

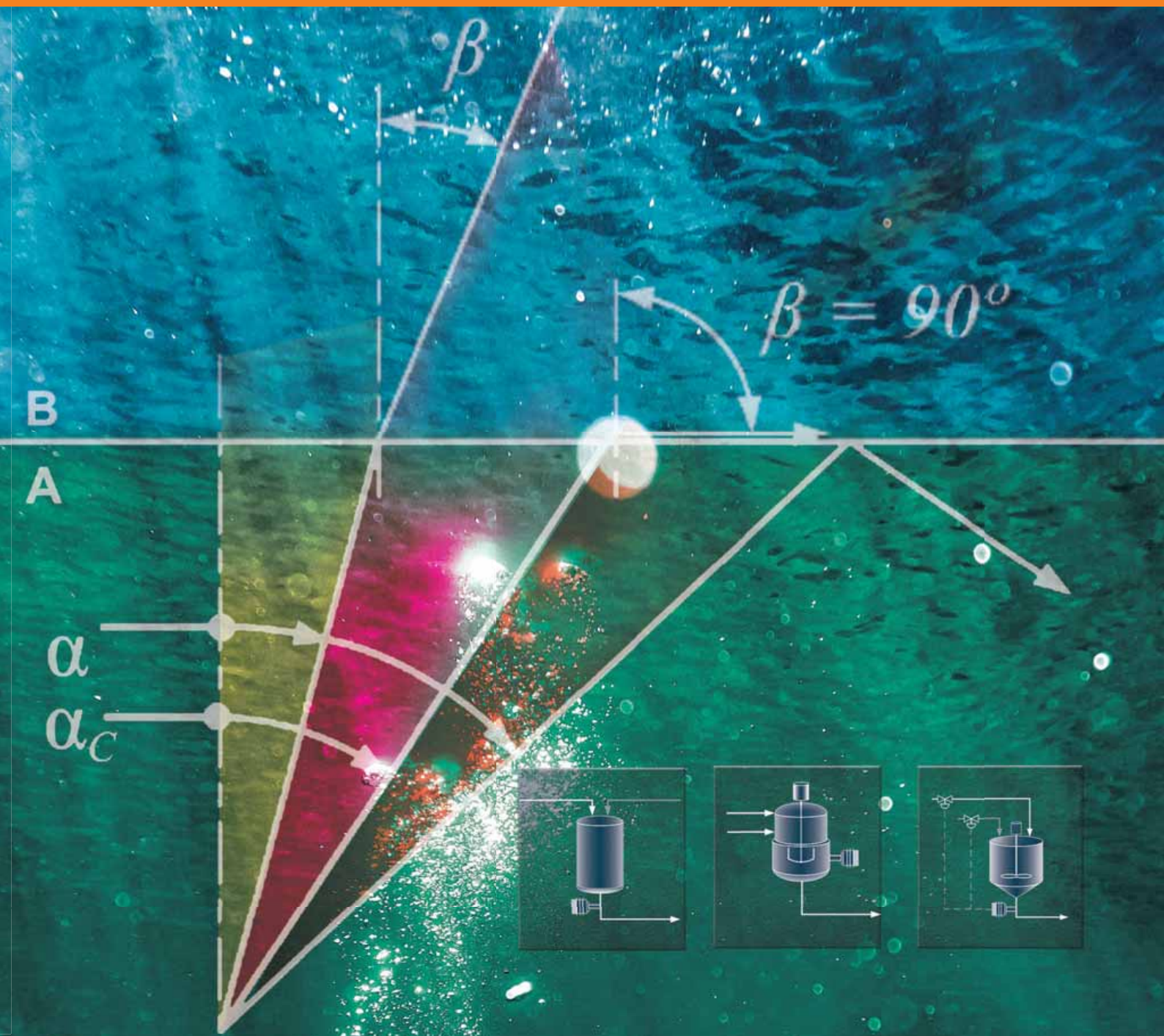
PodKontrola

automatyka i pomiary

wydawca:
Introl Sp. z o.o.

04/2019 (49)

PRAKTYCZNY PUNKT WIDZENIA



temat wydania

Teoretyczne i praktyczne podstawy pomiarów refraktometrycznych



akademia automatyki

**Analiza gazu saturacyjnego do prowadzenia
pieca wapiennego i sterowania procesem produkcji cukru**



dobra praktyka

Pomiar aktywności wody w oleju hartowniczym



od redakcji



Drodzy Czytelnicy!

Rok 2019 chyli się ku końcowi. Dziękując Państwu za cały rok świetnej współpracy zapraszamy do ostatniego w tym roku wydania „Pod kontrolą”.

