

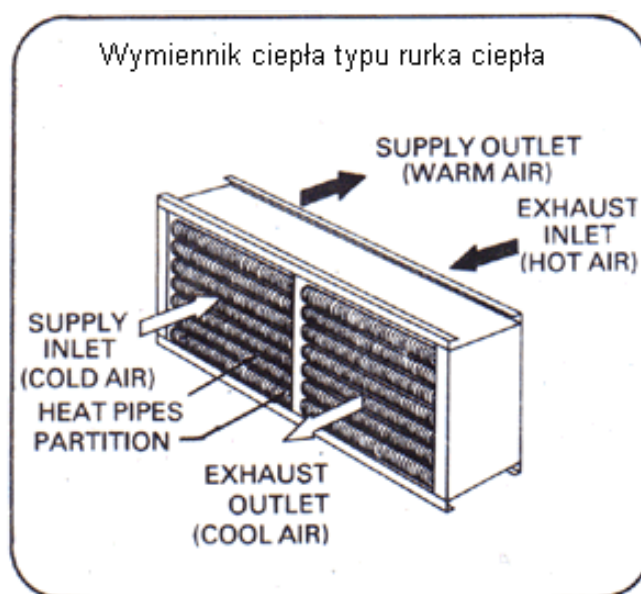
Budowa, działanie i zastosowanie rurki ciepła

Część 2

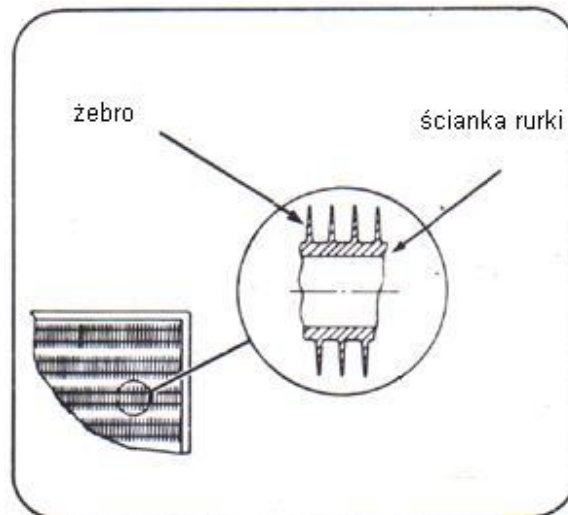
4. Wybrane zastosowania rurek ciepła

4.1 Wymienniki ciepła z rurką ciepła

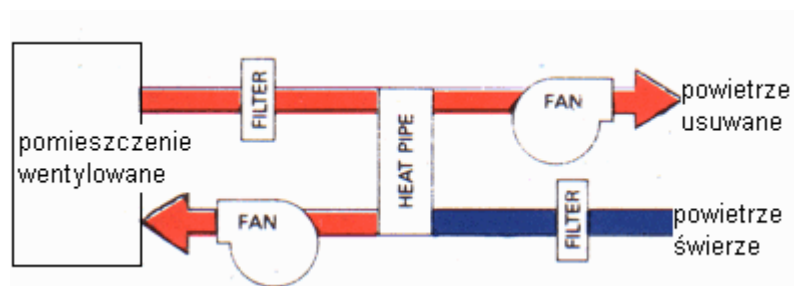
Rurki ciepła są powszechnie wykorzystywane w budowie wymienników przeznaczonych do odzysku ciepła. Jest to rozwiązanie bardzo popularne, stosowane przez producentów central wentylacyjnych i klimatyzacyjnych. Tego typu wymiennik składa się z kilkunastu rurek ciepła zabudowanych w np. prostokątnej ramie (rys. 1). Rurki ułożone są poziomo wzdłuż szerokości wymiennika. Zwykle w celu podwyższenia osiąganego współczynnika przejmowania ciepła, rurka ciepła zbudowana jest w sposób pokazany na rysunku 2. Jej zewnętrzna powierzchnia wymiany ciepła jest rozwinięta poprzez zastosowanie odpowiednio dobranych żeber. Wymiennik zainstalowany w centrali wentylacyjnej, jako element do odzysku ciepła działa w następujący sposób: sekcja parownikowa wymiennika jest omywana przez powietrze usuwane z pomieszczenia wentylowanego. Przekazywane ciepło jest odbierane i transportowane do sekcji skraplającej, która umieszczona jest w poprzek napływającego strumienia powietrza zewnętrznego (świeżego). Proces odzysku ciepła schematycznie pokazano na rysunku 3. Ciepło przenoszone jest z powietrza usuwanego (sekcja parownikowa wymiennika ciepła) do powietrza doprowadzanego z zewnątrz, nawiewanego (sekcja skraplająca wymiennika ciepła).



