

Nie daj się zaskoczyć parze.

Najczęściej występujące problemy w systemach pary i kondensatu cz. 1

Instalacje parowe i kondensatu to zazwyczaj złożony układ składający się z setek metrów rurociągów i odbiomików ciepła, w których zachodzą procesy wymiany ciepła. Elementem łączącym dwa światy, tj. świat pary i kondensatu, jest odwadniacz. To on, obok zaworów odcinających, jest najczęściej występującym elementem w instalacjach. W tych dwóch światach możemy napotkać szereg problemów takich jak: uderzenia wodne, spadek efektywności instalacji spowodowany korkami parowymi, czy zapowietrzaniem instalacji, korozje, erozje, czy problem z efektem Stall. Właśnie dlatego prawidłowe działanie odwadniaczy jest kluczowe, by maksymalnie zredukować potencjalne problemy w instalacjach. Zapraszamy do cyklu artykułów, w których pokażemy środki zaradcze na pojawiające się problemy.



KORKI PAROWE I ZAPOWIETRZANIE

Czy spotkałeś się z niewyjaśnionym problemem spadku temperatury w procesach grzewczych, mimo że cały układ wydaje się pracować poprawnie? Brzmi znajomo? Przyczyną może być zjawisko określane jako korki parowe spowodowane przez obecność pary, lub korki powietrzne, czyli zapowietrzanie przez powietrze lub niekondensujące się gazy (dwutlenek węgla). W obu wypadkach mechanizm działania jest podobny. Para lub gaz dostaje się do odwadniacza przed kondensatem powodując jego zamknięcie. Reakcja samego odwadniacza jest prawidłowa, ponieważ zaprojektowany jest tak, aby w momencie wejścia pary do odwadniacza, znajdował się w pozycji zamkniętej.

Problem ten często bywa złożony i wynika on z konfiguracji urządzeń parowych, z których odprowadzany jest kondensat. Świetnym przykładem są suszarki bębnowe. Tego typu suszarki są szeroko stosowane w przemyśle papierniczym, tekstylnym, w przemyśle tworzyw sztucznych oraz spożywczych. Do najczęściej

spotykanych przykładów należą: walce suszące, suszarki bębnowe, prasownice pralnicze oraz walce suszące maszyn papierniczych. Prędkość ich pracy waha się od 1–2 obr./min, do prędkości powierzchniowych sięgających nawet 5 000 obr./min. Ciśnienie robocze pary może mieścić się w zakresie od podciśnienia, aż do ponad 14 bar. Średnice takich cylindrów mogą się zmieniać od 150–200 mm do ponad 4 000 mm. We wszystkich przypadkach odprowadzanie kondensatu wiąże się z pojawianiem pary wtórnej, a więc korków parowych.

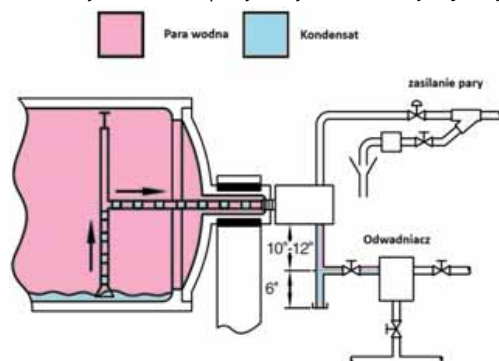
Na rysunku nr 1 przedstawiono poglądowy rysunek suszarki i zjawiska jakie tam zachodzą. Obracający się cylinder odwadniany jest za pomocą syfonu. Wewnętrzny syfon otoczony jest parą. Część kondensatu ulega ponownemu odparowaniu wskutek ogrzewania rury syfonowej otulonej parą oraz podnoszenia syfonu podczas procesu odprowadzania kondensatu.



ŚRODKI ZARADCZE NA POWSTAWANIE KORKÓW PAROWYCH

W powyższym przypadku, środkiem zaradczym na korki parowe mogą być automatyczne, różnicowe regulatory kondensatu (DC) firmy Armstrong. Przeznaczone są do pracy w aplikacjach wcześniej wspomnianych, w których kondensat musi zostać podniesiony z punktu odprowadzania lub w układach grawitacyjnego odprowadzania, gdzie zwiększona prędkość przepływu wspomaga proces drenażu.

Podnoszenie kondensatu z punktu spustowego często określane jest jako syfonowe odprowadzanie kondensatu. Wówczas następuje spadek ciśnienia, w wyniku czego część medium odparowuje tworząc parę wtórną. Ponieważ standardowe odwadniacze parowe nie potrafią rozróżnić pary wtór-



Rysunek 1
Zjawiska zachodzące w suszarkach bębnowych



PAWEŁ HOŁA

Absolwent Politechniki Śląskiej, od 2007 roku zawodowo zajmuje się armaturą przemysłową. W Introlu pracuje na stanowisku kierownika działu armatury przemysłowej.

tel. 601 55 33 61

nej od pary świeżej, tak jak wcześniej nadmieniałem, zamykają się one i ograniczają odpływ kondensatu.