Roztwory w przemyśle to rzecz stara jak świat. Mieszaniny przynajmniej dwóch związków chemicznych występują w wielu procesach technologicznych, a stężenie jednej substancji rozpuszczonej w drugiej stanowi nierzadko kluczowy parametr dla całego procesu. Wszędzie tam, gdzie konieczny jest pomiar stężenia substancji zastosowanie mają pomiary refraktometryczne. O refraktometrach procesowych, ich zasadzie działania oraz zastosowaniach w różnych procesach traktuje „Temat wydania”.

Występowanie wody w oleju to niebezpieczne zjawisko, które opisywaliśmy już na łamach naszego czasopisma. Autor „Dobrej praktyki” przypomina najważniejsze kwestie związane z różnymi stanami

wody występującej w oleju i zagrożeniach jakie niosą one za sobą dla maszyn i procesów. Artykuł wskazuje także najbardziej optymalną metodę pomiaru aktywności wody w oleju, przytaczając praktyczny przykład wdrożenia układu pomiarowego w jednym z polskich zakładów produkcyjnych.

Ktoś kiedyś powiedział, że „Polska cukrem stoi”. I chyba tak jest w rzeczywistości, bo nasz kraj jest jednym z głównych w Europie producentem cukru wytwarzanego z buraków cukrowych. Proces technologiczny wytwarzania cukru z buraków jest wieloetapowy, a jednymi z kluczowych faz są defekacja, saturacja I i saturacja II, w których wykorzystywany jest gaz saturacyjny. To właśnie o konieczności ciągłej analizy składu gazu saturacyjnego w procesach produkcji cukru traktuje „Akademia automatyki”.

Zapraszam do lektury
Wojciech Mutwicki
 wiceprezes zarządu

Nowe możliwości dla produktów firmy K-Patents

W ciągle zmieniającym się świecie procesy przejmowania mniejszych firm przez większe korporacje na stałe wpisały się w codzienne życie biznesowe. Tym razem stało się tak z naszym wieloletnim partnerem w zakresie pomiarów stężenia cieczy, firmą K-Patents Process Instruments, która jest pionierem w zakresie procesowych pomiarów refraktometrycznych na świecie. Przejęcie nastąpiło w grudniu 2018 roku. W procesie integracji obecnie używaną nazwą jako producenta będzie VAISALA, a K-Patents pozostanie marką związaną z linią produktów do pomiarów refraktometrycznych. Zaistniałą sytuację traktujemy jak połączenie mocnych stron dwóch

VAISALA

liderów technologii, który pozwala jeszcze lepiej służyć naszym klientom, a także wykorzystywać nowe możliwości biznesowe dla rozwoju produktów. Jednocześnie informujemy, że z punktu widzenia naszych klientów i użytkowników produktów K-Patents nic poza nazwą producenta nie ulega zmianie, a Introl pozostaje wyłącznym partnerem Vaisali w zakresie pomiarów refraktometrycznych.

Pomiary lepkości w naszej ofercie

Z satysfakcją informujemy o rozpoczęciu współpracy z firmą HYDRAMOTION będącą światowym liderem w zakresie procesowych i przenośnych pomiarów lepkości.



Wdrażany przez dziesięciolecia przez firmę Hydramotion program badań i rozwoju dostarcza jedno z najbardziej przełomowych, wysokowydajnych wiskozymetrów. W swojej ofercie Hydramotion posiada rozwiązania spełniające wymagania prawie wszystkich potrzeb produkcyjnych m.in. w branżach związanych z produkcją i przetwórstwem żywności i olej, produkcją tworzyw sztucznych oraz w branżach chemicznej i farmaceutycznej. Począwszy od sztandarowego produktu XL7, poprzez popularny i przenośny Viscolite, po wytrzymały Viscojet i niezawodny Reactavisc – firma Hydramotion może znaleźć rozwiązanie dla prawie każdej aplikacji.



Akademia Automatyki

Za nami kolejne, trzecie i czwarte w tym roku, szkolenia z cyklu „Akademia Automatyki”. 12 uczestników każdego ze szkoleń w ciągu 3 kolejnych dni poznało mniejsze lub większe tajniki sztuki pomiarowej. Kontaktowe i bezkontaktowe pomiary przepływu gazu i cieczy, pomiary poziomu w silosach i zbiornikach, przemysłowe pomiary stężenia cieczy czy pomiary wilgotności powietrza to tylko część zagadnień jakie poruszali nasi specjaliści. Prócz zajęć teoretycznych, uczestnicy mieli też możliwość samodzielnego programowania sond radarowych poziomu. Kolejne spotkania z cyklu „Akademia Automatyki” planowane są na 2020 rok, a szczegółowe terminy oraz program szkoleń będą dostępne na naszej stronie internetowej www.introl.pl w zakładce „Szkolenia”.





