



Zarządzanie kondensatem w procesach pary wodnej

Czym jest kondensat i jak powstaje? Ile wart jest kondensat? Jak można odzyskać nakłady finansowe wydane na produkcję pary wodnej i na co zwrócić uwagę, by te działania były jak najbardziej efektywne? Przyjrzyjmy się szczegółowo zagadnieniu powtórniego wykorzystania kondensatu.

KONDENSAT W TEORII I PRAKTYCE

Kondensat to ciecz powstała na skutek oddania energii przez czynnik będący w postaci gazowej. Prościej ujmując, kondensacja to przeciwieństwo parowania, a więc kondensat to woda czystej postaci powstała z pary wodnej. Wykorzystując powtórnie kondensat możemy odzyskać 20% energii, zredukować zużycie wody, zmniejszyć nakłady na chemiczny proces przygotowania wody, a także zmniejszyć zużycie surowców stosowanych w kotłach parowych.

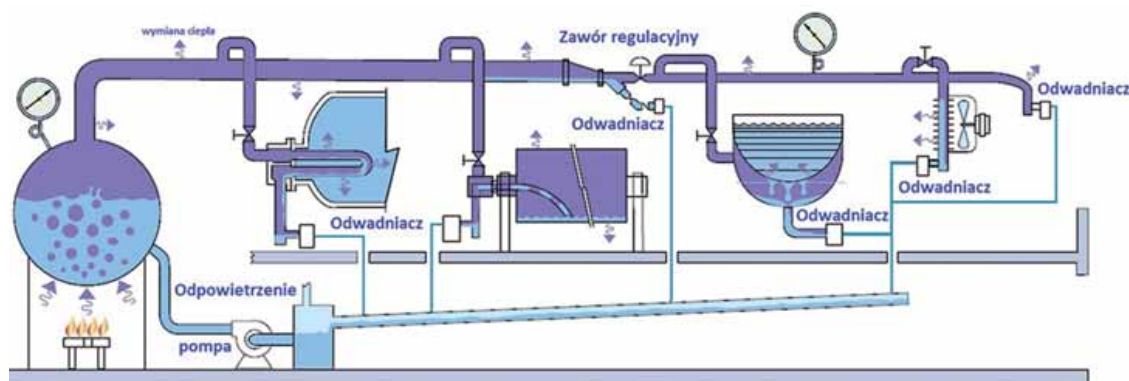
Ilość kondensatu uzależniona jest od ciśnienia i temperatury systemu parowego. Przykładowo, je-

laczach parowych przez jego złe zarządzanie. A nasze doświadczenie wskazuje, że czasem proste zmiany w systemie oraz podjęcie działań zarządzających bilansem energetycznym mogą przynieść znaczące zyski finansowe, jednocześnie usprawniając przesyłanie energii i wymianę ciepła.

ODWADNIACZE I POMPY KONDENSATU

We wszystkich zakładach produkcyjnych posiadających system dystrybucji pary (typowy pokazano na rysunku 1), kondensat wymaga odpowiedniego ciśnienia, by przetransportować go z powrotem do kotłowni. Jego wartość odpowiada ciśnieniu pary wodnej lub ciśnienie uzależnione jest od pracy

Rysunek 1
Schemat systemu
dystrybucji pary



żeli woda kotłowa jest o temperaturze 15°C, temperatura kondensatu wynosi 100°C to odzyskując kondensat zaoszczędzimy co najmniej 355 kJ/kg energii. Jeżeli kocioł pracuje na 80% sprawności, wartość energii wzrośnie do 444 kJ/kg. Mając odpowiednie „know how” kondensat staje się ważnym elementem bilansu energetycznego, pozwalającym na znaczną redukcję kosztów eksploatacyjnych. Dla przemysłu wykorzystującego parę wodną jako medium grzewcze, zwiększenie skuteczności zarządzania kondensatem może spowodować ogólny wzrost wydajności całego systemu i długowieczność instalacji przemysłowej. Wszak kondensat to gotowy czynnik do odzyskiwania energii.

Typowy zakład chemiczny powinien odzyskiwać ponad 60% kondensatu powstającego w systemach parowych. Niestety, tradycyjne instalacje zaprojektowane w minionej epoce oraz przyzwyczajenia i praktyki niezwracania uwagi na aspekty oszczędnościowe stanowią bariery do właściwego wykorzystania kondensatu.