Rys. 1. Zasada działania wymiennika ciepła typu rurka ciepła [5]



Rys. 2. Budowa rurki ciepła zastosowanej w wymienniku ciepła [5]



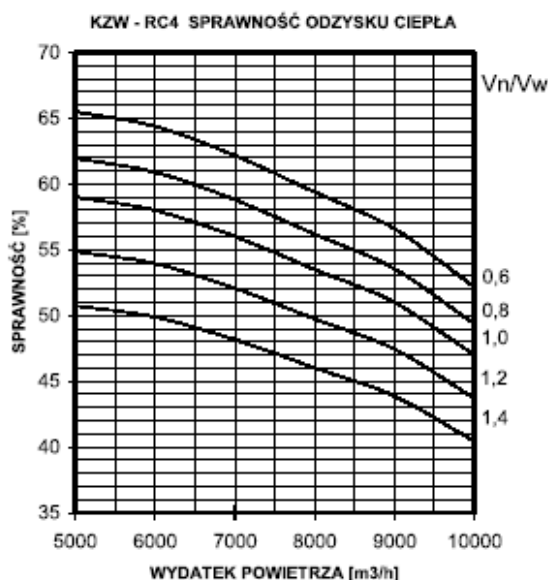
Rys. 3. Odzysk ciepła w centrali wentylacyjnej z zastosowaniem wymiennika ciepła typu „rurka ciepła”

Wymienniki ciepła, których budowa oparta jest na rurkach ciepła osiągają teoretyczną sprawność odzysku ciepła z powietrza wywiewanego do ok. 85%. W warunkach rzeczywistych sprawność ta kształtuje się między 55% a 70% [5]. Odzysk ciepła na tym poziomie pozwala zaoszczędzić energię, co przekłada się bezpośrednio na koszty użytkowania urządzenia. Przykładową charakterystykę centrali, której działanie oparte jest o wymiennik typu rurka ciepła, pokazującą jak zmienia się sprawność odzysku ciepła w funkcji wydatku powietrza, pokazano na rysunku 5.

W Polsce producentem wymienników ciepła opartych na rurce ciepła (termosyfonowe wymienniki ciepła) jest firma KLIMOR z Gdyni. Firma ta jest również producentem central klimatyzacyjnych i z powodzeniem stosuje tego typu wymienniki ciepła we własnych produktach (rys. 4). Producent ten podaje, że sprawność odzysku ciepła osiągnięta w jego centralach kształtuje się na poziomie od 50% do 65%.



Rys. 4. Centrala wentylacyjna produkcji firmy KLIMOR z wymiennikiem ciepła typu rurka ciepła [6]



Rys. 5. Sprawność odzysku ciepła centrali wentylacyjnej typ KZW – RC 4 firmy KLIMOR [3]

Wymiennik typu rurka ciepła ze wspomnianej firmowy, zbudowany jest z baterii miedzianych rur o Φ 16x0,8 mm oraz aluminiowych lamel o grubości 0,18 mm, zamkniętych w obudowie wykonanej z blachy ocynkowanej, malowanej dodatkowo farbą antykorozyjną. Sekcja chłodząca i grzewcza oddzielone są od siebie przy pomocy obudowy. Stosowany rozstaw lamel, to 1,6; 2,0 i 2,5 mm. Rurki miedziane stanowiące poszczególne rzędy wymiennika, połączone są w hermetycznie zamknięte węzownice. We wnętrzu każdej z nich znajduje się odpowiednia ilość syntetycznego czynnika chłodniczego, który podlega przemianom fazowym podczas pracy wymiennika. Ilość rzędów węzownic wynosi 4, 6, 8, 10 lub 12. Pod wymiennikiem znajduje się taca na skropliny wyposażona w króciec odpływowy.

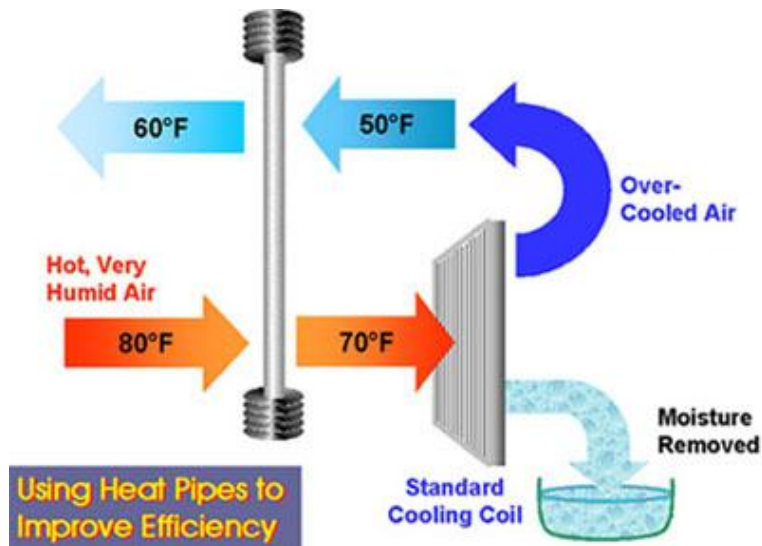
Jeżeli warunki środowiska są niekorzystne, wówczas wymiennik może być wykonany jako epoksydowany. Temperaturowy zakres pracy wymienników wynosi od -30 do $+60^{\circ}\text{C}$ [12]. Warto zauważyć, że prace badawcze nad wymiennikiem rurka ciepła produkcji firmy KLIMOR prowadzone były przy współpracy z Katedrą Techniki Ciepłej Politechniki Gdańskiej.