Teoretyczne i praktyczne podstawy pomiarów refraktometrycznych

Refraktometr mierzy zasadniczo stężenie dwóch związków chemicznych stanowiących jednorodną mieszaninę zwaną roztworem. Pomiar odbywa się pośrednio poprzez wyznaczenie współczynnika załamania światła, który jest charakterystyczny dla danego roztworu w danej temperaturze. Możliwy jest również pomiar roztworów wieloskładnikowych, wówczas mówimy o wyznaczeniu sumy kontrolnej całego roztworu. Potencjalne zastosowania pomiarów refraktometrycznych w różnych branżach są niezliczone. Artykuł ten stanowi przypomnienie zagadnień teoretycznych związanych z pomiarami refraktometrycznymi. Umożliwi również identyfikację możliwych miejsc pomiarowych, w których refraktometr VAISALA K-Patents montowany in-line usprawni proces produkcyjny.

Rysunek 2
Wyznaczenie kąta granicznego

WSPÓŁCZYNNIK ZAŁAMANIA ŚWIATŁA

Pomiar współczynnika załamania światła n (z ang. R.I. – Refractive Index) jest w rzeczywistości pomiarem zmiany prędkości rozchodzenia się fali świetlnej w danym ośrodku, w stosunku do prędkości w innym ośrodku będącym ośrodkiem odniesienia. Jeżeli ośrodkiem odniesienia jest próżnia, to mówimy o bezwzględnym współczynniku załamania światła. Prędkość światła w próżni (oznaczona literą c) jest najwyższa i wynosi 299 792 458 m/s. W innych mediach prędkość światła jest niższa, dlatego bezwzględny współczynnik załamania światła danego ośrodka jest zawsze większy od 1. Bezwzględny współczynnik załamania światła (n) ośrodka definiuje się jako stosunek prędkości światła w próżni (c) do prędkości światła w danym ośrodku (v):

$$n = \frac{c}{v}$$

Prędkość światła w ośrodku zależy od samego ośrodka, temperatury i długości fali. Ze względu na zależność od długości fali, współczynnik załamania światła mierzy się światłem monochromatycznym. Powszechną praktyką jest stosowanie fali o długości 589 nm odpowiadającej linii D sodu. Współczynnik załamania światła mierzony przy tej długości fali jest zwykle oznaczany przez n_D .

W praktycznych przyrządach do pomiaru współczynnika załamania światła zamiast materiału próżniowego stosuje się inne materiały odniesienia. W przypadku refraktometrów VAISALA K-Patents jest nim szkło szafirowe.

Jednocześnie do wyznaczenia współczynnika załamania światła wykorzystywane jest prawo Snelliusa mówiące o tym, że promienie – padający i załamany – oraz prostopadła padania (normalna) leżą w jednej płaszczyźnie, a kąty spełniają zależność:

$$\frac{\sin(\alpha)}{\sin(\beta)} = \frac{n_B}{n_A}$$

gdzie n_A i n_B są bezwzględnymi współczynnikami załamania światła odpowiednio ośrodka A i B.

KĄT GRANICZNY

Jeśli ośrodek A jest optycznie gęstszy niż B, kąt β jest zawsze większy niż α . Gdy kąt α jest zwiększany, kąt β osiąga w pewnym momencie kąt 90° , a promienie przemieszczają się wzdłuż granicy ośrodków (Rysunek 2). Jeśli kąt α jest dalej zwiększany, światło nie może dostać się do ośrodka B. Zamiast tego odbija się z powrotem do ośrodka A. Zjawisko to nazywa się całkowitym wewnętrznym odbiciem.

Kąt α , przy którym $\sin \beta = 1$, nazywany jest kątem granicznym załamania światła i można go obliczyć jako:

$$\sin(\alpha) = \frac{n_B}{n_A}$$

Zadaniem refraktometru jest pomiar kąta α , przy którym następuje całkowite wewnętrzne odbicie. Ponieważ n_A jest dobrze znanym współczynnikiem załamania światła przyrządu pomiarowego, współczynnik załamania światła n_B próbki można łatwo obliczyć za pomocą równania:

$$n_B = n_A \sin(\alpha)$$

PRYZMAT POMIAROWY

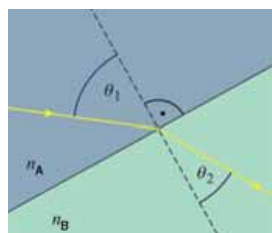
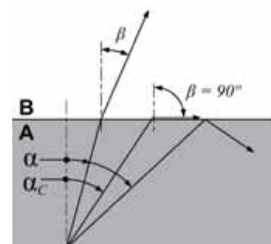
Pryzmat pomiarowy tworzy interfejs między przyrządem a mierzonym medium. Geometria układu optycznego jest tak skonstruowana, aby promienie światła były rzutowane na powierzchnię pryzmatu pod pewnymi, wybranymi kątami α . Rzeczywiste kąty dobiera się tak, aby można było zmierzyć żądany zakres współczynnika załamania światła, tj. kąt graniczny zawsze mieści się w wybranym zakresie.

