miało na celu wyeliminowanie uszkodzeń rurek cieplnych w wyniku występowania niskich temperatur.

 Ireneusz Jeleń

Literatura:

- [1] „Solar Thermal Markets in Europe. Trends and Market Statistics 2011”, ESTIF 06.2012 (estif.org).
- [2] „Budowa próżniowego kolektora słonecznego”, Solarblog.pl 06.2012.
- [3] „Wpływ zewnętrznych warunków klimatycznych na efektywność pracy próżniowego kolektora słonecznego”. Hubert Latała. Inżynieria Rolnicza nr 1(119)/2010.
- [4] „Quality Assurance in solar thermal

heating and cooling technology”, TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH 05.2012.

[5] Forum solarpaneltalk.com

[6] Forum navitron.org.uk

[7] Forum energieportal24.de

[8] Forum muratorodom.pl

[9] „Die Vakuumröhre wird attraktiver” Karl-Heinz Remmers, SBZ 13/2000.

Rys. 1. Kolektory słoneczne narażane są na długotrwałe oddziaływanie niskich temperatur zewnętrznych. Testy wytrzymałościowe, zgodne z normą PN-EN 12975-2, przewidują badanie trwałości obiegu glikolowego poprzez jego krótkotrwałe zamrażanie.

Rys. 2. Uszkodzenie rurki cieplnej wyłącza ją z pracy, niezależnie od obiegu glikolowego kolektora próżniowego typu heat pipe.

Rys. 3. Przykłady uszkodzeń rurek cieplnych [5], [4].

Rys. 4. Mechanizm powstawania uszkodzeń rurek cieplnych wskutek zamarzania nośnika ciepła i deformacji rurki.

Rys. 5. Deformacje rurek cieplnych heat pipe po 3 cyklach testu wg normy EN 12975-2 [4].

Tabela. Porównanie obecnych warunków prowadzenia testu odporności kolektora słonecznego na zamarzanie wg normy EN 12975-2, z warunkami proponowanymi dla kolektorów próżniowych typu heat pipe [4].