ODSZRANIANIE GORĄCYMI PARAMI CHŁODNIC POWIETRZA W PRZEMYSŁOWYCH INSTALACJACH CHŁODNICZYCH

Wstęp

Przepływowe chłodzenie powietrza powoduje wykraplanie lub wymrażanie pary wodnej zawartej w powietrzu na zimnej powierzchni. W przypadku przemysłowych chłodnic powietrza osadzanie się wody lub szronu następuje na całej powierzchni rur wraz z ożebrowaniem. Narastanie szronu znacząco pogarsza wymianę ciepła między powierzchnią wymiennika a medium ochładzanym. W chłodnicach o temperaturze powierzchni wymiennika powyżej temperatury zamarzania wody, wykroplona para wodna spływa, przez tacę ociekową do instalacji odprowadzania skroplin. W przypadku wymienników ciepła o temperaturze powierzchni poniżej temperatury zamarzania wody następuje ciągle nawarstwianie się szronu. Po pewnym czasie – zależnie od ilości wilgoci w powietrzu – następuje istotne pogorszenie się wymiany ciepła aż do całkowitego zablokowania przepływu powietrza. Skutkiem odkładania się szronu jest dłuższa praca urządzeń chłodniczych w celu uzyskania takiego samego (jak dla czystej chłodnicy) efektu cieplnego. Inaczej mówiąc, aby odebrać taką samą ilość ciepła z komory chłodniczej, chłodnice i sprężarki muszą dłużej pracować, co powoduje zwiększenie zużycia energii elektrycznej, a w konsekwencji zwiększenie kosztów eksploatacyjnych.

Cel odszraniania

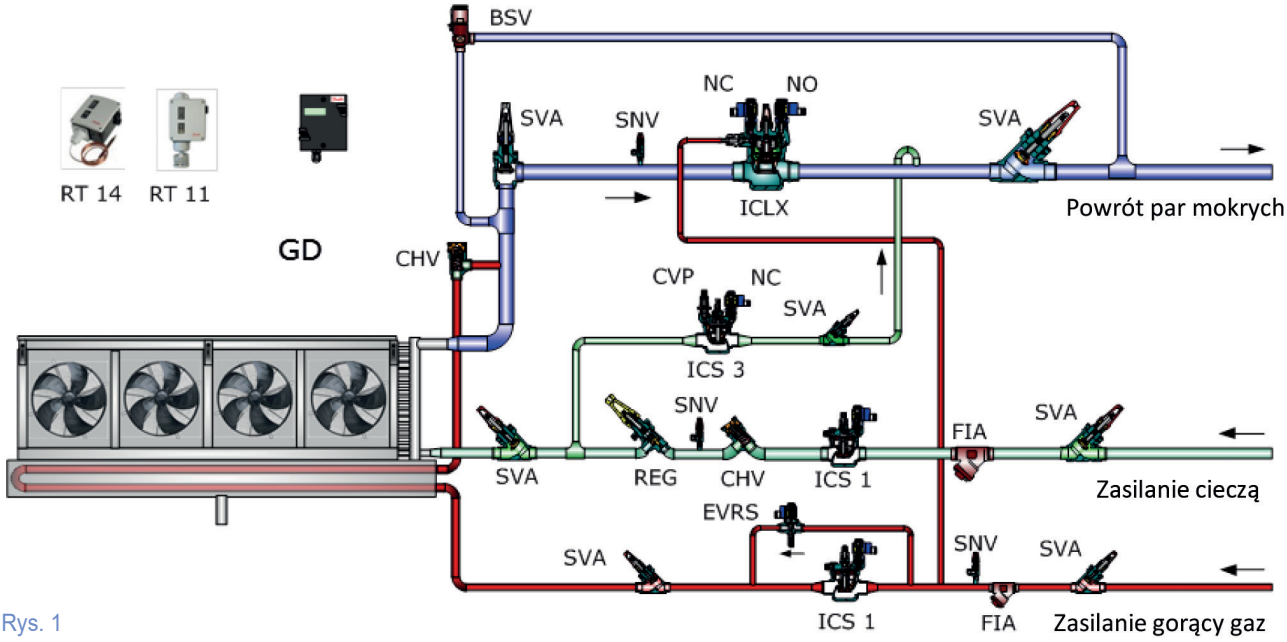
Celem odszraniania jest usunięcie szronu i wody z powierzchni chłodnicy powietrza w krótkim czasie, przy jednocześnie minimalnym dostarczeniu ciepła do komory chłodniczej. Należy zwrócić uwagę na fakt, że szron jest izolatorem w procesie wymiany ciepła między żebrami i rurami chłodnicy a powietrzem. W komorowych chłodnicach powietrza szron powinien być usunięty w miarę szybko a szczególnie z minimalizacją przekazywania ciepłą do otoczenia – podgrzewania atmosfery komory. Inne wymagania stosuje się do tuneli chłodniczych, w których szron powinien być usuwany jak najszybciej (aby skrócić wymuszone odszranianiem postoje), co powinno mieć odzwierciedlenie w doborze automatyki – większe przepływy masowe gorących par w porównaniu do zwykłych chłodnic powietrza. W tunelach zamrażalniczych ogrzanie powietrza nie jest tak istotne jak przy chłodnicach komorowych. W niektórych branżach wymagane jest wręcz ogrzanie pomieszczenia tunelu chłodniczego w celach wykonania czynności związanych z myciem (produkcja lodów). (Rys. 1)