Zalety wymienników, których budowa oparta jest o rurkę ciepła to m. innymi fakt, iż urządzenie to charakteryzuje się niską temperaturą szronienia, co jest szczególnie istotne w przypadku odzyskiwania ciepła z powietrza o podwyższonej zawartości wilgoci. Układy odzyskiwania ciepła opierające się na rurce ciepła charakteryzują się także wysoką sprawnością. Wymiennik taki przez niemal cały rok pracuje w pobliżu punktu swojej maksymalnej sprawności. Nie są potrzebne w tym przypadku specjalne układy przeznaczone do jego odszraniania w niskiej temperaturze zewnętrznej, które powodują obniżenie średniego rocznego współczynnika sprawności. Jeżeli konieczna jest regulacja ilości odzyskiwanego ciepła, wówczas stosuje się przepustnice obejściowe wymiennika (tzw. bypassy). Z tego względu w momencie wystąpienia wysokich wewnętrznych zysków ciepła, powietrze wewnętrzne jest po prostu usuwane na zewnątrz. Kolejna zaleta, to możliwość całkowitego odseparowania strumieni powietrza przy wymianie ciepła. W centralach wentylacyjnych wymienniki do odzysku ciepła, których budowa oparta jest na rurce ciepła posiadają jednak jedną dość istotną wadę, a mianowicie konieczne jest zamontowanie zespołu wentylacyjnego powietrza usuwanego poniżej zespołu powietrza nawiewanego lub obu zespołów obok siebie (cecha ta wynika wprost z zasady działania konwencjonalnej rurki ciepła).

4.2 Osuszanie i chłodzenie powietrza

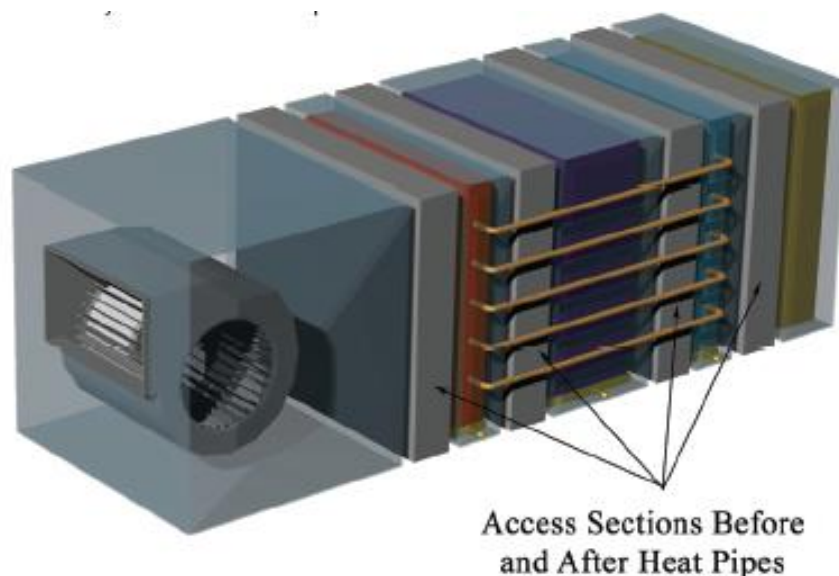
Rurki ciepła znajdują również zastosowanie podczas procesu osuszania powietrza. Wykorzystanie tych urządzeń poprawia efektywność energetyczną procesu. Aby osuszyć powietrze, należy je przepuścić przez chłodnicę o temperaturze powierzchni niższej od temperatury punktu rosy powietrza nawiewanego. Po wykropleniu się wilgoci, powietrze często jest za zimne aby nawiewać je do pomieszczenia, dlatego musi być podgrzane. W celu poprawy efektywności energetycznej przed chłodnicą montuje się sekcję parownikową rurki ciepła. Powietrze zostaje wstępnie schłodzone. Następnie po przejściu przez chłodnicę i osuszeniu (wilgoć zostaje wykroplona na powierzchni chłodnicy) jest ono nawiewane na sekcję skraplającą rurki ciepła. Pobrane wcześniej ciepło z powietrza przed chłodnicą zostaje

przetransportowane za pomocą rurki ciepła do powierza po osuszeniu, co powoduje jego ogrzanie. Schematycznie proces ten pokazany jest na rysunku 6. W dalszej obróbce, powietrze jest podgrzewane w niewielkim stopniu lub w bardzo sprzyjających warunkach nawet nie jest konieczne jego dodatkowe dogrzewanie.



Rys. 6. Wykorzystanie rurek ciepła w procesie osuszania powietrza [4]

Dzięki wykorzystaniu w opisanym procesie osuszania rurek ciepła, energia zostaje zaoszczędzona zarówno na wstępnym ochłodzeniu powietrza, jak również podczas ponownego jego ogrzania. Na rysunku 7 pokazany jest przykładowy sposób zabudowy wymiennika ciepła typu rurka ciepła w centrali wentylacyjnej. Dobrze widoczne są na nim poszczególne sekcje: skraplająca (kolor czerwony) i parownikowa (kolor niebieski), połączone kilkoma przewodami.



