

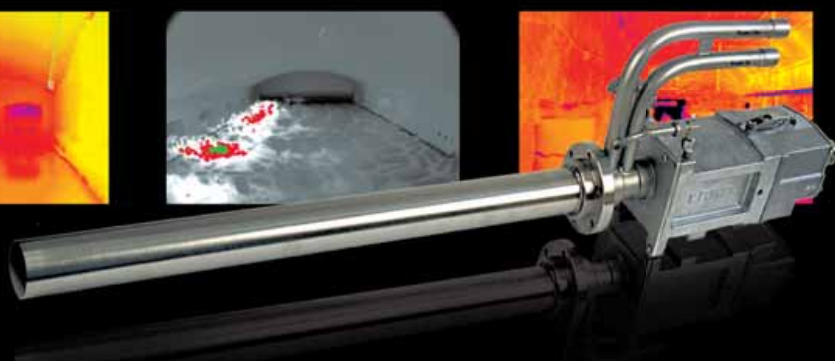
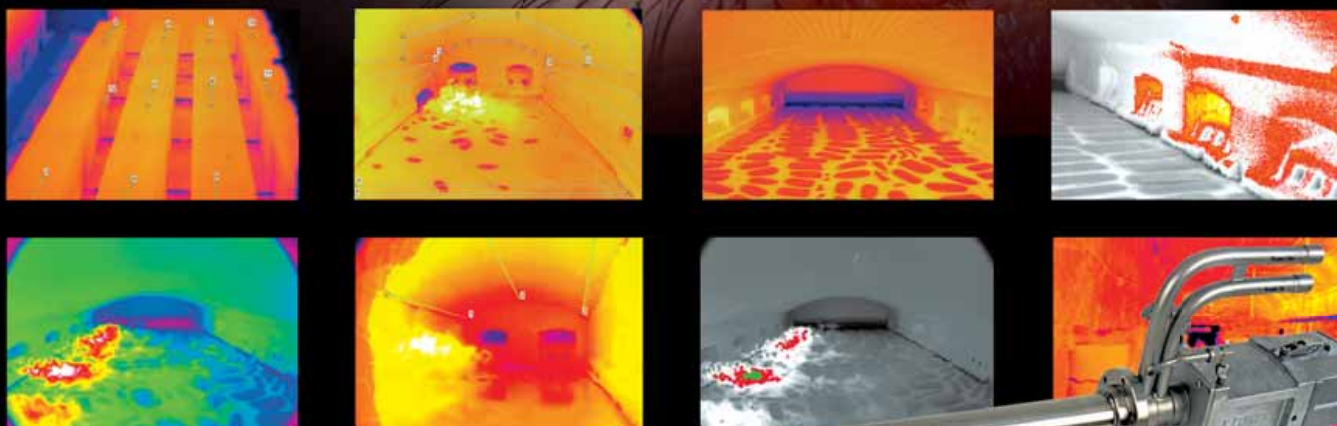
PodKontrola

automatyka i pomiary

wydawca:
Introl Sp. z o.o.

04/2020 (53)

PRAKTYCZNY PUNKT WIDZENIA



temat wydania

Ciągłe termowizyjne monitorowanie procesów w kotłach i piecach przemysłowych



akademia automatyki

Jakość pary w instalacjach przemysłowych – niezwykle ważne zagadnienie



dobra praktyka

Zabezpieczenie przed awarią kotła oraz turbiny parowej w cukrowni poprzez ciągłe monitorowanie zawartości sacharozy w kondensacie



temat wydania

Ciągłe termowizyjne monitorowanie procesów w kottach i piecach przemysłowych
Nowe generacje stacjonarnych wysokotemperaturowych
kamer termowizyjnych

str. 3



dobra praktyka

Zabezpieczenie przed awarią kotła oraz turbiny parowej w cukrowni
poprzez ciągłe monitorowanie zawartości sacharozy w kondensacie

str. 7



akademia automatyki

Jakość pary w instalacjach przemysłowych – niezwykle ważne zagadnienie

str. 9

od redakcji



Drodzy Czytelnicy!

Przed nami już ostatni w tym dziwnym roku numer naszego czasopisma. Zachęcając do lektury życzymy Państwu po prostu lepszego roku 2021. Niech będzie on lepszy, niech będzie normalny, spokojny i przewidywalny.

Czasy pandemiczne przyniosły spore zainteresowanie termowizyjnymi systemami pomiaru temperatury ciała człowieka. Jest to bardzo korzystne rozwiązanie do zdalnej kontroli gorączki osób wchodzących na obiekt. Jednak takie zastosowanie termowizji jest, mam nadzieję, chwilowe i wynika z nadzwyczajnych czasów jakie przyniósł nam ten rok. Termowizja ma przecież wiele więcej zastosowań, a dzięki jej ciągłemu rozwojowi wykorzystywana jest w coraz to nowszych aplikacjach. „Temat wydania” skupia się na przedstawieniu możliwości wysokotemperaturowych kamer termowizyjnych, które powoli zastępują standardowe systemy wizyjne w hutach szkła, energetyce i innych branżach. Dlaczego termowizja wypiera układy wizyjne? Tego dowiecie się Państwo czytając „Temat wydania”.

„Dobra praktyka” to tym razem relacja z wdrożenia w jednej z polskich cukrowni. W procesie

produkcji cukru, jednym z krytycznych zagrożeń jest pojawienie się sacharozy w wykorzystanej parze. Przeniknięcie sacharozy do pary skutkuje pojawieniem się kondensatu i oblepianiem kluczowych elementów procesowych. To stanowi zagrożenie dla całego procesu, niesie za sobą konieczności zatrzymania zakładu i może oznaczać zupełną klęskę całej kampanii. Właśnie dlatego Cukrownia Kruszwica szukała rozwiązania zabezpieczającego ich proces na wypadek pojawienia się sacharozy w parze wodnej. Udało się, o czym opowiada autor artykułu.

Tematyka pary wodnej jest także obecna w najnowszej „Akademii automatyki”. Autor w krótki i przystępny sposób opisuje najważniejsze zagrożenia jakie niesie za sobą niewłaściwa konserwacja systemów parowych. Autor charakteryzuje przy tym najważniejsze elementy armatury, które mają na celu zapewnienie prawidłowego działania każdego układu parowego.

Zapraszam do lektury
Wojciech Mutwicki
 wiceprezes zarządu

Ciągłe termowizyjne monitorowanie procesów w kotłach i piecach przemysłowych

Nowe generacje stacjonarnych wysokotemperaturowych kamer termowizyjnych

Termowizja została pierwotnie odkryta i wdrożona z myślą o celach wojskowych. Współczesny termowizyjny rozwój (detektorów, urządzeń itp.) upowszechnił jej zastosowanie w życiu codziennym dla celów budownictwa, diagnostyki przemysłowej, w samochodach w celu poprawy bezpieczeństwa. Coraz częściej jest również stosowana w ogólnodostępnych smartfonach, a ostatnio w automatycznych systemach do pomiaru temperatury ludzi podczas pandemii SARS-COV-2. Z drugiej strony, dzięki ciągłemu rozwojowi bardziej wyspecjalizowanych detektorów możliwe jest jej wprowadzanie w nowych zastosowaniach do kontroli i automatyzacji procesów produkcji przemysłowej, również tam, gdzie dotychczas analiza produkcji oparta była o procesowe kamery wizyjne. Przykładem takich nietypowych, nowatorskich rozwiązań są stacjonarne systemy termowizyjne do zastosowań w aplikacjach wysokotemperaturowych.