Sekwencja odtajania

Poniżej zostanie omówiona sekwencja – kolejność procesów chłodniczych, jakie powinny zostać wykonane w celu optymalnego usunięcia szronu w sposób automatyczny. Proces odtajania zostanie opisany na podstawie załączonych rysunków. Każde z urządzeń elektrycznych, takich jak różne zawory elektromagnetyczne oraz wentylatory są zasilane osobnym przekaźnikiem, który pozwala je wyłączać niezależnie.

Normalna praca chłodnicy

Podczas normalnej pracy chłodnicy, zawór zasilający ją ciekłym czynnikiem jest otwarty, zawór elektromagnetyczny w rurociągu ssawnym jest otwarty a wentylatory pracują,



Rys. 1

przetłaczając ochładzane powietrze przez chłodnicę. Pozostałe zawory elektromagnetyczne są zamknięte.

ODSZRANIANIE

Usunięcie ciekłego czynnika chłodniczego:

Proces usunięcia ciekłego czynnika z wężownicy ma na celu zmniejszenie sumarycznej masy ogrzewanej podczas procesu odtajania. Innym aspektem braku cieczy jest szybsze wygrzanie chłodnic, gdyż skraplanie następuje w całej przestrzeni, gdzie znajduje się czynnik w stanie parowym. Odsysanie czynnika chłodniczego z chłodnicy realizowane jest po zamknięciu zaworu elektromagnetycznego w rurociągu zasilania cieczą, podczas gdy zawór elektromagnetyczny w rurociągu ssawnym jest otwarty i wentylatory chłodnicy są włączone. Długość czasu odsysania jest zależna od objętości wewnętrznej chłodnicy oraz intensywności wymiany ciepła między pozostałym czynnikiem i powietrzem. Czas trwania tego procesu, to około 5 do 10 minut. W niektórych rozwiązaniach stosuje się wypchnięcie ciekłego czynnika chłodniczego przez gorące pary, podane nad lustro cieczy. Ciekły czynnik jest wytłaczany do rurociągu powrotnego par mokrych przez zawór główny lub przez odpowiedni bypass. Takie rozwiązanie skraca proces odtajania lecz jest ryzykowne pod względem niebezpieczeństwa powstania przedmuchu gorących par na stronę ssawną. Innym niebezpieczeństwem jest możliwość powstawania korków cieczowych i uderzeń hydraulicznych w przewodach ssawnych. Ten sposób usunięcia ciekłego czynnika jest stosowany często w zamrażarkach płytowych.

Czas zamknięcia zaworu w rurociągu powrotnym:

Zawory w rurociągu ssawnym sterowane są ciśnieniem tłoczenia (ICLX), energią elektryczną (ICM) lub sprężonym powietrzem. W większości typów zaworów producenci określają czas zamknięcia zaworu, który zależnie od wytwórcy i średnicy wynosi od 15 do 150 sekund. Powinno to być uwzględnione w sekwencji odszraniania, aby uniknąć przedmuchu gorących par na stronę ssawną.