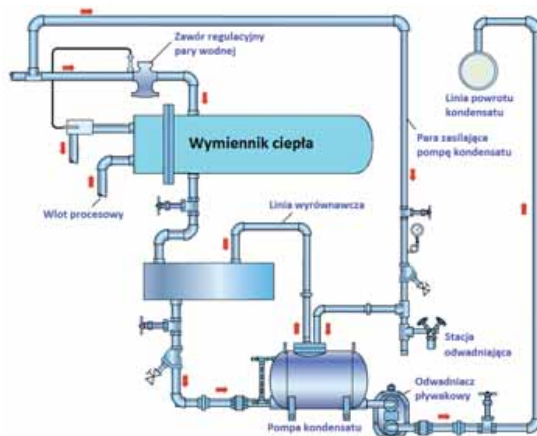
W rezultacie kondensat wylewany jest do ścieków, na tzw. „wolny wylot” lub ograniczona jest znacząco wymiana ciepła w instalacjach

pompy. Jak widać na rysunku, wszystkie urządzenia, w których zachodzi wymiana ciepła wyposażone są w odwadniacze. Ich prawidłowe działanie jest niezwykle istotne jeżeli chcemy utrzymać jak najwyższą efektywność pracy wymienników, uniknąć uderzeń wodnych, korozji, częstych przeglądów czy serwisowania. Należy przy tej okazji zaznaczyć, że istnieje szereg różnych metod odprowadzania kondensatu, jednakże odwadniacze to urządzenia najbardziej skuteczne.

Pamiętajmy, że aby odwadniacze działały prawidłowo, niezbędne jest dodatnie ciśnienie różnicowe, które odprowadzi kondensat z odwadniacza. Problem w tym, że w urządzeniach wymiennikowych ciśnienie często bywa zmienne, co stanowi poważny problem. Przykładowo, gdy zawór regulacyjny przed wymiennikiem dławi przepływ, ciśnienie kondensatu zmniejsza się, co w konsekwencji może skutkować zalaniem wymiennika. Wówczas obniża się jego wydajność, może on także ulec skorodowaniu lub uszkodzeniu. Bardzo popularnym środkiem zaradczym na spadek ciśnienia jest zwykły zawór odcinający, a sposób jego zastosowania pokazano na rysunku 2. Jest to widok powszechny, prawda? Co oczywiste, tego typu działanie nie należy do idealnych i niesie za sobą zagrożenie bezpieczeństwa dla kadry eksploatacyjnej oraz straty energetyczne. Idealnym rozwiązaniem w przypadku wahań ciśnienia jest zatem zastosowanie pom-



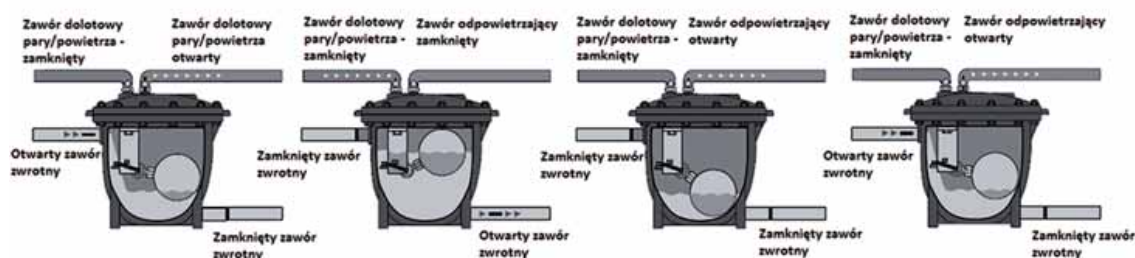
Zrzut kondensatu wraz
z parą do atmosfery



którą kondensat ma być przepompowany po stronie wylotowej pompy (z ang. TDH, Total Dynamic Head). Rozważamy go celem oszacowania całkowitego przeciwniecia. Kiedy oba kryteria są skrupulatnie przeanalizowane, pompy elektryczne skutecznie przepompują duże ilości kondensatu przy wysokim ciśnieniu. W niektórych przypadkach, odzyskany kondensat może nawet być podawany bezpośrednio do kotła.

Kawitacja to na tyle poważny problem, że drugi rodzaj pomp, tj. pompy mechaniczne bezpośredniego działania okazują się nierzadko zbawienne. Ich zasada działania nie jest oparta na ruchu obrotowym wirnika, tylko na wyporności pompowania, stąd też problem kawitacji jest praktycznie wyeliminowany. Ponadto są one stosunkowo odporne na ciśnienia

Rysunek 2
Zasada działania pompy kondensatu bezpośredniego działania



Rysunek 3
Schemat wymiennika ciepła z zastosowaną pompą kondensatu

py kondensatu. Typowy układ wykorzystania pompy pod wymiennikiem pokazano na rysunku 3.

Warto zaznaczyć, że ujemne ciśnienie różnicowe pojawia się nie tylko przy wymiennikach ciepła. Może być również efektem przedostawania się pary żywej do linii powrotu kondensatu poprzez niesprawny odwadniacz, powstawanie pary wtórnej w linii powrotu kondensatu, czy też zbyt duże podniesienie rurociągu.