Rys. 7. Centrala wentylacyjna z wymiennikiem ciepła typu rurka ciepła [2]

4.3 Rurki ciepła zastosowane do regulacji temperatury gruntu

W 2001 roku rozpoczęto budowę linii kolejowej biegnącej z Chin do Tybetu (rys. 8). Cała linia kolejowa ma długość 1142 kilometrów i częściowo przebiega na wysokości ponad 4000 m n.p.m. Jest najwyższą linią kolejową na świecie. Około 632 kilometrowy odcinek drogi żelaznej położony jest na wiecznej zmarzlinie.



Rys. 8. Widok linii kolejowej Chin – Tybet [10]

Podczas odwilży grunt pod podkładami kolejowymi ulega rozmrożeniu, co jest powodem zapadania się konstrukcji torów, a nawet łamania szyn. Z tego względu inżynierowie zaprojektowali specjalne rurki ciepła, które mają za zadanie stabilizację temperatury wiecznej zmarzliny przez cały rok. Rurki te zostały tak skonstruowane, aby przenosić ciepło tylko w jednym kierunku, tzn. z gruntu do otoczenia (wewnątrz rurek nie ma knota). Sekcja skraplająca rurek jest ożebrowana (rys. 9) i wystaje ponad powierzchnię gruntu, gdzie oddaje pobrane z ziemi ciepło do powietrza. Powoduje to obniżanie temperatury gruntu, który nawet podczas odwilży ma ujemną temperaturę. Rurki mają 7 m długości, z czego ok. 5,5 m jest zakopane w ziemię [10]. Rysunek 10 pokazuje proces instalowania rurek ciepła we wcześniej przygotowanych odwiertach w gruncie. Podobne rozwiązanie zostało wykorzystane przy budowie rurociągu Trans – Alaska, którym transportowana jest ropa naftowa z północy na południe Alaski (rys. 11). Długość całego rurociągu, to 1300 km. Wydobywana tam ropa naftowa ma temperaturę ok. 80°C, a transportowana rurociągiem ok. 50°C. Prace przy budowie tej instalacji zostały zakończone w maju 1977 roku. Rurociąg został zaprojektowany na 25 lat eksploatacji, jednak cały czas jest poddawany modernizacji i pracuje do dnia dzisiejszego. Obecnie jest to najważniejszy sposób zaopatrywania konsumentów w ropę naftową wydobywaną na północy Alaski.

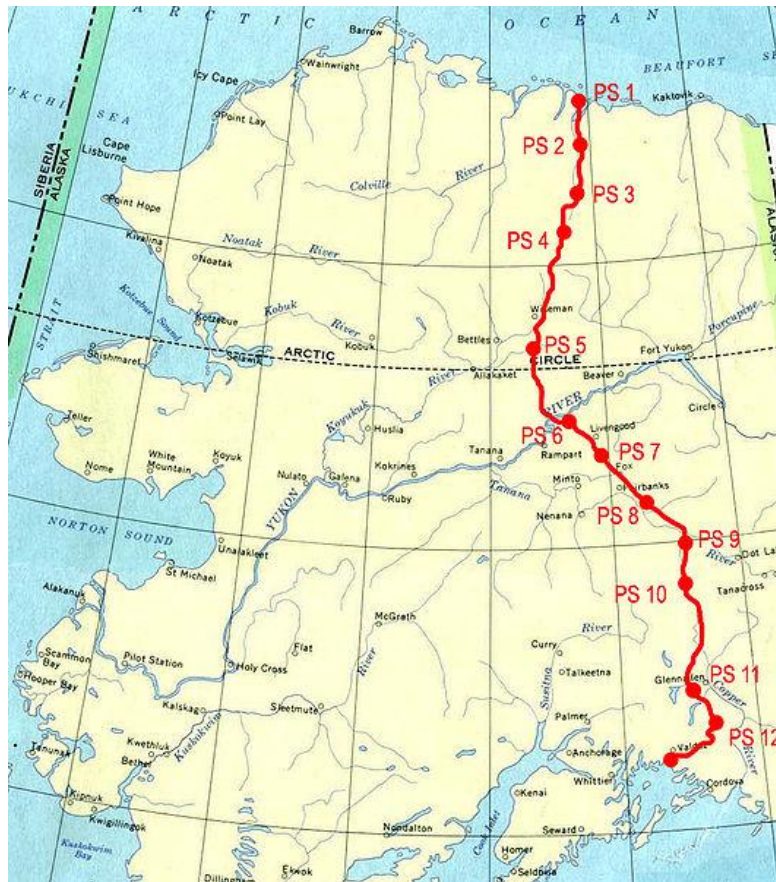


Rys. 9. Widok wystających ponad powierzchnię gruntu sekcji skraplających rurek ciepła w trakcie budowy linii kolejowej w Chinach [10]



Rys. 10. Instalowania rurek ciepła [10]

Wzdłuż trasy rurociągu zainstalowanych jest 100000 sztuk rurek ciepła, które zabezpieczają grunt przed rozmarzaniem. Efektem tego jest ochrona rurociągu przed uszkodzeniem, a tym samym ochrona środowiska przed katastrofą ekologiczną. Odprowadzenie ciepła z gruntu zabezpiecza metalową konstrukcją, na której wsparty jest rurociąg przed zapadaniem się w gruncie. Wymiary rurek, to: średnica 7,5 cm, natomiast ich długość zawiera się w przedziale od 8 do 18 m. Jako płyn roboczy zastosowano w tym przypadku amoniak. Na rysunku 12 widoczne są wyraźnie ożebrowane sekcje skraplające rurek ciepła.