Podanie gorących par o ciśnieniu skraplania:

Kolejnym krokiem jest odszranianie „właściwe" – napełnienie chłodnicy powietrza gorącym czynnikiem parowym o ciśnieniu skraplania. Zazwyczaj jest to realizowane przez otwarcie zaworu elektromagnetycznego w rurociągu gorących par zasilających parownik do odszraniania (typu EVRA lub ICS+EVM). Ponieważ różnica ciśnienia skraplania i parowania jest duża, a zatem gwałtowne otwarcie zaworu o dużej przepustowości (która jest wymagana) może wywoływać niepożądane zjawiska. W celu „łagodnego" napełnienia czynnikiem parowym chłodnicy powietrza stosuje się często zamiast jednego – dwa zawory elektromagnetyczne o różnej przepustowości. Rozwiązanie to pozwala na powolny wzrost ciśnienia w parowniku do wartości zbliżonej do ciśnienia odszraniania (mały zawór EVRA), a następnie włączenie zaworu o dużej przepustowości pozwalającego na duży przepływ czynnika chłodniczego, który jest wymagany do stopienia szronu i lodu w chłodnicy (duży zawór ICS). Stosunek wielkości zaworów pod względem przepustowości (k_v) zazwyczaj jest określany w proporcji jak jeden do sześciu lub jeden do pięciu, to znaczy że przepustowość małego zaworu powinna stanowić około 15 do 20% sumarycznej przepustowości obydwu zaworów. Różnica czasowa pomiędzy włączeniem zaworu małego i zaworu dużego powinna być dobrana zależnie od zastosowania, ale zazwyczaj jest to od 30 do 150 sekund. Innym możliwym rozwiązaniem jest zastosowanie zaworu z silnikiem krokowym (typu ICM), co pozwala na łagodne napełnienie wężownicy do ciśnienia odszraniania pojedynczym zaworem. W tym przypadku silnik krokowy może mieć stałą prędkość otwierania lub też może być sterowany ze zmienną szybkością otwierania (na początku wolno, w dalszej części napełniania szybciej).

Wielkość zaworów elektromagnetycznych w rurociągu gorącej pary

Bardzo istotnym zagadnieniem jest dobór wielkości zaworów na zasilaniu gorącą parą. Dobór ten musi być dokonany na podstawie wydajności chłodniczej wymiennika ciepła a dokładnie przepływu masowego czynnika chłodniczego. Według różnych źródeł sugerowane jest, aby przepływ masowy gorących par w czasie odtajania właściwego był około 2 do 3 krotonie większy niż jednokrotny (n=1) przepływ masowy w procesie chłodzenia.

Przykładowe obliczenia:

przez chłodnicę o mocy chłodniczej 100 kW, przy temperaturze parowania -35°C i krotności cyrkulacji równej 3, przepływa 786 kg/h czynnika chłodniczego (amoniaku), a więc przy krotności cyrkulacji n=1 ta ilość masowa wyniesie 262 kg/h. W konsekwencji powyższego wymagany przepływ masowy gorących par podczas odtajania, który powinien być 2-3 razy większy wyniesie od 524 kg/h do 786 kg/h. Ilość ta powinna być dostarczona przy uwzględnieniu oporów przepływu wynikających z długości rurociągów i spadków ciśnień w armaturze i automatyce. Zazwyczaj przyjmuje się do 2 bar spadku ciśnienia w zaworach zasilających przy chłodnicy.

Sposób usuwania skroplonego czynnika chłodniczego z chłodnicy

Podczas procesu odszraniania, następuje wymiana ciepła, której konsekwencją jest skraplanie czynnika chłodniczego wewnątrz chłodnicy. Po skropleniu czynnik powinien być usuwany z chłodnicy, aby zapewnić ciągłość procesu odszraniania. Istnieje wiele rozwiązań dotyczących „stacji" zaworowych przeznaczonych do usuwania skroplonego czynnika z chłodnicy po odszranianiu. Ten element instalacji powinien zapewnić możliwość dławienia ciekłego czynnika z poziomu ciśnienia skraplania i utrzymania założonego ciśnienia skraplania/odszraniania oraz ewentualnie powinien pozwolić na dekompresję czynnika chłodniczego po procesie odtajania (obniżenie ciśnienia odszraniania do ciśnienia procesowego czyli chłodzenia). Najprostszym rozwiązaniem w tym miejscu jest zawór utrzymujący stałe ciśnienie odszraniania (CVMD) lub stałą różnicą ciśnień (OFV). W przypadku jeżeli chcemy połączyć regulację ciśnienia odszraniania i możliwość dokonania dekompresji po procesie odtajania, wówczas należy zastosować zawór spełniający obydwie te funkcje. W tym przypadku firma Danfoss proponuje zawór główny ICS z zaworami pilotowymi: CVP – służącym do utrzymania ciśnienia odszraniania i zaworem EVM, jako zawór elektromagnetyczny otwierający zawór główny do wykonania dekompresji.