WSPÓŁCZESNE UKŁADY SPECJALISTYCZNE

Systemy wysokotemperaturowe ze względu na pomiar i analizę obiektów o wysokiej temperaturze, a także w celu uzyskania najwyższej czułości i dokładności pomiaru, wykorzystują odmienne niż powszechnie stosowane w diagnostyce detektory 8...14μm. Bazują one na wykorzystaniu wyselekcjonowanych detektorów o czułości spektralnej bliskiej podczerwieni na długości ok. 1 μm czyli tzw. NIR (Near Infrared Camera – kamera termowizyjna bliskiej podczerwieni). Ze względu na budowę wyróżnia się modele stacjonarne kompaktowe oraz bardziej zaawansowane z optyką tzw. boroskopową. Modele wziernikowe/boroskopowe stosuje się w celu wprowadzenia przez wymurówkę/obmurze. Układy boroskopowe zawierają wysokotemperaturową, termoodporną kamerę termowizyjną z wziernikiem o polu widzenia nawet 95°, dającą możliwość ciągłego monitoringu poprzez bardzo mały otwór w ścianie pieca lub kotła.



Dzięki zastosowaniu chłodzenia wodnego i/lub powietrznego możliwe jest stacjonarne zamocowanie kamery do pracy ciągłej 24/7. W celu dodatkowego zabezpieczenia przed przegrzaniem kamery wyposażone są w układy automatycznego wycofywania (pneumatycznego lub elektrycznego) boroskopu z pieca w przypadku awarii chłodzenia.



▶ Boroskopowa kamera termowizyjna LAND NIR B 2K

Wycofywanie pneumatyczne stosuje się tam, gdzie dodatkowo występuje wysoka temperatura otoczenia. Wycofanie elektryczne stosuje się natomiast w przypadku, gdy mamy ograniczony dostęp do powietrza/azotu o wysokim ciśnieniu. Oba rozwiązania pozwalają na wyjazd kamery z pieca nawet przy braku chłodzenia i/lub zasilania.

Współczesne modele bazują na wysokich rozdzielczościach 3 mln pikseli dając gigabitowy transfer danych, co jest nie lada wyczynem w przypadku kamer termowizyjnych (dla porównania standardowa kamera termowizyjna to rozdzielczość z reguły nieprzekraczająca 0,3 mln Pikseli).

Na przykładzie boroskopowej kamery termowizyjnej LAND NIR B 2K można przedstawić poszczególne jej części:

- 1 wysokowydajny układ chłodzenia wodą
- 2 kołnierz montażowy
- 3 dodatkowy termoelement w końcówce NIR-B-2K
- 4 optyka o szerokim kącie widzenia 95°×71°
- 5 długość sondy/wziernika dobrana do aplikacji
- 6 wbudowane oczyszczanie optyki powietrzem/azotem

◀◀ Stacjonarna kamera termowizyjna LAND NIR FTI 1000 z opcjonalną dodatkową obudową ochroną z chłodzeniem



▶ LAND NIR-B 2K AR z wycofywaniem elektrycznym



LAND NIR B 2K PAR
z wycofywaniem pneu-
matycznym



PIECE SZKLARSKIE/ PIECE DO TOPIENIA

W procesach topienia przy produkcji szkła płaskiego, opakowaniowego lub wełny mineralnej powszechnie od wielu lat były stosowane boroskopowe kamery wizyjne. Obecnie coraz częściej zastępowane są przez boroskopowe kamery termoodporne – termowizyjne. Oceniam, że najpóźniej w ciągu najbliższej dekady zostaną one całkowicie zastąpione przez układy termowizyjne w polskich hutach szkła.

Układy termowizyjne NIR dają obraz praktycznie identyczny, a nawet lepszy kontrastowo niż kamery wizyjne. Ponadto wykonują one pomiary temperatury oraz dają wiele dodatkowych informacji o procesie – niemożliwych do zauważenia „gołym okiem” lub przy użyciu kamery wizyjnej. Te dodatkowe informacje to:

- pomiar temperatury szkła
- pomiar on-line temperatury ogniotrwałych ścian i łuków portowych palników, sklepienia



Zobacz działanie boro-
skopowej kamery NIR

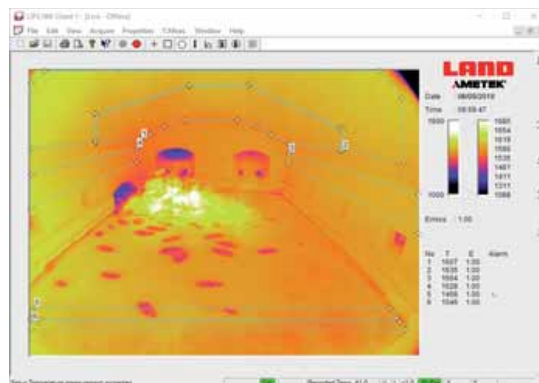


Zabudowana na piecu
szklarskim kamera ter-
mowizyjna LAND NIR
B AR z elektrycznym
układem wycofywania
w miejscu poprzednio
stosowanej kamery
wizyjnej

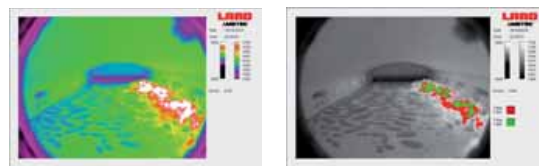


- podgląd wnętrza pieca w czerni i bieli dla symulacji widoku kamery wizyjnej
- detekcja nieszczelności objawiająca się jako „zimne” obszary, detekcja pęknięć strukturalnych
- wizualizacja rozmieszczenia płomienia z każdego portu (analiza widmowa)
- zwiększenie wydajności pieca przez ciągły pomiar temperatury i długoterminowej analizy trendów
- analiza procesu spalania w celu zmniejszeniu NO_x
- automatyczna, bez udziału operatora, kontrola stopienia wsadu do pieca (batch controlling).

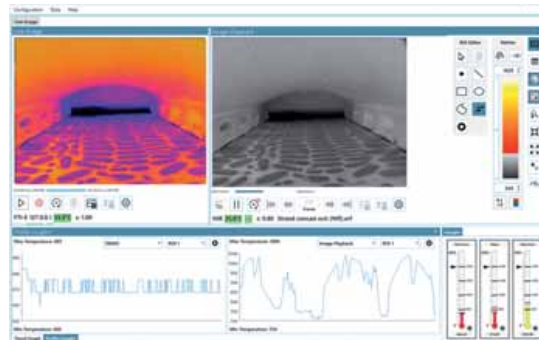
Za te oraz inne cechy układ pomiarowy LAND NIR odznaczony został tytułem „Innovative Solution” Glass Focus Award 2017.