POMPA ELEKTRYCZNA CZY MECHANICZNA?

Stosowanie pomp kondensatu zapewnia utrzymanie wysokiej sprawności wymienników ciepła niezależnie od zmiennego ciśnienia czy ilości kondensatu. Kolejną korzyścią jest wyeliminowanie problemu korozji w wymienniku, a wzrost sprawności powoduje, że możliwa jest praca na niższym ciśnieniu, tym samym zmniejszając konsumpcję energii. Jaką zatem pompę wybrać – elektryczną czy mechaniczną bezpośredniego działania?

Przy rozważaniu stosowania pomp konwencjonalnych – elektrycznych niezbędne jest dokładne przeanalizowanie dwóch parametrów. Pierwszym z nich jest tzw. Nadwyżka Wysokości Ssania (z ang. NPSH, Net Positive Suction Head), czyli zdolności ssawne pompy po stronie wlotowej. Przy zbyt dużym podciśnieniu podczas zasysania kondensatu, może dojść do zjawiska kawitacji, które doprowadzi do zaburzeń w przepływie cieczy, a co gorsza, może doprowadzić do zniszczenia pompy lub jej elementów. Kawitacja występuje w pompie kiedy po stronie ssawnej, wskutek zmniejszenia ciśnienia, powstają w cieczy pęcherzyki gazowe, które przy wzroście wartości ciśnienia raptownie zanikają. Dochodzi wówczas do implozji wewnątrz pompy, która wpada w drgania, wibracje, wydaje metaliczny hałas i może ulec całkowitemu uszkodzeniu. Dlatego aby nie dopuścić do kawitacji, musimy brać pod uwagę współczynnik NPSH i przeanalizować podawaną przez producentów charakterystykę antykawitacyjną. Drugim parametrem jest całkowita wysokość, na

zwrotne, więc analiza współczynnika TDH nie jest tak istotna w ich doborze. Co więcej, w swojej pracy nie wykorzystują energii elektrycznej, tak więc możemy je stosować w strefach niebezpiecznych. Jedynie czego potrzebują to pary wodnej, powietrza lub nieskondensowanych gazów – jeden z tych czynników jest odpowiedzialny za przepompowanie zbierającego się w pompie kondensatu. Ciągły rozwój pomp mechanicznych doprowadził do osiągania przez nie znacznych wydajności i wzrostu ich znaczenia. Przeanalizujemy zatem zasadę ich działania.

Podczas napełniania pompy kondensatem, w pozycji zamkniętej znajdują się zawór zwrotny pompy po stronie wylotowej oraz zawór czynnika zasilającego (pary wodnej lub powietrza). Otwarty natomiast jest zawór odpowietrzający pompę oraz zawór zwrotny po stronie dolotowej. Wraz z napływem kondensatu, pływak znajdujący się na dźwigni unosi się do swojego górnego położenia przelatując tzw. układ migowy, co skutkuje otwarciem zaworu pary wodnej lub powietrza. Ciśnienie medium zasilającego powoduje wypchanie kondensatu z pompy, a układ migowy ponownie przelatuje się do pozycji wyjściowej. Cykl się powtarza. Wybierając czynnik przepychający kondensat pamiętajmy, że stosując powietrze wydajność pompy będzie większa niż stosując parę wodną. Jednakże powietrze nie cieszy się dużą popularnością wśród użytkowników ze względu na jego koszty, nie powinno być ono również stosowane w układach zamkniętych.

Mechaniczne pompy mogą mieć dodatkową opcję w postaci wbudowanego odwadniacza pływakowego. Taka kombinacja powszechnie nazywana jest odwadniaczem pompującym. Zasada działania jest bardzo zbliżona do pompy, przy czym, w przypadku dodatniego ciśnienia różnicowego, urządzenie pracuje jako odwadniacz, a w przypadku ujemnego ciśnienia różnicowego, jako pompa. Odwadniacze pompujące stosuje się w układach zamkniętych, tak więc medium zasilające stanowi para wodna.



POWRÓT KONDENSATU

Skoro naszym celem jest odzyskanie jak największej ilości kondensatu oraz dysponujemy urządzeniem, które kondensat przepompuje z powrotem do kotłowni, pora skupić się na analizie systemów powrotu kondensatu. Zaczniemy od otwartych systemów przepompowania kondensatu, czyli takich, w których

dwóch kondensatów o dużych różnicach temperatur. System zamknięty na pewno niesie ze sobą dużo większe oszczędności energii jednakże jest bardziej skomplikowany. Zakładając średnie, europejskie koszty eksploatacyjne systemów parowych, w tabeli 1 pokazano ile możemy uzyskać z linii powrotu kondensatu w systemie otwartym i zamkniętym.