Zwiększona prędkość przepływu w układach grawitacyjnych sprzyja transportowi kondensatu i powietrza do regulatora DC. Uzyskuje się to dzięki wewnętrznemu obejściu parowemu sterowanemu ręcznym zaworem dławiącym. W efekcie, regulator kondensatu automatycznie odpowietrza obejście lub parę wtórną. Para ta może następnie zostać odebrana do dalszego wykorzystania w innych wymiennikach ciepła albo odprowadzona jest do rurociągu powrotnego kondensatu.

Wymagania dotyczące wydajności odprowadzania kondensatu różnią się istotnie w zależności od konkretnej aplikacji. Jednak pojedynczy regulator kondensatu zapewnia wystarczającą wydajność dla większości standardowych instalacji.



PROCESY ZACHODZĄCE W REGULATORZE KONDENSATU

Jak pokazano na rysunku nr 3 kondensat, powietrze, para świeża i wtórna wpływają do regulatora przez króciec wlotowy. Na tym etapie para wtórna i powietrze są automatycznie oddzielane od kondensatu. Następnie kierowane są do zintegrowanego obejścia z kontrolowaną prędkością przepływu, gdzie tworzą parę wtórną w obiegu wtórnym. Zawór upustowy na obejściu jest regulowany tak, aby dostosować jego otwarcie do ilości pary wtórnej powstającej przy pracy z pełną wydajnością, lub do wymagań dotyczących prędkości przepływu w danym układzie.

Kondensat odprowadzany jest przez układ zaworowy odwadniacza znajdujący się w jego górnej części, który kontrolowany jest za pomocą dzwona. Dzięki zastosowaniu podwójnego układu odprowadzania w układzie pary wtórnej, utrzymywane jest ustalone i kontrolowane ciśnienie różnicowe, podczas gdy maksymalne dostępne ciśnienie różnicowe jest wykorzystywane do efektywnego odprowadzania kondensatu.

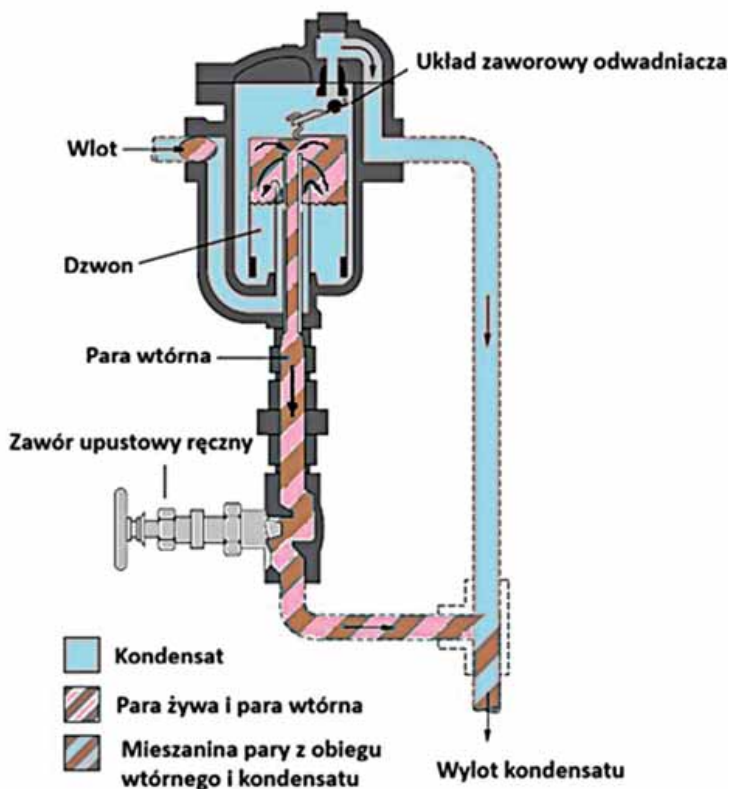
W niektórych aplikacjach, w których powstaje para wtórna, istnieje możliwość jej ponownego wykorzystania. Tak oto wytłania nam się inny środek zaradczy na korki parowe, a mianowicie doprowadzanie mieszaniny kondensatu i pary wtórnej do zbiornika pośredniczącego zwanego z ang. „flash tank”, czyli do **rozprężacza kondensatu**.