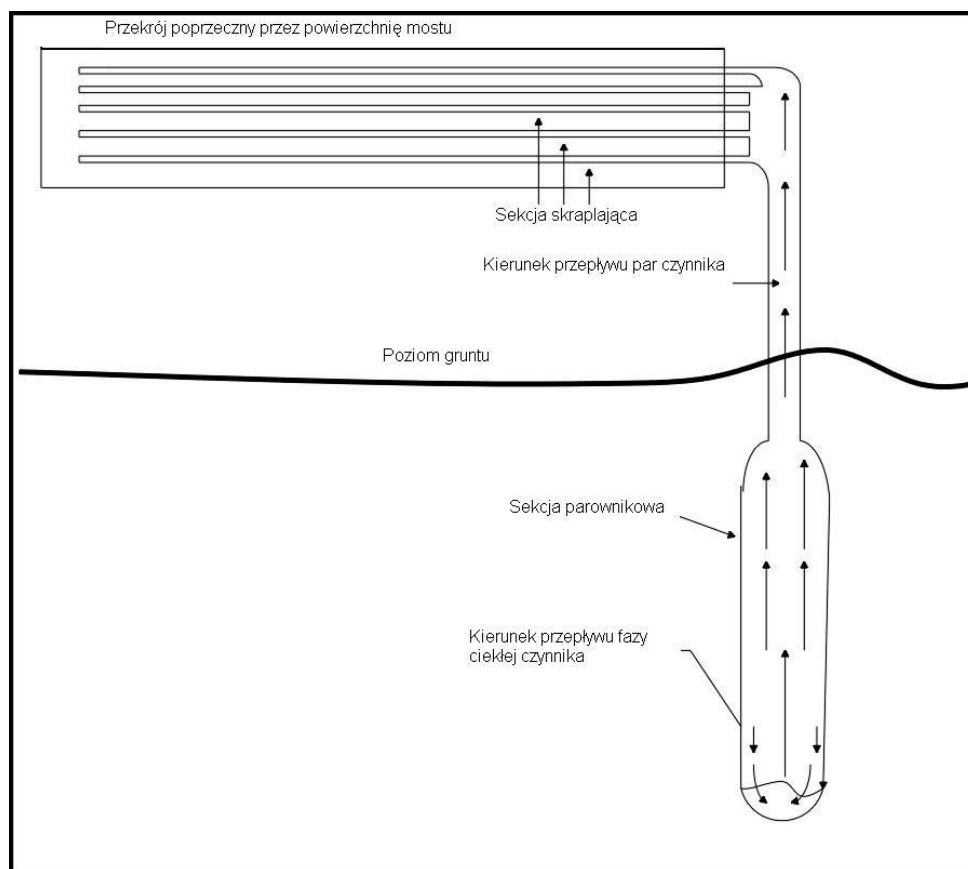


Rys. 11. Trasa rurociągu alaskańskiego [13]



Rys. 12. Widok rurociągu alaskańskiego z zainstalowanymi w gruncie rurkami ciepła [13]

4.3 Podgrzewanie powierzchni wiaduktów i mostów

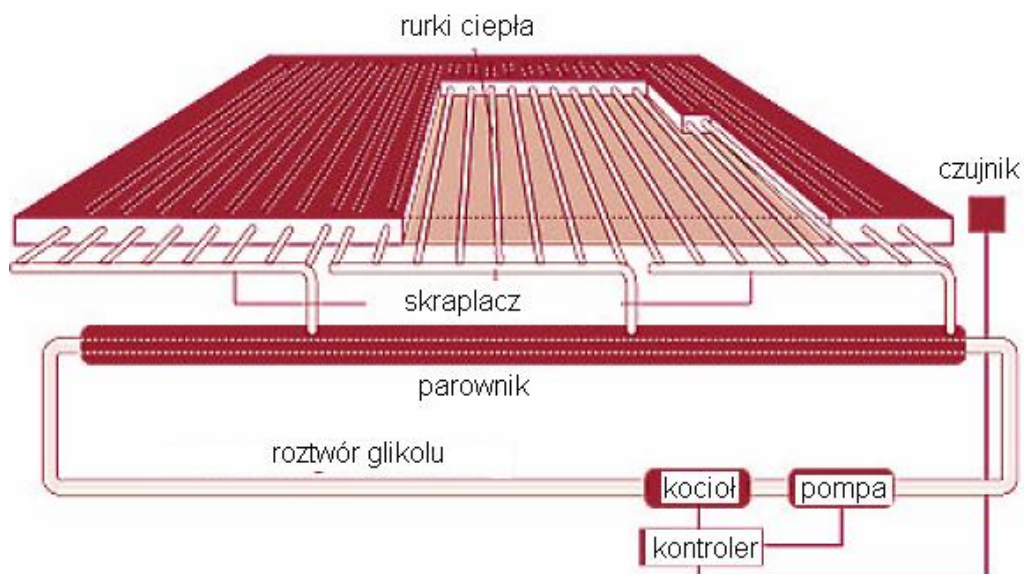


Rys. 13. Schemat pasywnego systemu podgrzewania powierzchni mostu [9]