Pryzmat pomiarowy pełni rolę ośrodka odniesienia o wyższym współczynniku załamania światła niż mierzone medium, ponieważ w przeciwnym razie nie będzie całkowitego odbicia wewnętrznego. W praktyce różnica współczynników załamania światła musi być stosunkowo wysoka.

Materiał pryzmatyczny powinien być chemicznie i mechanicznie tak odporny, jak to możliwe. Jednocześnie powinien być on optycznie jednorodny i najlepiej izotropowy (podobny we wszystkich kierunkach). Wymagania te znacznie ograniczają wybór materiałów, a różne aplikacje mogą wymagać różnych materiałów, z których wykonany jest pryzmat.

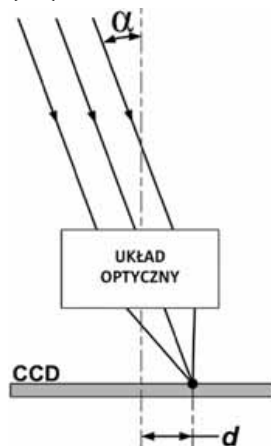
POMIAR WSPÓŁCZYNNIKA ZAŁAMANIA ŚWIATŁA (R.I.)

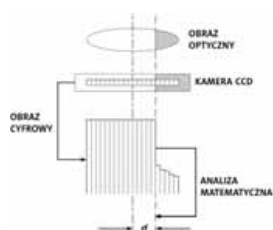
Rysunek 3 przedstawia część układu optycznego w typowym refraktometrze. Wszystkie promienie światła wychodzące z pryzmatu i wchodzące do układu optycznego pod tym samym kątem α są skupione w jednym punkcie detektora obrazu (CCD). Odległość d między tym punktem a osią ukła-



Rysunek 1
Kąt padania oraz załamania światła przy przejściu do ośrodka gęstszego

Rysunek 3
Układ optyczny refraktometru





du optycznego zależy tylko od kąta światła przychodzącego. W ten sposób rozkład kątowy światła można przekształcić w rozkład położenia światła na matrycy CCD.

Wszystkie nowoczesne refraktometry przekształcają obraz optyczny w informację cyfrową. Rysunek 4 pokazuje typowy obraz optyczny. Po lewej stronie kąta granicznego całe światło ulega całkowitemu odbiciu wewnętrznemu, a jego intensywność jest wysoka. Po prawej stronie kąta granicznego intensywność spada gwałtownie, ponieważ większość światła wchodzi do próbki i nie jest odbijana z powrotem.

Po określeniu położenia kąta granicznego d należy obliczyć kąt α . Ponieważ związek pomiędzy d i α zależy tylko od geometrii optyki, kąt ten można łatwo wyznaczyć.

STĘŻENIE

W większości roztworów stężenie substancji rozpuszczonej w rozpuszczalniku można określić mierząc współczynnik załamania światła n_D . Zależność między współczynnikiem załamania światła a stężeniem zależy od rozpuszczalnika i substancji rozpuszczonej, temperatury oraz długości fali świetlnej.

W praktyce pomiar uniezależnia się od długości fali (dispersji) dzięki zastosowaniu światła monochromatycznego. Zależność od temperatury jest kompensowana w refraktometrach VAISALA K-Patents za pomocą czujnika Pt1000 zlokalizowanego tuż obok pryzmatu.

Rzeczywiste wartości współczynnika załamania światła różnią się między różnymi roztworami, ale zwykle jeden procent stężenia odpowiada około 0,002 n_D . Zmiana temperatury o jeden stopień odpowiada zmianie o 0,0001 n_D w roztworach wodnych (zależność od temperatury jest zwykle wyższa w przypadku innych rozpuszczalników). Liczby te wskazują na potrzebę pomiaru temperatury i kompensacji, ponieważ zmiana o jeden stopień Celsjusza odpowiada zazwyczaj zmianie stężenia o 0,05%.

KRYSTALIZATOR

Przesycenie jest najważniejszym czynnikiem w procesie krystalizacji, ponieważ wpływa na wielkość i jakość kryształu. Ścisła kontrola warunków procesu, w tym stężenia syropu standard i temperatury, daje wysoki uzysk i wysoką jakość kryształów. Refraktometr VAISALA K-Patents monitoruje stężenie syropu standard w celu ustalenia prawidłowego punktu zaszczenia (krystalizator wyparny) lub wykrycia, kiedy kryształy zaczynają się formować (krystalizator chłodzący). Utworzone kryształy nie mają wpływu na refraktometr i są selektywne względem fazy ciekłej. To sprawia, że refraktometr VAISALA K-Patents z dużą dokładnością nadąża za krystalizacją. Dlatego wykrycie punktu szczepienia jest dokładne i powtarzalne. Możliwe jest również obliczenie przesycenia na podstawie odczytów refraktometru i innych parametrów cieczy.