Przykład analizy on-line temperatury materiałów ogniotrwałych oraz linii wsadu (batch line)



Kontrola pracy palników – analiza rozmieszczenia płomienia oraz detekcja NO_x



Zaawansowane oprogramowanie ImagePro Glass dedykowane dla hut szkła - kontrola on-line i analiza postprocesowa off-line

PIECE GRZEWcze

– WALCOWNIE, KUŹNIE, TŁOCZNIE

Większość hut i kuźni metali wykorzystuje przemysłowe piece grzewcze do wygrzewania półproduktów (kęsy, kęsiska) celem osiągnięcia temperatury roboczej przed dalszą obróbką w procesach walcowania, kucia, tłoczenia. Aby uzyskać optymalną jakość i zmniejszyć straty, temperatura powinna być jednolita w całym półprodukcie, a zarazem powtarzalna. Wymaga to dokładnego monitorowania temperatury/trajektorii ogrzewania.

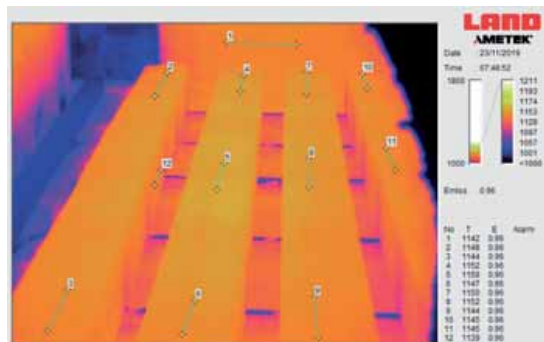
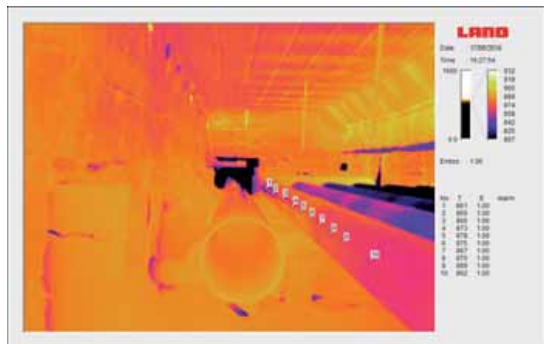


Tradycyjnie stosowane, relatywnie tanie termopary instalowane w dachu lub ścianie pieca mierzą temperaturę atmosfery wewnątrz pieca – na tej podstawie następuje jego sterowanie, czasem uzupełnione dodatkowo o modelowanie matematyczne. Jednak termopary nie potrafią zmierzyć temperatury wsadu przepuszczanego przez piec (wykluczając pewne specyficzne rozwiązania stosowane do poprawności nastaw lub poprocesowej analizy). Czasami wykorzystywane są kamery wizyjne tylko do kontroli prawidłowej traktacji przesuwu w piecu pokrocznym / przepychowym (przeciwdziałanie zakleszczeniom).

Wraz ze wzrostem wymagań jakościowych oraz koniecznością eliminacji awaryjnych przestojów, firmy przechodzą na termowizyjne systemy boroskopowe kontroli wygrzewania w piecu. W tych aplikacjach wykorzystywane są modele LAND NIR B 2K lub bardziej zaawansowane LAND FTI-Eb cechujące się możliwością penetracji przez płomień (dotyczy głównie pieców opalanych „ciężkimi paliwami” jak olej opałowy, diesel, brudny gaz, gaz+olej). Łączą one w sobie podgląd wizyjny on-line wewnątrz pieca dla operatora oraz pomiar rozkładu temperatury kilku półproduktów jednocześnie (nie tylko pomiar punktowy), zastępując lub uzupełniając obecnie wykorzystywane techniki. Dla uzyskania wysokiej dokładności systemy te posiadają funkcję automatycznego pomiaru temperatury tła i kompensacji odbicia promieniowania IR (radiacji) od wewnętrznych ścian pieca. Dane temperaturowe mogą być przekazywane do systemu sterowania piecem. Natomiast pełne dane termowizyjne automatycznie są archiwizowane dla działu kontroli jakości i usprawniania procesu.

Zadania stawiane boroskopowym stacjonarnym kamerom termowizyjnym LAND NIR B 2K oraz FTI-Eb:

- optymalizacja prowadzenia procesu
- oszczędność energii / zmniejszenie zużyciu paliwa
- oszczędność materiału
- zwiększenie wydajności i skrócenie przestojów
- poprawa wydajności produkcji i żywotności paleniska obniżając temperaturę pieca



- umożliwienie jednoczesnego pomiaru wielu obiektów w różnych lokalizacjach
- pomiar profilu temperaturowego w całym składzie metalu
- integracja z systemami sterowania i monitorowania kontroli pracy pieca.

PIECE OBROTOWE

Piec obrotowy jest specyficznym piecem do wypalania klinkieru, wapna, rud żelaza, glinu, materiałów ogniotrwałych, ołowiu i innych. Materiał jest poddawany obróbce poprzez ciągłe obracanie rurowego pieca o długości kilka/kilkadziesiąt metrów (czasem nawet >100 m). Jedną z krytycznych stref w piecu jest strefa spiekania np. klinkieru, w której przebiega zasadniczy proces transformacji C_2S do C_3S w temperaturze około 1250–1450°C (w zależności od procesu/materiału może być inna). Miejsce tej strefy na długości pieca oraz jej temperatura musi być znana i ściśle kontrolowana. Czasem operator tylko po granulacji/wyglądzie materiału w tej strefie jest w stanie ocenić czy proces przebiega prawidłowo. Dlatego z punktu prowadzenia procesu zasadniczym staje się stosowanie urządzeń pomiarowych LAND NIR Bore-scope, które wykonują pomiary temperatury z jednoczesnym podglądem obrazu (o jakości znacznie przewyższającym kamery wizyjne). Niemniej jednak uzyskanie dobrej jakości obrazu jest tutaj nie lada wyzwaniem, gdyż ciągłe obracanie pieca i ruch materiału powoduje bardzo duże zapylenie, a stosowanie do opalania pyłu węglowego oraz coraz częściej paliwa alternatywnego z odpadów znacznie ogranicza widoczność we wnętrzu pieca. Wówczas należy stosować model LAND FTI-Eb z funkcją penetracji przez płomień i zadymienie. Montaż boroskopu kamery wykonuje się od strony palnika umożliwiając analizę klinkieru, płomienia, wymurówki pieca (detekcja uszkodzeń), nagromadzenia się popiołów/ pyłów.