Bardzo ciekawym zastosowaniem wielkogabarytowych rurek ciepła jest wykorzystanie ich do podgrzewania powierzchni mostów i wiaduktów. Na konstrukcjach budowlanych tego typu często mamy do czynienia z oblodzeniem się ich powierzchni na skutek niesprzyjających warunków klimatycznych. Może to być przyczyną bardzo niebezpiecznych sytuacji drogowych. Systemy wykorzystujące rurki ciepła do zabezpieczenia mostów przed zamarzaniem rozpowszechniły się najbardziej w Stanach Zjednoczonych. Najpopularniejsze są dwa rodzaje rozwiązań, a są to systemy pasywne oraz systemy aktywne [9].

System pasywny to system, w którym sekcja parownikowa rurki ciepła jest osadzona w gruncie jak najbliżej mostu, natomiast sekcja skraplająca umieszczona jest w niewielkiej odległości od powierzchni mostu. Na rysunku 13 widoczny jest schemat ideowy omawianego rozwiązania. Ciepło pobierane jest z gruntu i transferowane w górę rurki ciepła do sekcji skraplającej. Bardzo ważne jest, aby rurki sekcji skraplającej były zabudowane z niewielkim spadkiem w celu umożliwienia łatwego powrotu skroplonego czynnika do sekcji parownikowej. Proces parowania i skraplania ma miejsce wtedy kiedy temperatura

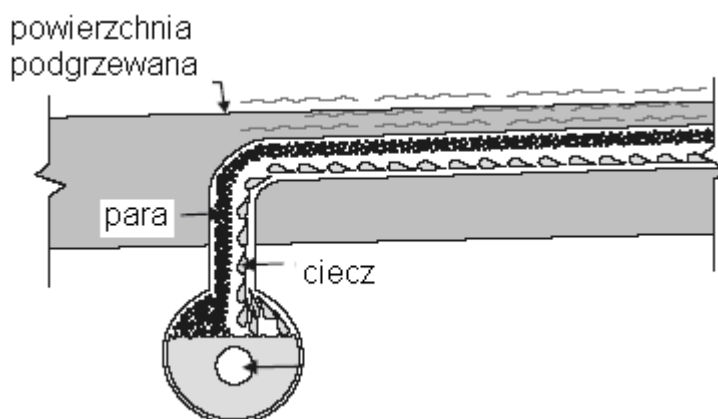
powierzchni mostu jest niższa niż temperatura wewnątrz gruntu. Ciepło z ziemi jest oddawane nawet po roztopieniu lodu lub śniegu z powierzchni jezdni. Z punktu widzenia ekonomicznego nie jest to żadnym problemem, ponieważ układ nie generuje żadnych kosztów eksploatacyjnych. Należy pamiętać, aby średnica rur, a także głębokość na jakiej zakopane są rurki ciepła (dokładniej - sekcja parownikowa) były odpowiednio dobrane, aby pokryć istniejące zapotrzebowanie na ciepło, a jednocześnie nie ponosić nadmiernych kosztów inwestycyjnych.



Rys. 14. System podgrzewania gruntu wykorzystujący rurki ciepła i glikolowy układ pośredni [1]

Systemy aktywne są to instalacje wykorzystujące rurki ciepła oraz pośredni układ glikolowy. System ten pierwszy raz został zastosowany w Stanach Zjednoczonych do podgrzewania mostu, który znajduje się nad rzeką Buffalo River. Budowa instalacji rozpoczęła się w 1995 roku i trwała niecały rok. Gabaryty mostu, to: szerokość 13,4 m i długość wynosząca 35,7 m. Moc grzewcza zainstalowanego systemu wynosi 630 W/m^2 i składa się na nią 241 rurek ciepła o średnicy $1\frac{1}{2}$ ". Rurki ułożone są w odległości około 20 cm jedna od drugiej. Rysunek 14 przedstawia schemat ideowy działania tego systemu. Pompa pompuje podgrzany wcześniej roztwór wodny glikolu rurami o średnicy 89 mm. Rurociąg ten przechodzi centralnie przez rurę o średnicy 152 mm, która służy jako zbiornik płynu roboczego oraz sekcję parownikową dla rurek ciepła. Podgrzewanie roztworu woda - glikol odbywa się za pomocą kotła gazowego o regulowanej mocy i sterowanego sygnałem z czujnika temperatury umieszczonego na podgrzewanej powierzchni. Jako płyn roboczy w rurkach ciepła zastosowano jest czynnik chłodniczy R 123. Ze względu na zbyt małą

wydajność cieplną rurek, w 1999 roku zdecydowano się na zmianę płynu roboczego na amoniak i w tej chwili układ sprawuje się bez zarzutu. Poszczególne rurki ciepła nie są bezpośrednio połączone z parownikiem, lecz sprzężone po 10 sztuk. Sekcje skraplające ułożone są ze spadkiem wynoszącym 0,065 m/mb, co zapewnia powrót skroplin czynnika do parownika. Rysunek 15 przedstawia przekrój poprzeczny przez element grzewczy.