Tabela 1:
Porównanie systemu
otwartego i zamknię-
tego pod względem
kosztów i zysków

DANE WEJŚCIOWE (główne koszty eksploatacyjne)		system otwarty	system zamknięty
Temperatura kondensatu	°C	100.0	121.0
Temperatura wody kotłowej	°C	10.0	10.0
Sprawność systemu dla dolnej wartości opałowej LHV	%	85.0%	85.0%
Koszty paliwa (LHV)	EURO/GJ	9.00	9.00
Przeciętne koszty energii	EURO/kWh	0.10	0.10
Koszty za wodę	EURO/m ³	1.00	1.00
Koszty odprowadzania ścieków	EURO/m ³	1.20	1.20
Koszty dodatków chemicznych	EURO/m ³	0.10	0.10
DANE WYJŚCIOWE			
Koszty energii (dla 85% wydajności)	EURO/GJ	10.59	10.59
Koszty energii generowanej przez elektrownie	EURO/GJ	27.78	27.78
Entalpia wody kotłowej	kJ/kg	42	42
Entalpia kondensatu	kJ/kg	418	507
Ciepło zaoszczędzone z powrotu kondensatu	kJ/kg	377	465
Wartość zaoszczędzonego paliwa kotła	kJ/kg	443	547
KOSZTY KONDENSATU			
Koszty paliwa	EURO/m ³	3.99	4.92
Koszty wody	EURO/m ³	1.00	1.00
Koszty odprowadzania ścieków	EURO/m ³	1.20	1.20
Koszty dodatków chemicznych	EURO/m ³	0.10	0.10
Koszty kondensatu	EURO/ton	6.29	7.22
OSZCZĘDNOŚCI KONDENSATU			
Zaoszczędzony kondensat	kg/h	1200	1200
Czas operacyjny	godz/rok	8500	8500
Wartość kondensatu	EURO	64.128	73.668

odprowadzamy kondensat do zbiornika separując parę wtórną. Kolektor lub zbiornik pary wtórnej musi dysponować odpowiednią powierzchnią, by kondensat nie zaburzył procesów odpowietrzania. W tego typu systemie kondensat pozostaje tylko w fazie ciekłej. Przy niskich parametrach roboczych najlepszym rozwiązaniem jest stosowanie kolektorów otwartych. Oczywiście musimy liczyć się z utratą wartości ciśnienia, energii oraz temperatury. Istotna jest zatem prawidłowa izolacja zbiornika, by ciepło kondensatu zachowało jak najwyższą wartość. Jakie są zatem zalety systemów otwartych? Niska temperatura to łatwiejsze warunki do pracy pompom elektrycznym, wydłuża się ich żywotność i ułatwia serwisowanie. W przypadku stosowania pomp mechanicznych, możemy stosować medium przepychające kondensat w postaci pary wodnej lub powietrza. System ten jest również dużo prostszy do ogólnego zrozumienia.

W układach zamkniętych para wtórna nie jest odprowadzana na zewnątrz systemu i przemieszcza się wraz z kondensatem. Jego ciśnienie i temperatura jest wysoka, tak więc zawiera dużo więcej energii. Powszechnie w układach tych stosowane są zbiorniki pary wtórnej, dzięki którym odzyskujemy dodatkową parę, którą możemy ponownie wykorzystać. Należy pamiętać, by wystrzegać się uderzeń wodnych na linii powrotu kondensatu, w szczególności dotyczy to miejsc zetknięcia się pary wtórnej o wysokiej temperaturze z zimniejszym kondensatem lub

KONDENSAT NIE POWINIEN BYĆ KOSZTEM

Biorąc pod uwagę wszystkie rozważane w artykule kwestie, należy jeszcze raz podkreślić, że w kondensacie zawarta jest energia, która odpowiada 10 – 25% całkowitej energii pary wodnej. Ponadto kondensat niemal w 100% odpowiada parametrom wody kotłowej, a w przypadku, gdy zakład produkcyjny nie posiada linii powrotu kondensatu, strata ta musi być zbilansowana poprzez zwiększenie produkcji pary, przygotowanie wody, stosowanie dodatkowych środków chemicznych oraz zużycie surowca do pracy kotła. Co niemniej istotne – kondensat wylewany do ścieku generuje koszty związane z oczyszczalniami, a te często bywają większe niż woda bieżąca. Mądre zarządzanie kondensatem pozwala zatem zaoszczędzić znaczne nakłady finansowe oraz zwiększyć bezpieczeństwo produkcji zakładu.



Paweł Hoła

Absolwent Politechniki Śląskiej, od 2007 roku zawodowo zajmuje się armaturą przemysłową. W Intrulu pracuje na stanowisku kierownika Działu armatury przemysłowej, a do głównych jego zadań należy odpowiedni dobór urządzeń parowych

pod kątem technicznym.

Tel: 601 55 33 61