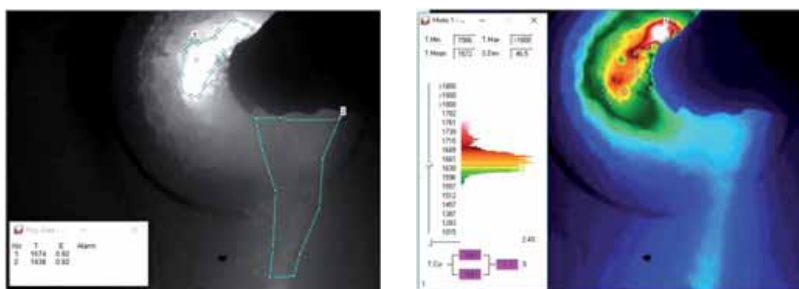
Obraz NIR z pieca opalanego gazem i olejem (u góry) oraz obraz z tego samego pieca w tym samym czasie z kamery LAND FTI-Eb – funkcja penetracji przez płomień (na dole)



Zobacz kamerę Land w piecu grzewczym walcowni

Piec do wygrzewania rur w obrazie termowizyjnym (pomiar temperatury w dowolnym miejscu obrazu)

Unikatowe rozwiązanie dla dokładnego profilowania temperatury wsadu w piecu grzewczym



Obraz termowizyjny z pomiarem temperatury w paletce barw czarno-białej dla zwiększenia jakości obrazu dla oka (po lewej) oraz obraz termowizyjny z analizą jądra płomienia (po prawej)

Kamera LAND NIR B AR z elektrycznym układem wycofywania zabudowana od strony palnikowej pieca obrotowego

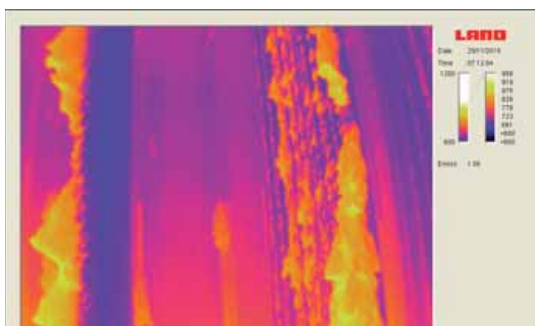


ENERGETYKA PRZEMYSŁOWA ORAZ SPALARNIE ODPADÓW

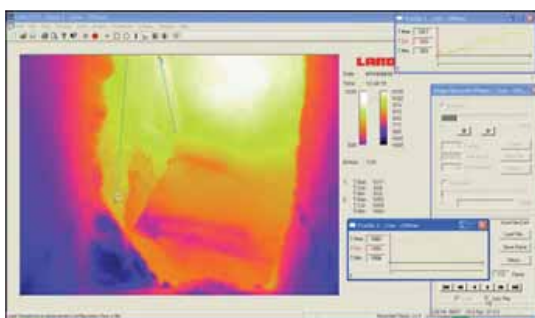
Układy termowizyjne LAND AMETEK mogą dostarczać informacji na temat tego, co się dzieje w kotle gazowym, pyłowym lub biomasowym. W takich przypadkach najczęściej chodzi o analizę usytuowania płomienia (jądra płomienia) celem najefektywniej

Kontrola procesu utylizacji odpadów niebezpiecznych (drób) na palenisku przy użyciu kamery termowizyjnej LAND FTI-Eb

Analiza stanu ożużłowania / zapobiegania orurowania kotła



Analiza działania palników i rozmieszczenia płomienia



Zobacz Webinarium – poprawa wydajności oraz kontroli procesu w piecach i kottach

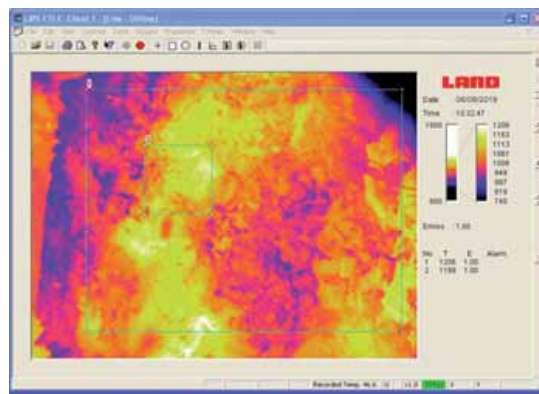
niejszego przekazywania ciepła, ale także eliminacji ryzyka uszkodzenia palników lub ekranów kotła. Dodatkowo ocenie poddawany jest stan zaszlakowania orurowania, który znacznie redukuje przekazywanie ciepła do wody kottowej.

W przypadku dużych kotłów /komór spalania bardzo trudno

jest objąć polem widzenia cały lub większy obszar kotła, dlatego w tych przypadkach często stosowane są układy termowizyjne LAND PFTIS (Portable Furnace Thermal Imaging System) do krótkotrwałych pomiarów badawczych.

Do dłuższej analizy w wybranym miejscu kotła stosuje się stacjonarne boroskopowe kamery pomiarowe NIR B2K lub FTI-Eb z pełnym układem chłodzenia. Oba układy mają znacznie większą zdolność penetracji przez zadymioną i zapyloną atmosferę komory spalania w porównaniu do kamer wizyjnych. Analiza ognia i płomienia w komorze spalania kotła za pomocą termowizyjnego układu LAND NIR została szerzej opisana przez zespół Dr. Steffen Grieba, Helmut Bischoff, Dr. Thomas Brunne, Gerd Stecklina, Frank Pache w artykule „FEUERUNGS- UND FLAMMENBEWERTUNG MIT NEUEN MESSTECHNIKEN”.

W przypadku spalarni odpadów (w szczególności medycznych, padłych zwierząt, niebezpiecznych) chodzi o spopielenie materiału wsadowego w taki sposób, aby było one zupełne, ale w możliwie ograniczonym czasie, tak aby cały proces był możliwie najbardziej efektywny. Przykład kontroli takiego spalania przedstawia zdjęcie poniżej.



PODSUMOWANIE

Ciągły rozwój stacjonarnych układów termowizyjnych pozwala na ich stosowanie w coraz to nowszych aplikacjach, nawet w bardzo trudnych warunkach (wysoka temperatura, zadymienie, zapylenie). Początkowo były one stosowane w działach badań i rozwoju, jednak obecnie uzupełniają lub nawet zastępują pomiarowe techniki kontroli procesu. Oczywiście ich zastosowanie musi być uzasadnione zarówno technicznie, jak i ekonomicznie, bo konkurują z powszechnie dostępnymi i sprawdzonymi, tradycyjnymi urządzeniami pomiarowymi. Z drugiej strony układy termowizyjne dają o wiele więcej informacji o procesie niż tylko pomiar temperatury, a w przyszłości mogą być sprzęgnięte z systemami autonomicznymi, z elementami sztucznej inteligencji.