Rys. 15. Przekrój poprzeczny przez element grzewczy systemu [1]

Nad pracą całego układu czuwa komputer, który odbiera sygnały z czujników i w zależności od warunków uruchamia lub wyłącza system. Sygnałami do włączenia mogą być:

- wykrycie przez czujnik śniegu lub lodu na powierzchni mostu,
- wykrycie przez czujnik opadów deszczu przy temperaturze poniżej 1,6°C,
- wykrycie wilgoci na powierzchni mostu przy temperaturze poniżej 1,6°C.

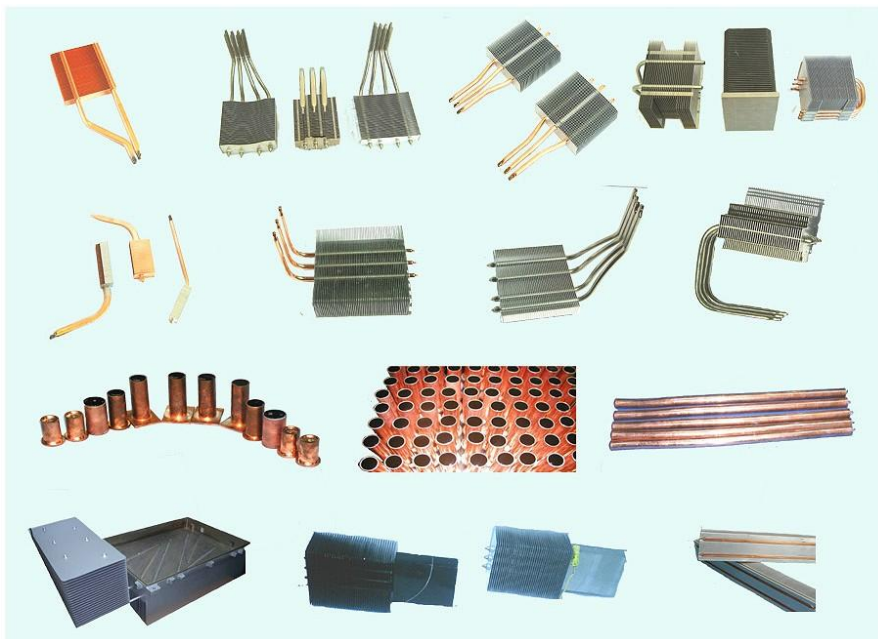
Natomiast sygnałami do wyłączenia systemu mogą być:

- czujnik powierzchni identyfikujący czystą powierzchnię (brak śniegu, lodu, wilgoci) przez okres 10 min,
- temperatura powierzchni wynosząca 4,5° C.

Zaletą tego systemu jest możliwość dokładanej regulacji temperatury podgrzewania płyty. Sekcje skraplające rurek ciepła ułożone są równoległe do podgrzewanej powierzchni, dzięki czemu uzyskuje się równomierny rozkład temperatury. Do wad tego rozwiązania należy duży koszt inwestycyjny. Występują w nim dodatkowe elementy instalacji, które mogą ulec awarii (pompa, kocioł grzewczy, system sterowania). Pojawiają się koszty eksploatacyjne związane z dostarczeniem energii elektrycznej do napędu pompy oraz koszty związane ze zużyciem paliwa do zasilania kotła gazowego.

4.4 Rurki ciepła w systemach chłodzenia podzespołów elektronicznych

Dla komputerów nowej generacji cały czas trwają poszukiwania coraz bardziej wydajnych sposobów odprowadzania ciepła z ich podzespołów elektronicznych. Dotychczasowe metody opierały się głównie na zjawisku konwekcji wymuszonej (wymuszony ruch powietrza za pomocą wentylatorów) i ze względu na coraz większe moce obliczeniowe urządzeń już nie wystarczają. Aby rozwiązać ten problem, do chłodzenia płyt głównych jak również innych elementów elektronicznych komputera zaczęto używać, specjalnie do tego celu zaprojektowanych rurek ciepła. Przykładowe kształty rurek ciepła używanych do odprowadzania ciepła w komputerach zostały pokazane na rysunku 16, natomiast rysunek 17 ilustruje sposób montażu rurki ciepła na płycie elektronicznej. Z kolei rysunek 18 obrazuje, w jaki sposób powietrze porusza się w obszarze sekcji skraplającej rurki ciepła nad chłodzonym elementem (ruch powietrza jest wymuszony przez mały wentylator zainstalowany przed sekcją skraplającą rurki ciepła).