Odszraniania na podstawie czasu lub temperatury

Odszranianie na podstawie czasu trwania wygrzewania bloku lamelowego jest znacznie prostsze i nie wymaga stosowania czujek temperatury bloku chłodnicy. Ma też swoje wady, gdyż każda chłodnica (mimo identycznej wielkości i budowy) może „zarastać" szronem w różnym stopniu, zależnie od umiejscowienia w komorze chłodniczej i rotacji towaru zamrażanego lub przechowywanego, odległości od drzwi wejściowych do komory i innych czynników. Ilość szronu osadzającego się zależy też od pory roku, czy powietrze „świeże" napływające do komory chłodniczej jest mniej lub bardziej wilgotne. Te zmienne powodują, że stała nastawa czasowa wygrzewania chłodnicy jest przeważnie zbyt długa, gdyż najczęściej jest nastawiona na najbardziej niekorzystny (wilgotny) okres. W przypadku komór chłodniczych – dłuższy czas wygrzewania niż optymalny (stopienie lodu) powoduje zbędne podgrzewanie komory chłodniczej, a więc stratę w kosztach eksploatacji.

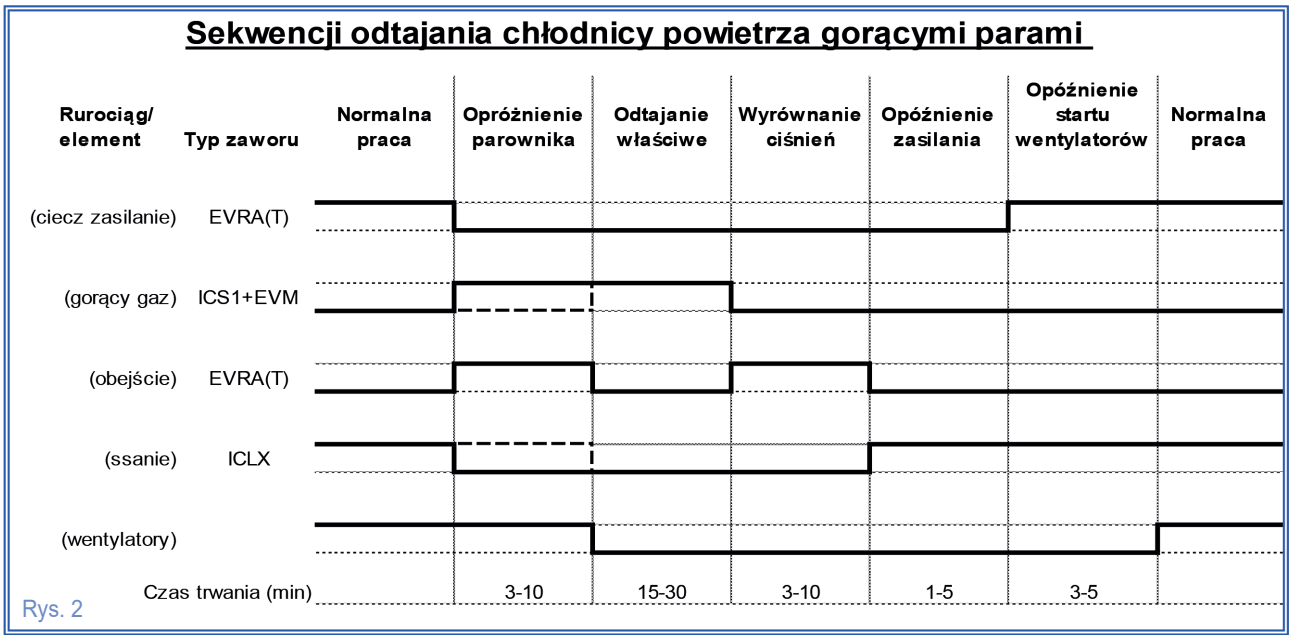
Odszranianie na podstawie osiągnięcia temperatury przez chłodnicę jest nieco droższe pod względem inwestycyjnym – konieczność umieszczania czujek temperatury w bloku chłodnicy oraz okablowania, poza tym jest dość trudne określenie miejsca które jest najzimniejsze (najtrudniejsze do wygrzania). Może to być środek bloku lamelowego, rura przeznaczona do spływu skroplin czynnika lub wiele innych miejsc. Dobór umiejscowienia czujnika temperatury jest często podany przez producenta chłodnic powietrza lub powinien zostać wykonany doświadczalnie po uruchomieniu instalacji i obserwacji jej „na ruchu". Odszranianie na podstawie temperatury pozwala na ograniczenie zbędnego podgrzewania komory chłodniczej w okresach, kiedy to nie jest wymagane oraz pozwala na bardziej ekonomiczną pracę instalacji chłodniczej.