Marek Ostrycharz

Absolwent Wydziału Inżynierii Środowiska i Energetyki Politechniki Śląskiej w Gliwicach, o specjalności Siłownie Ciepłne oraz Maszyny i Urządzenia Energetyczne. W Introlu pracuje od 2008 roku, jako Menadżer Produktu Kluczowego w dziale bezkontaktowych pomiarów temperatury. Zajmuje się m.in. doborem, realizacją oraz wdrożeniami układów pirometrycznych i termowizyjnych w aplikacjach przemysłowych.

tel. 32 789 00 27



Zabezpieczenie przed awarią kotła oraz turbiny parowej w cukrowni poprzez ciągłe monitorowanie zawartości sacharozy w kondensacie

Przerób buraków cukrowych w trakcie kampanii zajmuje zwykle od 3 do 4 miesięcy w roku. Jest to intensywny czas wyťažonej pracy całego zakładu, a każda awaria może powodować ogromne straty. Z tego względu stosowanie urządzeń pomiarowych umożliwiających wczesne wykrycie zagrożeń mogących doprowadzić do przestojów wydaje się być na wagę złota. Jednym z takich niewrażliwych miejsc jest kontrola kondensatu na zawartość sacharozy. W niniejszym artykule przybliżę metodę, która zapewnia natychmiastową, bezpośrednią i wiarygodną informację o minimalnych zawartościach sacharozy w kondensacie.

SACHAROZA I PARA

Zanim powstanie cukier konieczne jest przeprowadzenie procesu ekstrakcji sacharozy z buraków lub trzciny cukrowej. W wyniku tego procesu otrzymujemy półprodukt nazywany sokiem/syropem. Następnie poprzez kolejne etapy produkcji sok ten doprowadzany jest do stanu, z którego w procesie krystalizacji w warunkach otrzymujemy pożądane kryształki. Na wielu etapach tego procesu produkcyjnego wykorzystywana jest para. Generuje to ryzyko, iż w przypadku powstania nieuszczelnności na instalacji dojdzie do przerzutu sacharozy do pary, a w efekcie, po jej skropleniu, do kondensatu. W cyklu zamkniętym, w którym kondensat wędruje do walczaka kotła parowego, sacharoza, która dostawała się do medium może powodować oblepianie rurek w walczaku lub na sitach parowych, doprowadzając do awarii i przestoju całego zakładu. Stanowi to jedną z najważniejszych awarii w przemyśle cukrowniczym.

Aby nie doprowadzić do uszkodzenia kotła lub turbiny niezbędna jest kontrola poziomu zawartości sacharozy w kondensacie. Zastosowana do tego celu metoda pomiarowa powinna charakteryzować się wysoką czułością oraz szybkim czasem odpowiedzi. W różnych normach można doszukać się różnych wartości mówiących o dopuszczalnych wartościach sacharozy w kondensacie. Aby nie wprowadzać zamieszania należy uznać, iż w warunkach optymalnych stężenie sacharozy w kondensacie nie powinno przekraczać 1 ppm. Jednocześnie czas odpowiedzi układu powinien być możliwie najkrótszy, tj. liczony w pojedynczych sekundach. Tyle teorii, a w praktyce to właśnie znalezienie złotego środka – kompromisu pomiędzy szybką reakcją, a niskim punktem detekcji staje się nie lada wyzwaniem.

Zaproszenie do współpracy w zakresie znalezienia odpowiedniej metody pomiarowej oraz przeprowadzenia testów otrzymaliśmy z Cukrowni w Kruszwicy należącej do Krajowej Spółki Cukrowej S.A. Poszukując rozwiązania dla tak postawionych wymagań naszą uwagę skierowaliśmy na fotometryczny pomiar barwy kondensatu bezpośrednio na instalacji. Metoda ta jest właśnie takowym złotym środkiem – zapewnia szybki czas reakcji przy zachowaniu akceptowalnego poziomu czułości. Duże znaczenie dla Cukrowni miał również fakt, że, w odróżnieniu od innych metod, fotometry nie wymagają skomplikowanej obsługi i dodatkowych części eksploatacyjnych.

Najodpowiedniejsza do tego celu okazała się współpraca w tym zakresie z niemiecką firmą optek-Danulat, która od ponad 30 lat projektuje, rozwija i dostarcza fotometry procesowe znajdujące zastosowania w wielu branżach, w tym w branży cukrowniczej. Ponieważ już

przy wstępnych rozważaniach, punkt detekcji poniżej 1 ppm (przy zachowaniu krótkiego czasu reakcji) wydawał się nierealny do osiągnięcia, zostało ustalone, iż czułość na poziomie 10 ppm będzie satysfakcjonująca dla cukrowni. Ale zanim o testach, pozwolę sobie na kilka słów o samych fotometrach.

POMIARY FOTOMETRYCZNE

W portfolio firmy optek-Danulat znajdują się zarówno urządzenia pracujące w zakresie światła ultrafioletowego (UV), widzialnego (VIS) oraz bliskiej podczerwieni (NIR). Każdy z zakresów pomiarowych przeznaczony jest do innego typu zadań i tak zakres UV w głównej mierze stosowany jest do pomiaru gęstości optycznej, zakres VIS do określania barwy medium, a NIR do pomiaru mętności.

Z uwagi na specyfikę aplikacji – zmianę barwy kondensatu pod wpływem znajdującej się w nim sacharozy – testy prowadzone były z wykorzystaniem fotometru pracującego w zakresie VIS. Spektrum tego zakresu światła według nomenklatury producenta obejmuje długości fal od 385 nm do 690 nm.

Zasada pomiaru fotometru opiera się na prawie Lamberta-Beera, które mówi, iż pochłanianie fal elektromagnetycznych (absorbancja) przez medium jest wprost proporcjonalne do grubości warstwy medium (tzw. drogi optycznej), przez które przechodzi fala oraz stężenia badanej substancji (w naszym przypadku zawartość sacharozy w kondensacie).

Ważnym aspektem, który należy brać pod uwagę w tego typu pomiarach jest występowanie w mierzonym medium cząsteczek stałych tworzących zawiesinę (mętność). Jest to sytuacja nie do uniknięcia w rzeczywistej aplikacji. Pojawiające się zmętnienie wprowadza dodatkowe błędy pomiarowe, ponieważ zawieszone w medium cząsteczki mogą dodatkowo absorbować i rozpraszają falę świetlną. W celu uniknięcia tych błędów, optek-Danulat posiada w swojej ofercie również fotometry z sondą AF26 pozwalające na pomiar barwy z jednoczesną kompensacją od zmętnienia.