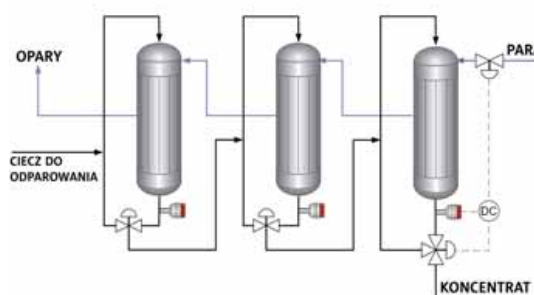


REAKTOR

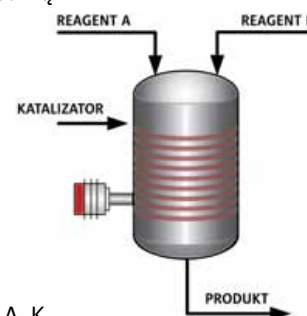
Procesowy pomiar współczynnika załamania światła umożliwia śledzenie w czasie rzeczywistym postępu reakcji. Refraktometr stale monitoruje stopnie przemiany i dostarcza użytecznych informacji do ustalenia dokładnego punktu końcowego reakcji. Reakcja jest zakończona, gdy wartość ustabilizuje się. Inną powszechną praktyką jest pozwalanie na przebieg reakcji aż do osiągnięcia ustalonej wartości współczynnika załamania światła. Odczyt refraktometru może być również wykorzystany jako wskazanie momentu, w którym należy dodać kolejne składniki.

ODPAROWANIE, ULTRAFILTRACJA, ODWRÓCONA OSMOZA

Głównym zadaniem refraktometru VAISALA K-Patents jest dostarczanie w czasie rzeczywistym informacji o zmianach stężenia medium. Refraktometr jest idealny do operacji, w których ciecz jest zatężana poprzez np. odparowanie, ultrafiltrację lub odwróconą osmozę. W celu optymalizacji procesu, refraktometr zapewnia ciągłe informacje na każdym etapie zatężania w koncentratorze. Na przykład, w parowniku sygnały wyjściowe Ethernet lub 4-20 mA refraktometru są wykorzystywane do kontrolowania przepływu źródła ciepła (pary), w celu dostosowania i osiągnięcia docelowego stężenia. Jeśli stężenie produktu jest poniżej określonej wartości, sygnał z refraktometru steruje zaworami, aby zmniejszyć albo zwiększyć przepływ pary. Dzięki dokładnym pomiarom w procesie, zużycie pary jest zmniejszone, a proces zoptymalizowany.



Rysunek 4
Detekcja kąta
granicznego
w refraktometrze



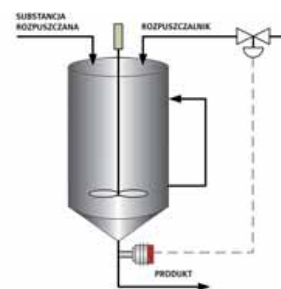
Rysunek 6
Reaktor



Rysunek 7
Wyparki

ZBIORNIK LUB NACZYNIĘ DO ROZPUSZCZANIA

Jednym z najczęstszych zastosowań refraktometru VAISALA K-Patents jest rozpuszczanie. W tym zastosowaniu refraktometr mierzy w sposób ciągły stężenie uzyskanego roztworu, gdy substancja rozpuszcza się np. w wodzie. Refraktometr dostarcza natychmiastowych informacji o szybkości rozpuszczania i ilości rozpuszczonych ciał stałych. Sygnał wyjściowy refraktometru można wykorzystać do automatycznego sterowania operacją rozpuszczania, aby zawsze osiągnąć dokładne stężenie docelowe. Zmniejsza to pracochłonność i zużycie surowców oraz eliminuje potrzebę pobierania próbek i testów off-line. W tym zastosowaniu powszechne są zbiorniki do rozpuszczania z mieszadłami. Mieszadło może powodować vibracje lub pęcherzyki, które są częstym źródłem błędów w innych urządzeniach pomiarowych. Na refraktometr VAISALA K-Patents nie mają wpływu nierozpuszczona materia, bąbelki ani vibracje urządzenia.