Dekompresja ciśnienia w chłodnicy po odszranianiu

Istotnym zagadnieniem jest obniżenie ciśnienia w chłodnicy powietrza po procesie odszraniania w sposób łagodny i nie zaburzający pracy całej instalacji chłodniczej, szczególnie bez uderzeń hydraulicznych. Po procesie wygrzewania, zazwyczaj stosuje się tak zwane „uspokojenie cieczy", czyli czas gdy w chłodnicy następuje rozdział cieczy i pary w sposób naturalny (grawitacyjny) przy zamkniętych wszystkich zaworach, czas trwania około 1-3 minut. Dodatkową zaletą takiego postoju jest naturalne obniżanie ciśnienia wewnątrz chłodnicy na skutek oddawania ciepła przez chłodnice komorowe do otoczenia, nie dotyczy to chłodnic w tunelach zamrażalniczych, gdzie w niektórych technologiach wymagane jest ogrzanie tunelu przykładowo do mycia. Jednym ze sposobów dekompresji, omówionych wcześniej, jest rozwiązanie gdy ciśnienie z chłodnicy może być obniżone przez otwarcie zaworu elektromagnetycznego (EVRA) w rurociągu do usuwania skroplin. Innym rozwiązaniem tego problemu są zawory dwukrokowe (ICLX), sterowane ciśnieniem gorącej pary. Zawory te otwierają się w pierwszym kroku na 10% swojej przepustowości, co pozwala na wstępne obniżenie różnicy ciśnień w chłodnicy i w rurociągu do około 1,25 bar i wówczas automatycznie otwiera się drugi krok pozwalający na osiągnięcie pełnej przepustowości zaworu. Po obniżeniu ciśnienia do ciśnienia roboczego i otwarciu zaworu w rurociągu powrotnym par mokrych, w kolejnym kroku następuje otwarcie zaworu elektromagnetycznego zasilającego ciekłym czynnikiem bez włączania wentylatorów, co pozwala na zamrożenie pozostałych na powierzchni wymiennika kropel wody. Czas opóźnienia startu wentylatorów w stosunku do otwarcia zaworu zasilania cieczą zależnie od chłodnicy, powinien wynosić od jednej do pięciu minut – zależnie od typu wymiennika.

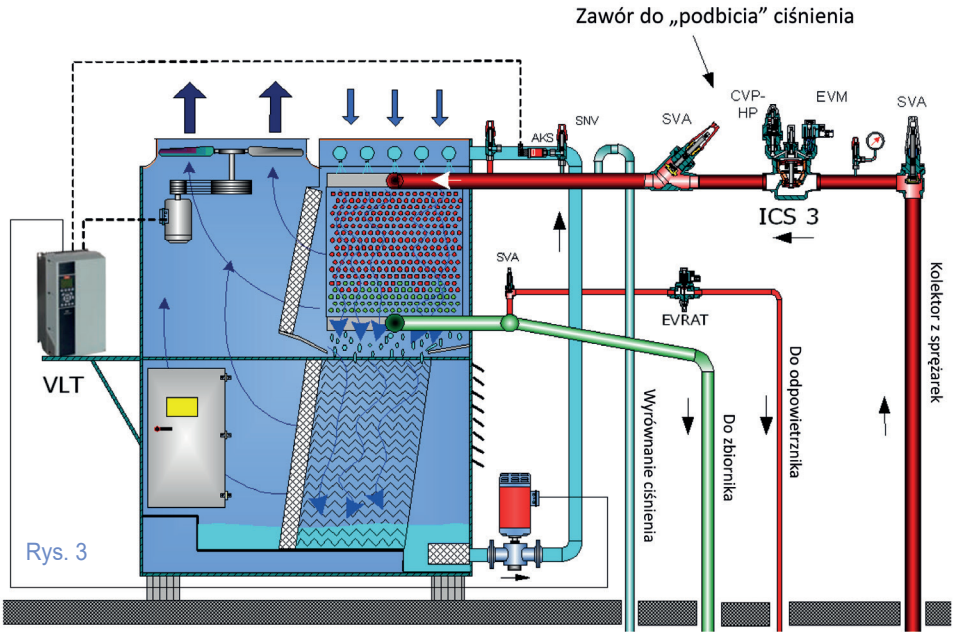
Regulacja ciśnienia skraplania a ciśnienie gorących par do odszraniania