Taki fotometr składa się z armatury (komory pomiarowej), przez którą przepływa mierzony medium, dwóch ramion zwanych sondą oraz konwertera. Ramiona sondy to odpowiednio lampa, źródło światła umożliwiające prześwietlenie próbki oraz detektor skalibrowany do pomiaru przy jednej wyspecyfikowanej długości fali świetlnej, zgodnie



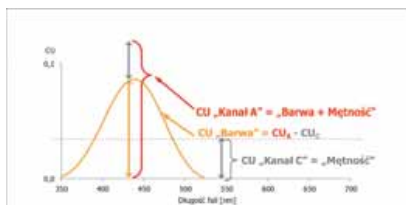
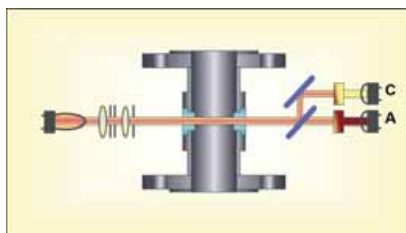
Rysunek 1
Spektrum światła VIS



Rysunek 2
Przykładowy fotometr procesowy optek-Danulat



Rysunek 3
Schemat działania fotometru z sondą AF26



Rysunek 4
Zależności pomiarowe dwóch kanałów fotometru

z wymaganiami danej aplikacji. W przypadku sondy AF26 mamy jeszcze dodatkowy kanał do kompensacji zmętnienia, co schematycznie zostało pokazane na rysunku 3.

Kompensacja od zmętnienia w kanale drugim odbywa się poprzez pomiar absorpcji światła przy długości fali świetlnej dobranej w obszarze, w którym barwa medium nie ma wpływu na pomiar. Zależności pomiarowe dla obu kanałów sondy zostały przedstawione na wykresie na rysunku 4.

Komora pomiarowa w miejscu montażu ramion ma wbudowane odporne na zarysowania okienka szafrowe, umożliwiające przepuszczanie światła od lampy do detektora.

Konwerter C4000 umożliwia zasilanie lampy oraz odbiór wyników pomiarowych z detektora. Zmierzone

wartości mogą być prezentowane bezpośrednio na wyświetlaczu konwertera lub przesyłane do systemu sterowania w postaci sygnału analogowego 4...20 mA lub cyfrowych Profibus lub Fieldbus.

TESTY

Jak pisałem wcześniej, przy pomiarach fotometrycznych istotna jest właściwa długość drogi optycznej. Teoretyczne rozważania nad odpowiednim jej doбором oparliśmy na doświadczeniu z istniejących już w Cukrowni w Kruszwicy aplikacjach, w których produkty firmy optek-Danulat od dawna są wykorzystywane do określenia barwy syropu standard czy odcieku za wirówkami. W tych aplikacjach stosowanym rozwiązaniem jest sonda pomiarowa AF26 pracująca przy długości fali świetlnej 420 nm zgodnie z wytycznymi komitetu ICUMSA. Natomiast droga optyczna dobierana jest w zależności od zakresu pomiarowego, jednak zwykle nie przekracza 40 mm.

Należy pamiętać, że o ile barwa tych mediów wyraźnie charakteryzuje się barwą żółtą o tyle śladowe zawartości sacharozy w kondensacie są niedostrzegalne gołym okiem. Naszym celem była detekcja sacharozy na poziomie 10 ppm. Biorąc to pod uwagę, pierwsze testy postanowiliśmy przeprowadzić przy znacznie dłuższej drodze optycznej wynoszącej 160 mm, pozostając przy długości fali świetlnej 420 nm.

Niestety szybko okazało się, że czułość takiego rozwiązania kończy się na 100 ppm, co daleko odbiegało od przyjętych założeń i było nie do przyjęcia jako niezawodny układ zabezpieczający. W drodze konsultacji z firmą optek-Danulat, na podstawie dostarczonych wyników z dotychczasowych testów przez Cukrownię w Kruszwicy, producent zasugerował wydłużenie drogi optycznej do 500 mm. Jednocześnie zadeklarował wypożyczenie do dalszych testów sensor pracujący przy długości fali świetlnej 385 nm. To miało zapewnić znacznie większą czułość systemu.

Po dokonaniu modernizacji instalacji testowej i zamontowaniu nowej sondy oraz komory pomiarowej

pierwsze wyniki dawały nadzieję na osiągnięcie sukcesu. Należy też wspomnieć, że do celów testowych nie lada wyzwaniem okazało się przygotowanie próbek o stężeniach poniżej 100 ppm. W tym celu konieczne było użycie metod wagowych oraz tzw. schematu krzyżowego.

Wyniki pomiarowe kolejnych próbek o stężeniu 50 ppm i 20 ppm były na tyle obiecujące, że bez obaw o rezultat przystąpiliśmy do przygotowywania próbki o stężeniu 10 ppm. Jak się okazało przeprowadzenie tej próby było tylko formalnością. Odpowiedź układu była na tyle duża, że nie pozostawiała wątpliwości, iż czułość fotometru jest na oczekiwanym poziomie.

Oczywiście przy tak dobrych wynikach od razu pojawiło się pytanie – to jaką rzeczywiście czułość układu możemy osiągnąć? Odpowiedzią jest zapis trendu z Cukrowni w Kruszwicy, który przedstawiony jest na rysunku 5. Wyraźny sygnał o pojawieniu się sacharozy w kondensacie jest tu już na poziomie 3 ppm.

Przeprowadzone testy jednoznacznie potwierdziły zasadność zastosowania fotometru firmy optek-Danulat w układzie detekcji śladowych zawartości sacharozy w kondensacie. Spełniając tym samym stawiane na wstępie wymagania co do czułości i szybkości odpowiedzi.

PODSUMOWANIE

Wzajemna współpraca pomiędzy firmą Intral będącą dostawcą technologii, niemieckiej firmy optek-Danulat oraz Cukrownią w Kruszwicy należącej do Krajowej Spółki Cukrowej S.A. kolejny raz zaowocowała sukcesem. System w oparciu o dwie sondy AF26 oraz konwerter C4000 jest już wdrożony. Od tegorocznej kampanii zabezpieczenia Cukrownię w Kruszwicy przed awariami kotłów i turbin parowych.



Cieszę się, iż mogłem brać udział w tak ciekawym projekcie. Jednocześnie serdecznie dziękuję za ogromne zaangażowanie ze strony pracowników Cukrowni w Kruszwicy. Tu pragnę zwrócić uwagę, że firma optek-Danulat, oprócz testowanej komory pomiarowej o długości drogi optycznej 500 mm, posiada również rozwiązania z drogą optyczną 1000 mm. Czy moglibyśmy osiągnąć wyniki na poziomie ppb? To się jeszcze okaże. Zapraszam do kontaktu wszystkie osoby zainteresowane fotometrycznymi pomiarami barwy, gęstości i mętności.