Rysunek 8
Zbiornik
do rozpuszczania



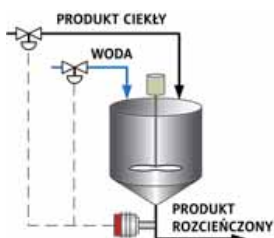
Rysunek 5
Warnik



ROZCIEŃCZANIE, MIESZANIE LUB MIKSOWANIE

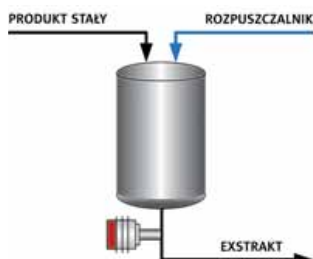
Rozcieńczanie to dobra aplikacja dla refraktometru VAISALA K-Patents. W procesie rozcieńczania produkt rozcieńcza się rozpuszczalnikiem (najczęściej wodą) w celu zmniejszenia jego wartości stężenia. Rozcieńczanie może odbywać się na przykład w zbiorniku lub w mieszalniku statycznym. Proces rozcieńczania można kontrolować za pomocą sygnałów wyjściowych refraktometru do sterowania zaworami zasilającymi. Sygnał stężenia jest przesyłany z powrotem do sterownika, aby zapewnić stabilne i prawidłowe stężenie na wyjściu procesu rozcieńczania lub mieszania. Podobnie jak w przypadku rozpuszczania, refraktometr VAISALA K-Patents jest idealny do tej operacji, ponieważ nie mają na niego wpływu pęcherzyki, które mogą tworzyć się podczas mieszania.

▶▶
Rysunek 12
Kolumna absorpcyjna

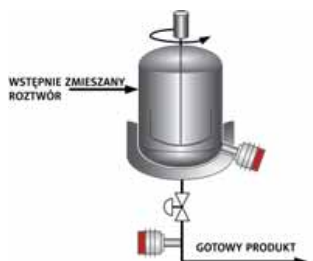


▲
Rysunek 9
Zbiornik
do rozcieńczania

▶▶
Rysunek 13
Kolumna destylacyjna



▲
Rysunek 10
Ekstraktor



▲
Rysunek 11
Kocioł warzelny

EKSTRAKCYJA

Ekstrakcja ciał stałych jest bardzo powszechną operacją w przemyśle spożywczym, farmaceutycznym i kosmetycznym w celu uzyskania składników z naturalnego surowca. Refraktometr VAISALA K-Patents służy do wykrywania ilości ekstrahowanej substancji (rozpuszczonych substancji stałych) w cieczy po procesie ekstrakcji. Na pomiar za pomocą refraktometru nie wpływają nierozpuszczone ciała stałe, tylko rozpuszczona materia, dzięki czemu idealnie nadaje się do śledzenia wydajności ekstrakcji. Procesowy pomiar za pomocą refraktometru jest cenny do dokonywania korekt w czasie rzeczywistym, w celu zwiększenia wydajności i zmniejszenia kosztów.

WARZENIE

Procesy gotowania są powszechne w produkcji dżemów lub słodczy. W tym procesie gotuje się mieszaninę zawierającą cukier, aż do uzyskania odpowiedniego stężenia. Procesowy refraktometr służy do monitorowania współczynnika załamania światła podczas gotowania w celu ustalenia punktu końcowego oraz zwiększenia wydajności gotowania. Refraktometr VAISALA K-Patents można zainstalować bezpośrednio w wężu. Jest to szczególnie korzystne w przypadku wężów pracujących na podciśnieniu, ponieważ nie ma potrzeby przerywania procesu w celu pobrania próbek.

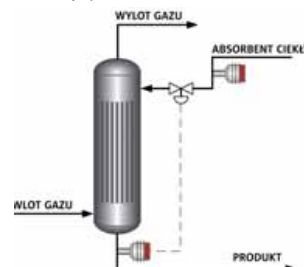
ABSORBERY I PŁUCZKI

Operacje absorpcji można monitorować i kontrolować za pomocą refraktometru VAISALA K-Patents. W kontaktorze gazu i cieczy lub płuczce na mokro gaz oczyszcza się przez absorpcję substancji rozpuszczonej w strumieniu cieczy. Wydajność absorpcji może być monitorowana poprzez zastosowanie refraktometru na wylocie z kolumny. W niektórych operacjach ciecz-gaz absorpcja jest maksymalizowana przez zapewnienie odpowiedniego stężenia cieczy absorbującej. Refraktometr VAISALA K-Patents służy również do monitorowania stężenia cieczy wlotowej, aby zapewnić, że operacja przebiega w optymalnych warunkach i aby zmaksymalizować rozdziel.

DESTYLACJA

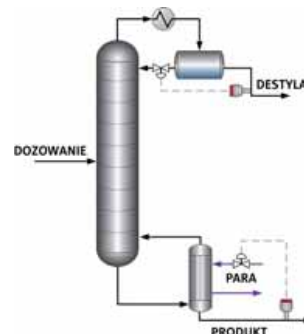
Destylacja jest jedną z najczęstszych i najważniejszych operacji jednostkowych. W destylacji mieszaninę chemikaliów dzieli się na czyste składniki w oparciu o ich unikalne temperatury wrzenia. Kontrola destylacji jest niezbędna do spełnienia specyfikacji produktu, zmniejszenia kosztów inwestycji i energii oraz ograniczenia wpływu na środowisko.