Ciśnienie skraplania ma bardzo istotny wpływ na zużycie energii elektrycznej przez sprężarki wysokiego stopnia, zmniejszenie tego ciśnienia o wartość odpowiadającą 1°C (ciśnienie nasycenia) odpowiada zmniejszeniu zużycia energii elektryczne o około dwa do trzech procent. W większych instalacjach chłodniczych są to zauważalne koszty eksploatacyjne i w wielu zakładach dąży się do obniżenia ciśnienia skraplania przez rozbudowę powierzchni skraplania, utrzymanie czystości skraplaczy i odpowiednich parametrów wody obiegowej. Z punktu widzenia utrzymania jakości odszraniania – niskie ciśnienie skraplania wydłuża i po-



Rys. 2

garsza proces odszraniania. Brak odpowiedniego ciśnienia skraplania może wynikać też z dużej powierzchni skraplaczy i niskiej temperatury powietrza oraz małych obciążeń urządzeń chłodniczych w okresach niskiej produkcji, w szczególności dotyczy to okresu jesienno-zimowego, gdy mniej tuneli mroźniczych pracuje, a powietrze do którego jest oddawane ciepło jest zimniejsze, w konsekwencji skraplacze mają mniej ciepła do oddania i potencjalnie większą moc cieplną. (Rys. 3)



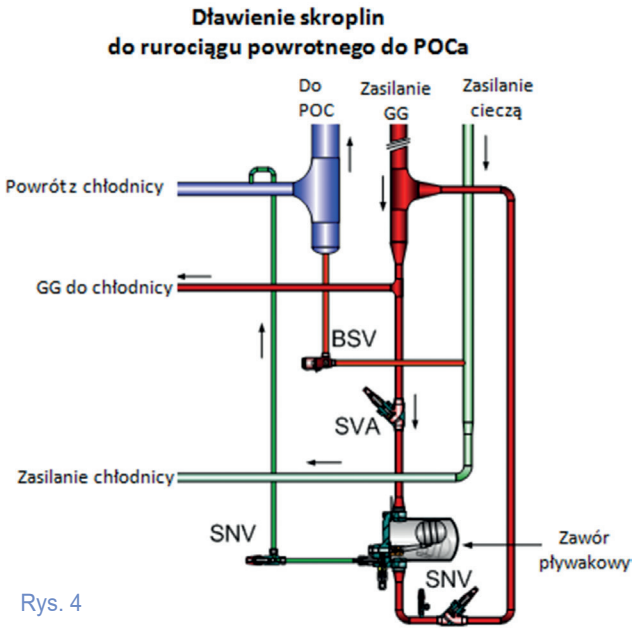
Rys. 3

Rozwiązaniem zagadnienia obniżania ciśnienia skraplanie ze względu na zużycie energii elektrycznej oraz czasowo potrzebne podbicie ciśnienia skraplania, jest montaż odpowiedniego zestawu zaworów pomiędzy skraplaczem a zespołem sprężarek. W głównym rurociągu do stacji skraplania zaraz za podłączeniem rurociągu do odszraniania gorącymi parami powinien znajdować się zawór regulacyjny (typu ICS) wyposażony w dwa zawory pilotowe, elektromagnetyczny typu EVM oraz regulacyjny CVP (HP). Podczas normalnej pracy – tylko chłodzenie – taki zawór główny powinien być w pełni otwarty przez zawór elektromagnetyczny (EVM), aby minimalizować spadki ciśnienia na przesyle czynnika chłodniczego do skraplaczy. W okresie odszraniania chłodnic powietrza, zawór elektromagnetyczny powinien zostać zamknięty i wówczas powinien regulować zawór pilotowy stałego ciśnienia (CVP-HP) umieszczony równolegle w stosunku do zaworu elektromagnetycznego. Dzięki tej konfiguracji zawór CVP HP będzie utrzymywał nastawione, odpowiednio wysokie ciśnienie przed zaworem głównym a więc i w rurociągu gorącej pary do odszraniania chłodnic. Regulacja ciśnienia przed skraplaczem pozwala na podwyższenie ciśnienia tłoczenia w sprężarkach tylko w okresie, gdy takie ciśnienie jest wymagane do prawidłowego przeprowadzenia odszraniania. W pozostałym okresie czasu ciśnienie tłoczenia jest automatycznie obniżane dzięki otwarciu zaworu głównego przez pilotowy zawór elektromagnetyczny. Ponieważ czasami zdarzają się problemy z konfiguracją (właściwym umieszczeniem) zaworów pilotowych w zaworze głównym, zwracam uwagę na fakt, że zawór EVM może być wkręcony w gniazdo oznaczone jako SI, wówczas w gniazdo SII powinna być wkręcona tylko zaślepka A, natomiast w gniazdo P powinien być wkręcony zawór stałego ciśnienia CVP HP. Prawidłowym jest też zamienne wkręcenie w gniazda SI i P zaworów pilotowych CVP i EVM, w gnieździe SII w tym zastosowaniu zawsze musi być zaślepka tylko A. Szczegóły montażowe zawarte są w DTR dla zaworów typu ICS.