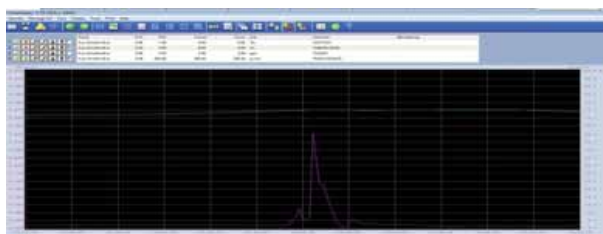
Grzegorz Gruszka

Absolwent Politechniki Śląskiej w Gliwicach, na Wydziale Automatyka, Elektronika i Informatyka, o specjalności Aparatura elektroniczna. W Intralu pracuje od 2005 roku, obecnie na stanowisku kierownika działu pomiarów fizykochemicznych.

tel. 32 789 00 63



Rysunek 5
Zapis trendu z pomiaru sacharozy



Jakość pary w instalacjach przemysłowych – niezwykle ważne zagadnienie

Różnego typu urządzenia do oczyszczania oraz osuszania pary wodnej mają za zadanie eliminowanie nie tylko zanieczyszczeń w postaci cząstek stałych, ale również pozbywają się zgromadzonej (skondensowanej) wody z rurociągów przesyłowych. Dlatego tak ważne jest regularne dbanie, serwisowanie i czyszczenie armatury poprawiającej jakość pary w zakładzie. Niestety zagadnienie to jest często traktowane po macoszemu, co w konsekwencji dalszego eksploataowania instalacji doprowadza do przestojów, a nawet poważnych uszkodzeń. One z kolei mogą powodować ogromne straty dla zakładów produkcyjnych. Mając na uwadze istotność problemu i skalę jego zagrożenia chciałbym przypomnieć jak ważnym zagadnieniem jest czystość pary wodnej, która tak szeroko wykorzystywana jest w wielu przemysłowych zakładach produkcyjnych.

ZAGROŻENIE CZAI SIĘ W PARZE

Przesyłana do odbiorników za pomocą rurociągów przesyłowych para kondensuje, co jest powodem pojawiania się w nich cząstek wody, czyli kondensatu. Ilość tej wody największa jest zawsze przy

z prowadzonego przestoju niezbędnego do wykonania naprawy, bądź wymiany uszkodzonych elementów instalacji. Dlatego tak ważne jest staranne projektowanie i modernizowanie instalacji parowych tak, by były one należycie odwadniane i oczyszczane.



Rys. 1
Uszkodzenia armatury
wywołane uderzeniami
wodnymi

rozruchu instalacji w momencie, gdy rurociąg jest zimny i wymaga wygrzania. Jeśli w zakładzie wykorzystywana jest para wodna nasycona, nieuniknione jest pojawianie się kondensatu. Płynący w rurociągach kondensat razem z parą wodną niesie ze sobą wiele zagrożeń i niebezpieczeństw.

Rozpędzona do dużych prędkości woda może powodować uderzenia wodne, co w konsekwencji może doprowadzić do kosztownych, a zarazem bardzo niebezpiecznych dla załogi uszkodzeń. Gdy do rozpędzonego kondensatu dojdą również zanieczyszczenia stałe (np. elementy uszkodzonej armatury, maszyn czy naloty powstające w rurociągu przesyłowym) sytuacja staje się trudna do opanowania. Wszelkiego rodzaju armatura jak zawory regulacyjne, kolana, przewężenia, zaczynają być „bombardowane” przez mieszaninę pary, kondensatu i zanieczyszczeń stałych. Taka mieszanka drastycznie skraca żywotność całego układu, a na domiar złego nie widać jej erozyjnej działalności od zewnętrznej strony rurociągu czy armatury.

Proszę sobie wyobrazić, co by się stało z piaskowanym gniazdem czy grzybem zaworu. W bardzo szybkim okresie czasu doszłoby do jego uszkodzenia oraz utraty szczelności. O ile podstawowe elementy rurociągu jak kolana, zwężki czy nawet zawory odcinające nie należą do najdroższych, to należy mieć na uwadze, że zawory regulacyjne, reduktory ciśnienia pary, regulatory temperatury czy same maszyny stanowią bardzo kosztowne wyposażenie hali produkcyjnej. Do tego dochodzą jeszcze straty wynikające

FILTROWANIE

Najczęściej spotykanymi na instalacjach pary wodnej są standardowe filtry (osadniki) typu Y z nierzewnąym wkładem siatkowym (Rys.2)

W zależności od wybranego stopnia filtracji (gęstości siatki), osadniki tego typu zapewniają mniej lub bardziej dokładne oczyszczanie danego medium.



Rys. 2
Filtry siatkowe typu Y

Na rynku dostępne są typowe filtry, które zatrzymują zanieczyszczenia wielkości od 0,25 do 1,6 mm. Taka wielkość odseparowywanych zanieczyszczeń zapewnia poprawną pracę większości układów przemysłowych. Należy jednak pamiętać o regularnej inspekcji oraz czyszczeniu filtrów celem zapewnienia maksymalnej przepustowości i wydajności instalacji. Żeby nie było tak łatwo, są również specyficzne gałęzie przemysłu wymagające specjalnych, dedykowanych rozwiązań filtracyjnych do pary czystej. Para bardzo wysokiej jakości wymagana jest z pewnością w przemyśle spożywczym, farmaceutycznym, browarniczym i niejednokrotnie chemicznym. Wszędzie, gdzie para wodna ma bezpośrednią styczność z produktem końcowym, konieczne jest stosowanie odpowiednich filtrów. Jednym z produktów dedykowanych na takie aplikacje jest filtr pary czystej typu ASF (Rys. 4) firmy Armstrong International.

powoduje zmniejszenie sprawności cieplnej całego układu, co w konsekwencji prowadzi do zwiększonych kosztów utrzymania zakładu.

Podstawowym urządzeniem do odprowadzania kondensatu z linii przesyłowej pary wodnej jest odwadniacz. Na rynku dostępnych jest wiele rodzajów odwadniaczy (dzwonowe, pływakowe, termodynamiczne, termostatyczne i kryzowe). W różnych miejscach instalacji parowej stosuje się dane typy odwadniaczy. W maszynach produkcyjnych najczęściej spotkać można odwadniacze termodynamiczne i termostatyczne, ze względu na ich małe gabaryty oraz niewielką wagę. Z kolei do odprowadzania rurociągów przesyłowych stosuje się najczęściej odwadniacze dzwonowe bądź pływakowe, gdyż charakteryzują się dużą wydajnością. By odwadniacz mógł pracować prawidłowo, nie należy zapominać o konieczności odpowiedniego wykonania rurociągu przesyłowego.

Rys. 4.
Obudowa filtra pary
czystej ASF



Rys. 5.
Wkład filtracyjny
siatkowy



Rys. 6.
Wkład filtracyjny
spiekany



Filtr ASF wykonany jest w całości ze stali nierdzewnej, natomiast wersja z przyłączami sanitarnymi Tri-clamp dodatkowo jest polerowana do wartości $Ra=32$. Z kolei wkład spiekany ze stali nierdzewnej 316L (Rys. 6) może być wykonany w trzech wariantach filtracji: 1; 5 oraz 25 mikrometrów. Dodatkowym atutem jest możliwość czyszczenia wkładu, co zmniejsza koszty operacyjne. Proces ten może zostać przeprowadzony różnymi metodami – dopuszczalne jest płukanie zwrotne, czyszczenie ultradźwiękowe oraz czyszczenie chemiczne. Tam, gdzie wymagany jest wysoki przepływ medium można zastosować wkład filtracyjny siatkowy (Rys. 5). Filtr ten sprawdzi się również w aplikacjach, gdzie wymagany jest niewielki spadek ciśnienia.