Zawartość energii w parze wtórną jest identyczna jak w parze świeżej (przy tym samym ciśnieniu), jednak energia ta zostaje utracona, jeśli para wtórna jest odprowadzana do atmosfery przez odpowietrzenie zbiornika. Przy odpowiednim doborze i instalacji układu odzysku pary wtórnej, energia, a dokładniej rzecz ujmując – ciepło utajone, może być wykorzystane do podgrzewania wstępnej wody lub innych cieczy, a także do procesów grzewczych niskociśnieniowych.

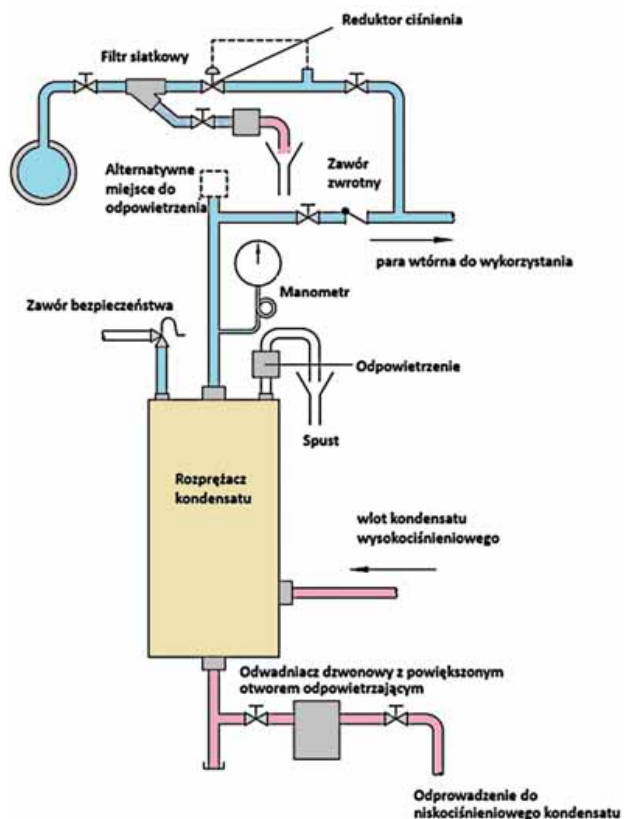
Jeżeli dostępna jest para wylotowa, można ją połączyć z parą wtórną. W pozostałych przypadkach para wtórna musi być uzupełniona parą świeżą o obniżonym ciśnieniu. Rzeczywista ilość powstającej pary wtórnej zależy od warunków ciśnieniowych – im większa różnica między ciśnieniem początkowym, a ciśnieniem po stronie wylotowej, tym powstanie większa ilość pary wtórnej.



Rysunek 2
Różnicowy regulator kondensatu DC



Rysunek 3
Różnicowy regulator kondensatu



Rysunek 4
Odzysk pary z rozprężacza kondensatu



ODZYSK PARY Z ROZPRĘŻACZA KONDENSATU

Rysunek nr 4 przedstawia schemat doprowadzenia kondensatu do rozprężacza z uzupełnieniem pary świeżej. Zawór redukcyjny pokazany na schemacie obniża ciśnienie pary wysokociśnieniowej do poziomu odpowiadającego ciśnieniu pary wtórnej, dzięki czemu obie pary mogą być łączone i wykorzystywane w procesie technologicznym lub do celów grzewczych. Na wypadek braku procesu, wykorzystuje się zawór zwrotny, którego zadaniem jest zapobieganie stracie pary wtórnej. Z kolei zawór bezpieczeństwa zapobiega narastaniu ciśnienia, które mogłoby zakłócić pracę odwadniaczy pary wysokociśnieniowej zwiększając nadmiernie ciśnienie różnicowe.

Rurociągi kondensatu powinny być prowadzone ze spadkiem w kierunku rozprężacza. Jeżeli do jednego rozprężacza doprowadzonych jest kilka rurociągów, każdą z nich należy wyposażyć w zawór zwrotny. Dzięki temu linia niepracująca będzie odizolowana od pozostałych i nie dojdzie w niej do cofania się pary wtórnej, co skutkowałoby stratami energii.