Usuwanie skroplin z rurociągu gorących par do odszraniania chłodnic

Często pomijanym zagadnieniem jest problem powstawania skroplin w rurociągu gorącej pary do odszraniania chłodnic. Czynnik chłodniczy (amoniak) wykrapla się w rurociągu gorącej pary, gdyż oddaje ciepło do rurociągu i dalej do powietrza, ponieważ temperatura otoczenia rurociągu jest niższa od temperatury nasycenia pary. W tym przypadku izolowanie rur gorącej pary jest zasadne w przypadkach, gdy chłodnica jest odszraniana raz na dobę lub rzadziej, nieruchoma para (bez przepływu) i tak się ochłodzi poniżej temperatury skraplania, a w konsekwencji się skropli. Skropliny znajdujące się w rurociągach gorącej pary spływają do najniższych punktów w danym odcinku i tworzą tak zwane korki cieczowe, które w połączenie z dużymi prędkościami przepływu gorących par są bardzo niebezpieczne. Nieduża ilość (masa) cieczy rozpędzona w rurociągach do prędkości kilkunastu metrów na sekundę wykonuje tak zwane uderzenia hydrauliczne (w literaturze angielskiej „water hammer"), które powodują bardzo duże naprężenia w zaworach zarówno elektromagnetycznych jak i regulacyjnych. Uderzenia są na tyle silne że mogą rozerwać zawór znajdujący się w rurociągu. Znanych jest wiele przypadków „rozszczelnienia" instalacji chłodniczych wynikających z uszkodzenia zaworów przez uderzenia hydrauliczne, które w bieżącej eksploatacji czasami są słyszalne jako pojedyncze stuki wewnątrz rur. (Rys. 4)

Niektóre przemysłowe instalacje chłodnicze wyposażone są w różne systemy usuwania skroplin z instalacji zasilania gorącymi parami chłodnic powietrza. Jedno z przykładowych rozwiązań pokazane jest na rysunku. Zestaw zaworów powinien być umieszczony w takim miejscu, gdzie z założenia projektowego powstałe skropliny będą spływały w sposób grawitacyjny. W takim miejscu rurociągu powinien być wykonany spływ do zaworu pływakowego, który w miarę powstawania skroplin będzie je dławił do rurociągu (najlepiej) powrotu par mokrych. W tym rozwiązaniu zastosowano zawór pływakowy wysokiego ciśnienia o małej wydajności (SV-1 HP), w którym przy wzroście poziomu cieczy unosi się pływak i automatycznie otwiera iglicę z dyszą przez którą ciekły czynnik jest dławiony do rurociągu powrotnego. Jest to rozwiązanie czysto mechaniczne, bardziej rozbudowane rozwiązania są oparte na czujniku poziomu (AKS 38), zaworze elektromagnetycznym oraz ręcznym zaworze dławiącym. Najważniejszym zagadnieniem jest usunięcie maksymalnej ilości czynnika chłodniczego



Rys. 4

z rurociągów tłocznych w bezpieczny sposób.