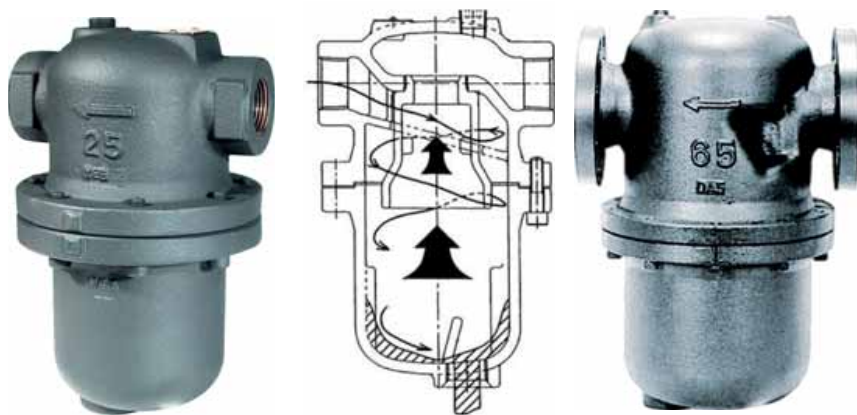
Rys. 7.
Kieszeń odwadniająca



W miejscu, gdzie oprowadzany ma być kondensat należy wykonać odpowiedniej średnicy (zależnie od średnicy rurociągu) kieszeń odwadniającą (Rys. 7), do której kondensat będzie napływał grawitacyjnie. Odwadniacz jest ostatnim elementem układu odwadniania, a jego zadaniem jest automatyczne odprowadzanie zgromadzonej w kieszeni odwadniającej, skondensowanej wody. Dalej kondensat (w zależno-

ODWADNIANIE

Kolejnym, po oczyszczeniu, niezmiernie ważnym etapem w przesyłce pary wodnej jest jej odpowiednie osuszenie, czyli usunięcie zgromadzonego w rurociągach przesyłowych kondensatu. Kondensat, który nie zostanie usunięty z instalacji



ści od budowy instalacji) prowadzony jest do linii powrotnej celem jego ponownego wykorzystania lub odprowadzany jest do kanalizacji.

Najefektywniejszą metodą odwaniania rurociągu jest zastosowanie separatora cyklonowego (Rys. 8). Jego budowa wewnętrzna wymusza na przepływającej parze ruch wirowy, który dzięki sile odśrodkowej „wyrzuca” drobinki wody i zanieczyszczeń w kierunku bocznej ścianki. Dzięki temu uzyskujemy parę bardzo dobrej jakości. Osobiście polecam separatory cyklonowe DS-1 oraz DS-2 firmy Armstrong International. Separatory te charakteryzują się bardzo wysoką sprawnością (98%) oraz odprowadzają drobinę o wielkości $\geq 10\mu\text{m}$. Kolejną z ich zalet jest również bardzo mały spadek ciśnienia, co eliminuje niepotrzebne straty. Ponadto separatory nie posiadają wewnątrz żadnych ruchomych części, co znacznie wydłuża ich bezawaryjną pracę oraz zmniejsza koszty utrzymania instalacji. Skoro separatory mają tyle zalet, dlaczego nie stosować ich zamiast odwadniaczy, tym bardziej, że montowane są „in line” bez konieczności wykonywania kieszeni odwadniających? Powody są dwa. Po pierwsze, aby separator odprowadzał kondensat w sposób automatyczny, konieczne jest doposażenie go w odwadniacz, aby nie powodował on straty pary świeżej. Po drugie, separatory są droższe od odwadniaczy i to niestety powoduje, że zwiększają one koszt budowy instalacji, bo przecież sam separator również należy wyposażyć w odwadniacz. Niemniej jednak warto rozważyć zainwestowanie w separatory cyklonowe wszędzie tam, gdzie wymagana jest dobrze osuszona para, a już na pewno przed urządzeniami i maszynami wrażliwymi na występowanie nawet minimalnej ilości kondensatu czy zanieczyszczeń. Działanie separatora z serii DS można obejrzeć skanując kod QR i wchodząc na podaną stronę.



XXI WIEK – AUTOMATYCZNA KONTROLA

Pomiar jakości pary w wielu zakładach przeprowadzany jest nadal w sposób manualny. Takie działanie jest mało precyzyjne oraz obarczone możliwością poparzenia. Dopełnieniem całego zagadnienia dotyczącego jakości pary wodnej jest jej w pełni zautomatyzowany analizator QM-3 (Rys. 9). Analizator QM-3 jest inteligentnym rozwiązaniem, które umożliwia

zakładom farmaceutycznym, szpitalom, zakładom spożywczym oraz innym instytucjom efektywnie i niezwykle łatwo kontrolować jakość w aplikacjach pary czystej. Analizator QM-3 w sposób ciągły oraz jednocześnie dokonuje pomiaru tak ważnych parametrów jak stopień suchości, ilość pary przegrzanej oraz stę-

żenie gazów niekondensujących. Komplet tych informacji pozwala odpowiednio wcześniej reagować na nieprawidłowości występujące w instalacji parowej,



co w niektórych gałęziach przemysłu (w szczególności przy produkcji wielkoseryjnej) przekłada się na spore oszczędności.

TO NIE KAPRYS

Bez względu na to czy mamy do czynienia z małym zakładem, czy ogromną halą produkcyjną, warto pamiętać o odpowiednim utrzymaniu oraz serwisowaniu armatury parowej. Nieprawidłowo zaprojektowana lub wykonana instalacja, zanieczyszczone filtry, źle pracujące odwadniacze, uszkodzone zawory – wszystkie te czynniki powodują zmniejszenie wydajności cieplnej instalacji oraz nadmierne zapotrzebowanie na parę świeżą. W konsekwencji takie zaniedbania odbiją się kiedyś na rachunkach bieżących zakładu lub mogą stanowić zagrożenie dla zdrowia załogi.

Łukasz Porwik

Absolwent Politechniki Śląskiej, w Introlu pracuje od 2012 roku. Obecnie jest menedżerem produktu w dziale armatury przemysłowej, gdzie zajmuje się przede wszystkim doborem urządzeń pod wymagania aplikacyjne i tworzeniem ofert techniczno-handlowych.

Tel: 32 789 0 124



Rys. 8.
Separator cyklonowy
Armstrong



Rys. 9.
Analizator jakości pary
QM-3



Zaawansowany system detekcji gorączki

Ochrona Pracowników i Klientów w dobie COVID-19



CK350-F

- skanowanie jednoczesne do 16 osób
- pomiar odległości do 5m
- automatyczne zdjęcia wychwyconych osób – raport
- dwa wyjścia alarmowe
- zasilanie kamery PoE
- oprogramowanie z dostępem z poziomu przeglądarki internetowej

Introl Sp. z o.o.

www.introl.pl

introl

automatyka i pomiary