Cele te można osiągnąć, utrzymując czystość górnych i dolnych produktów kolumny w ramach podanych specyfikacji. Refraktometr VAISALA K-Patents monitoruje w czasie rzeczywistym stężenie produktów destylacji. Refraktometr jest instalowany bezpośrednio w linii za kolumną (na dole) lub za skraplaczem (destylat). Sygnały wyjściowe Ethernet lub 4-20 mA refraktometru mogą być użyte do automatycznej regulacji refluksu lub wrzenia kolumny, w celu spełnienia specyfikacji produktu. W systemach binarnych refraktometr dostarcza dokładnych informacji o stężeniach produktu. W systemie wieloskładnikowym kontrola może opierać się na właściwości, która jest funkcją kompozycji.



PODSUMOWANIE

Współczynnik załamania światła jest nieodłączną właściwością cieczy, a jego pomiar przydatną metodą ich identyfikacji. Z uwagi na fakt, że wszystkie ciecze mają unikalną wartość współczynnika załamania światła, można go traktować jak swoisty odcisk palca. Wykorzystując pomiar współczynnika załamania światła, refraktometry VAISALA K-Patents gwarantują odpowiednie monitorowanie jakości produktu końcowego. Dzięki temu refraktometry kontrolują ostateczną jakość roztworu i pozwalają potwierdzić, że produkt jest zgodny ze specyfikacjami. Wysoka niezawodność i szybki czas reakcji refraktometrów VAISALA K-Patents zapewniają zarówno idealną metodę oznaczania stężeń, jak i wykrywania granicy faz produkt-woda, produkt-CIP czy produkt-produkt. Co więcej, wykrywanie w czasie rzeczywistym zapewnia szybką informację o zakłóceniach procesu i potencjalnych problemach.



Grzegorz Gruszka

Absolwent Politechniki Śląskiej w Gliwicach, na Wydziale Automatyka, Elektronika i Informatyka, o specjalności Aparatura elektroniczna. W Introlu pracuje od 2005 roku, obecnie na stanowisku kierownika działu pomiarów fizykochemicznych. Do jego kluczowych zadań należy dobór oraz doradztwo techniczne w zakresie refraktometrycznych pomiarów stężenia, fotometrów oraz wiskozymetrów przemysłowych.

tel. 32 789 00 63



Pomiar aktywności wody w oleju hartowniczym

O pomiarze zawartości wody w oleju pisaliśmy już na łamach „Pod Kontrolą” w 2011 roku. Od tego czasu minęło kilka lat, podczas których rozwiązania oparte o przetworniki zawartości wody w oleju zastosowaliśmy już w wielu zakładach. Przyjrzyjmy się zatem jednej ze zrealizowanych aplikacji, przy okazji odświeżając teoretyczne zagadnienia związane z pomiarem zawartości wody w oleju.

WODA GROŹNA DLA OLEJU

Olej to bardzo ważne medium w przemyśle. Stosowany jest w układach smarujących, chłodzących, izolacyjnych i innych. Świetne właściwości oleju w tych aplikacjach mogą jednak zostać pogorszone, jeśli dojdzie do jego nadmiernego zawilgocenia. Ilość wody w oleju można podzielić na 3 stany:

- woda rozpuszczona w oleju,
- emulsja,
- woda wydzielona.

Możemy założyć, że pewne śladowe ilości wody rozpuszczonej w oleju występują nawet w nowych olejach. Następnie, w trakcie eksploatacji, woda przenika do oleju stopniowo zwiększając swoją obecność (udział). Najbardziej zagrożone są układy, w których olej pracuje w bezpośrednim otoczeniu wody oraz gdy woda wykorzystywana jest jako czynnik chłodzący. Występuje także ryzyko absorpcji oraz kondensacji wody z wilgotnego powietrza. Ilość wody jaka może zostać rozpuszczona (wchłonięta) przez olej w pierwszej kolejności zależy od typu oleju, jego wieku oraz ilości dodatków. Kolejnym kluczowym parametrem rzutującym na możliwość rozpuszczania wody przez olej jest jego temperatura. Przy wyższej temperaturze olej może rozpuścić więcej wody. To dość ważna informacja, gdyż istnieje ryzyko, że podczas normalnej pracy, kiedy olej posiada pewną podwyższoną temperaturę, woda znajduje się w stanie rozpuszczonym (bez wpływu na właściwości oleju). Jednakże w trakcie przestoju, gdy olej jest zimny, woda może przekroczyć punkt nasycenia, w efekcie czego cząsteczki wody pojawiają się w oleju tworząc emulsję.