Instalacja trzy lub czterorurowa zasilania chłodnic powierza

Kolejnym obszernym zagadnieniem jest miejsce, do którego usuwane są skropliny czynnika chłodniczego powstałe po odszranianiu chłodnicy. Zazwyczaj spotykany jest system trzy rurowy, w którym występuje: zasilanie cieczą chłodnicy pod ciśnieniem pomp, rurociąg powrotny par mokrych oraz rurociąg zasilania gorącymi parami. W tym rozwiązaniu ciecz powstająca podczas odszraniania jest dławiona do rurociągu powrotu par mokrych i przesyłana do poziomego oddzielacza cieczy (POCa), zasilającego chłodnice o danej temperaturze parowania. Ciepła ciecz pod ciśnieniem skraplania, powstała w trakcie procesu odszraniania zostaje zdławiona do ciśnienia roboczego i częściowo odparowuje. Powstała para jest zasysana przez sprężarki niskiego stopnia powodujące ich znaczne obciążenie. W celu skroplenia powstałych par czynnika (jako efekt odszraniania) muszą one być sprężone zarówno przez sprężarki niskiego jak i wysokiego stopnia. Takie rozwiązanie charakteryzuje się mniejszymi nakładami inwestycyjnymi, gdyż do obsługi tego typu systemu potrzebne są tylko trzy rurociągi, pozwalające na prawidłowe przeprowadzanie procesu odtajania. Należy jednak zwrócić uwagę, że niektóre nowopowstałe instalacje chłodnicze nie posiadają tak zwanej chłodnicy międzystopniowej, gdyż ciecz po skropleniu jest dochładzana w tak zwanych ekonomizerach, współpracujących w systemach indywidualnego „doładowania" sprężarek śrubowych (indywidualny ekonomizer dla każdej sprężarki).

Innym rozwiązaniem jest układ czterorurowy, w którym oprócz rurociągu zasilania cieczą , powrotu par mokrych oraz pary gorącej jest rurociąg spływu cieczy po skropleniu. Dzięki temu ciecz powstająca podczas procesu odszraniania może być zrzucona do chłodnicy międzystopniowej (jeżeli taka jest w obiegu) i/lub wspólnego ekonomizera dla danej grupy sprężarek. Korzyścią jaka wynika z tego rozwiązania jest to, że sprężanie par powstałych podczas obsługi procesu odszraniania wykonywane jest tylko przez sprężarki wysokiego stopnia, a nie niskiego i wysokiego stopnia. Inną korzyścią są niższe koszty eksploatacyjne (sprężanie jednostopniowe a dwustopniowe). Ten problem – odciążenia sprężarek niskiego stopnia jest istotny w wielu zakładach, gdzie są zamrażane produkty. Istnieje problem z brakiem mocy chłodniczej po stronie niskiego stopnia z powodu zbyt wielu odbiorników chłodu niskotemperaturowego (nadmierna ilość tuneli zamrażalniczych). W tych instalacjach występuje nadmiar mocy chłodniczej w sprężarkach wysokiego stopnia. Innym zagadnieniem w systemach trzy rurowych jest konieczność (najczęściej automatycznie) dołączania się kolejnej sprężarki niskotemperaturowej podczas odtajania tuneli zamrażalniczych ze względu na konieczność odessania powstałych podczas odszraniania par czynnika. Takie zjawisko występuje szczególnie przy używaniu tuneli zamrażalniczych, w których okresowe wahania przepływu masowego czynnika podczas procesu odszraniania są duże – duża objętość chłodnic przy małej ich ilości w porównaniu do układów wieloparownikowych, przykładowo w chłodniach składowych lub logistycznych, gdzie jest mała objętość wewnętrzna i duża ilość pojedynczych chłodnic.

Opracowanie problemu od strony ekonomicznej – porównanie kosztów związanych z wykonaniem instalacji trzy rurowej i wyższych kosztach eksploatacyjnych, a instalacją czterorurową i niższych kosztach eksploatacyjnych jest w opracowaniu, i będzie dostępne w drugim kwartale 2016 roku.

Opracował:
mgr inż. Mikołaj KLENKIEWICZ
Koordynator ds. Chłodnictwa Przemysłowego
Danfoss Poland Sp. Z o.o.

Strona główna chłodnictwa przemysłowego http://industrialrefrigeration.danfoss.com/home/

Literatura, (DTR) do opisanych elementów automatyki Danfoss*:

1. ICS – DKRCI.PD.HS2.A8.02
2. ICLX – DKRCI.PD.HS1.A6.02
3. ICM – DKRCI.PD.HT0.B8.02
4. EVRA – DKRCI.PD.BM0.B5.02
5. SV 1-3 – DKRCI.PD.GE0.B5.02
6. EVM, CVP – DKRCI.PD.HN0.B6.02
7. CVMD – DKRCI.PD.HN0.C1.02
8. OFV – DKRCI.PD.HQ0.A4.02

* literaturę można znaleźć w Internecie według podanego numeru.