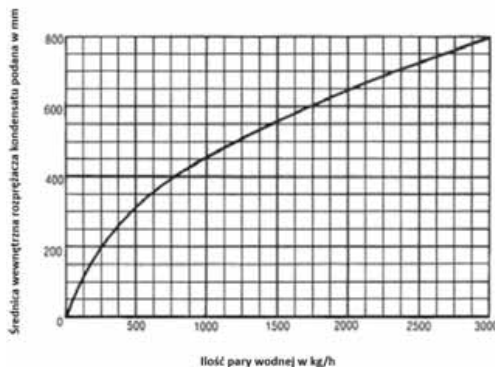
Kwestia wytypowania odpowiedniego miejsca montażu rozprężacza również jest istotna. Wszak celem jest odzyskanie jak największej pary wtórnej kosztem minimalnych długości rurociągów. Ponadto rurociągi kondensatu, rozprężacz i rurociąg pary odzyskanej – niskociśnieniowej **powinny być zaizolowane** celem ograniczenia strat energii w wyniku wymiany ciepła. Pamiętajmy przy tym, że urządzenia niskociśnieniowe zasilane parą wtórną powinny być wyposażone w indywidualne odwadniacze z odprowadzeniem do niskociśnieniowej linii powrotu kondensatu. Na koniec warto również wspomnieć, że z rozprężacza należy odprowadzić duże ilości powietrza. Zaleca się zastosowanie termostatycznego odpowietrznika powietrza, który usunie powietrze i zapobiegnie jego przedostawaniu się do systemu niskociśnieniowego.



BUDOWA I MONTAŻ ROZPRĘŻACZA

Budowa rozprężacza nie jest żadną kosmiczną technologią. Można wykonać go w prosty sposób z odcinka rury o dużej średnicy z przyspawanym lub przykręconym denkiem. Zbiornik powinien być montowany w pozycji pionowej. Na górze wymagany jest wylot pary, a na dole wylot kondensatu. Przyłącze dopływu kondensatu wysokociśnieniowego powinno znajdować się 150-200 mm powyżej króćca wylotu kondensatu.

Kluczowym parametrem jest **średnica wewnętrzna zbiornika**, która ma wpływ na prędkość unoszenia pary wtórnej w kierunku wylotu. Prędkość ta powinna być na tyle niska, by zminimalizować ilość wody unoszonej wraz z parą. Jeśli prędkość pionowa jest utrzymana na niskim poziomie, wysokość zbiornika nie jest krytyczna, choć dobrą praktyką jest stosowanie wysokości



Rysunek 4
Dobór średnicy rozprężacza w zależności od ilości pary wtórnej

oscylującej w granicach 700-1000 mm. Przyjmuje się, że prędkość pary w zbiorniku oscylująca na poziomie 3 m/s zapewnia skuteczną separację pary i wody. W oparciu o te dane, obliczono odpowiednie średnice wewnętrzne dla różnych ilości pary wylotowej. Wyniki przedstawiono na rysunku nr 4. Przebieg krzywej wskazuje minimalne zalecane średnice wewnętrzne rozprężacza. Wykres nie uwzględnia jednak ciśnienia, jedynie masę przepływu. Choć przy wyższym ciśnieniu objętość pary oraz jej prędkość unoszenia są mniejsze (ze względu na większą gęstość pary) to wzrasta skłonność do zjawiska pianowania i wyrzutu wody.

Wracając do sedna, czyli do rozważanych przez nas korków parowych, problem ten nie tylko dotyczy suszarek bębnowych. Czasem korki parowe powstają w wyniku błędów instalacyjnych. Oczywiście najczęściej dotyczy to rur pionowych przed odwadniaczem. Jeżeli odprowadzenie kondensatu zaprojektowane jest tak, że para wraz z kondensatem musi napływać pionowo do góry do odwadniacza, istnieje duże prawdopodobieństwo, że natkniemy na problem korków parowych. Wynika to z tego, że para ma niższą gęstość niż kondensat, więc jako pierwsza dotrze do odwadniacza, powodując zamknięcie układu zaworowego. Nawet zwiększając ciśnienie pary zasilającej, nie rozwiążemy problemu, ponieważ para wewnątrz odwadniacza spowoduje jego zamknięcie do momentu jej kondensacji w jego wnętrzu.

Czasem zjawisko korków parowych może dotyczyć również rurociągów poziomych. Dzieje się tak w przypadku braku odpowiednich podpór i wygięciu rurociągu, lub w przypadku długich prostych odcinków bez kieszeni odwadniających.



UNIKAJ KORKÓW, ODZYSKUJ ENERGIĘ

Podsumowując pierwszy artykuł z cyklu problemów związanych z parą i kondensatem, omówiliśmy zjawisko korków parowych i pary wtórnej. Stosując odpowiednie rozwiązania i wiedzę inżynierską możemy uniknąć problemów z blokowaniem prawidłowego odprowadzania kondensatu. Ponadto, energię zawartą w parze wtórnej możemy odzyskać, stosując rozprężacze kondensatu tworząc prosty projekt odzyskiwania energii.

„Energję zawartą w parze wtórnej możemy odzyskać, stosując rozprężacze kondensatu.



Rysunek 5
Rozprężacz kondensatu Armstrong