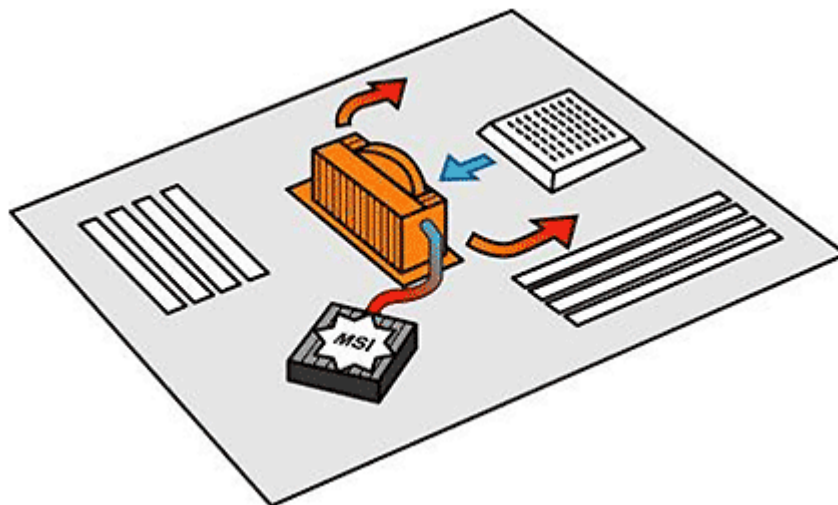


Rys. 16. Przykładowe kształty rurek ciepła stosowanych w elektronice [7]

W ostatnim czasie tego typu rurki ciepła coraz częściej trafiają do sprzętu wykorzystywanego przez zwykłych użytkowników. Jest to dowodem, że urządzenia te stają się coraz bardziej popularne i należy się spodziewać ich dalszej ekspansji, szczególnie w dziedzinę elektroniki, która rozwija się w niezwykłym tempie.



Rys. 17. Montaż rurki ciepła na komputerowej płycie głównej [11]



Rys. 18. Wizualizacja przepływu powietrza nad chłodzonym elementem komputera [11]

5. Podsumowanie

Rurki ciepła ze względu na swoje interesujące właściwości oraz mnogość rozwiązań gabarytowych znalazły wiele różnego rodzaju zastosowań w wielu dziedzinach techniki cieplnej, które nie zostały wskazane w niniejszym artykule. Duży zakres wydajności oraz elastyczność w projektowanym kształcie powodują, że są one wykorzystywane zarówno jako systemy chłodnicze, jak i grzewcze na całym świecie. Przykładowe zastosowania rurek ciepła w różnych regionach naszego globu:

1. chłodzenie łopatek turbin gazowych (Czechy),
2. chłodzenie w procesach półautomatycznego spawania (Rosja),
3. chłodzenie oleju w silnikach motocyklowych (Japonia),
4. podgrzewanie podłóg w łazienkach (Japonia),
5. podgrzewanie dużych przemysłowych zbiorników oleju (Rumunia),
6. usuwanie oblodzenia na powierzchni stawów rybnych i ozdobnych zbiorników wodnych w ogrodach itp. (Rumunia),
7. chłodzenie łożysk w pompach wody (Wielka Brytania),
8. chłodzenie elektrod w akceleratorach cząsteczek (Wielka Brytania).

Rurki ciepła można znaleźć nawet w przestrzeni kosmicznej, gdzie pełnią istotną funkcję przy chłodzeniu elementów pojazdów kosmicznych i ich podzespołów. Kriotechnika, to kolejna dziedzina techniki, w której rurki ciepła (wypełnione czynnikiem kriogenicznym) służą jej rozwojowi.

Należy jednak pamiętać, że rurki ciepła posiadają również pewne wady w porównaniu do tradycyjnych układów chłodniczych (np. pompa ciepła) – mogą transportować ciepło tylko z ośrodka o wyższej temperaturze do ośrodka o temperaturze niższej. Do ich głównych zalet niewątpliwie należy zaliczyć to, że ich praca jest ekologiczna (w klasycznym układzie – bez elementów pośredniczących), tzn. nie wymagają dostarczenia energii elektrycznej. Z tego względu należy się spodziewać dalszej ekspansji tych urządzeń w wielu dziedzinach techniki i naszego życia.

Bibliografia do części 2 artykułu:

-
- [1] Jakóbowski P.: *Studium projektowe wraz z oceną techniczną wykorzystania rurki ciepła do podgrzewania gruntu w niskotemperaturowych komorach chłodniczych*. Praca Dyplomowa Magisterska, Politechnika Gdańska, Wydz. Mechaniczny, 2007
 - [2] Materiały informacyjne firmy *Heat Pipe Technology Inc.*
 - [3] Materiały informacyjne firmy *Klimor*
 - [4] www.architecture.mit.edu
 - [5] www.bryair.com
 - [6] www.klimor.pl
 - [7] www.npowertek.com
 - [8] www.ogrzewnictwo.pl
 - [9] www.smartbridge.okstate.edu
 - [10] www.sunpower.listedcompany.com

[11] www.tomshardware.com

[12] www.wentylacja.com.pl/technologie

[13] www.wikipedia.org