O ile woda rozpuszczona nie stanowi problemów i szkodliwych oddziaływań na pracę oleju, to emulsja już tak. Woda w stanie emulsji pogarsza właściwości smarne oleju, a cząsteczki wody przywierają do części metalowych powodując ich korozję. Co więcej, woda – jako substancja przewodząca prąd – pogarsza właściwości izolacyjne olejów. Jest to więc stan, którego zdecydowanie unikamy w aplikacjach przemysłowych.

Dalsze zwiększanie ilości cząstek wody w układzie powoduje ich łączenie się. W wyniku różnicy ciężaru właściwego następuje podział medium na wodę w dolnej partii i olej w górnej. Ten stan nie tylko jest szkodliwy, ale także zagraża bezpieczeństwu procesu oraz obsługi.

JAK MIERZYĆ?

Monitoring zawartości wody w oleju może zostać przeprowadzony w wyspecjalizowanym la-

boratorium. Jest to z pewnością pomiar dokładny lecz dokonywany jest okresowo, co może okazać się przystawą musztardą po obiedzie. W przypadku awarii wodnych układów chłodzących olej potrafi bowiem bardzo szybko zostać „zanieczyszczony” wodą. Tylko przetwornik monitorujący stan w sposób ciągły daje gwarancję, że obsługa w porę zauważy niebezpieczeństwo i podejmie działania naprawcze. Istotne jest więc zabudowanie przetwornika w miejscu za potencjalnym punktem, w którym może pojawić się woda, tak aby maksymalnie skrócić czas wykrycia awarii i ilość wody wprowadzonej w obieg.

Przetworniki aktywności wody w oleju marki E+E Elektronik posiadają zakres pomiaru obejmujący olej od stanu bez wody do stanu nasycenia. Ilość wody w oleju prezentowana jest za pomocą współczynnika a_w (aktywność oleju) od 0...1, gdzie 1 oznacza przekroczenie punktu nasycenia. Pomiar obrazuje więc to, co najważniejsze z punktu widzenia aplikacji przemysłowej.



Przetwornik zawartości wody w oleju EE 360

PROBLEM Z WODĄ W OLEJU

W trakcie produkcji odkuwek ze stali stopowych i wysokowęglowych oraz ich obróbki w procesie hartowania (uzyskanie właściwej struktury i wymaganej twardości) i odpuszczania (likwidowania naprężenia po hartowaniu), olej wykorzystywany jest jako czynnik chłodzący. Podczas hartowania w agregacie do ulepszania cieplnego, odkuwka pokonuje taśmowy piec tunelowy, gdzie nagrzewana jest do wysokiej temperatury, a następnie wpada do otwartej wanny z olejem, gdzie następuje jej schłodzenie. Występują w tym układzie dwa zagrożenia przedostawania się wody do oleju. Pierwszym miejscem jest tzw. kotłownia chłodząca (kolektor), czyli łącznik pomiędzy piecem a wanną. W miejscu tym gorący detal wpada do wanny olejowej. W celu uniknięcia ryzy-



ka pożaru wywołanego rozbryzgami oleju, stosuje się tzw. kurtyny olejowe. Jest to miejsce wyjątkowo narażone na wzrost temperatury nie tylko poprzez odbieranie temperatury z odkuwki, ale także z powodu bezpośredniego sąsiedztwa rozgrzanej komory pieca (około 900°C). Zadaniem kurtyny jest eliminacja wpływu temperatury pieca na lustro kąpeli olejowej. Temperatura samozapłonu olejów hartowniczych wynosi około 190°C – stąd wymagane jest intensywne chłodzenie. Kaskada oleju podawanego pod ciśnieniem chłodzona jest właśnie wodą. Jest to jednocześnie element narażony na uderzenia odkuwek wpadających z pieca do kąpeli olejowej. Pod wpływem uderzeń mechanicznych może dochodzić do rozszczelnienia kolektora, a stąd już prosta droga do przedostawania się wody z układu chłodzenia do oleju będącego czynnikiem procesowym.

Wanna olejowa
z detalem



Sposób montażu sondy
w instalacji kilka
metrów za chłodnicą

Drugim miejscem, w którym może dojść do przedostania się wody do oleju jest układ chłodzenia oleju w wannie olejowej. Olej z wanny pompowany jest przez chłodnicę płytową – szeregu płyt, w których naprzemiennie występuje olej i woda. Zakres roboczy oleju wynosi 50...90°C, a układ chłodzący



Wodna chłodnica
płytowa – to jej awaria
może być źródłem
wody w oleju

obniża temperaturę do poziomu 65°C. W momencie, w którym doszłoby do rozszczelnienia takiej chłodnicy, dojdzie do zmieszania oleju z wodą.

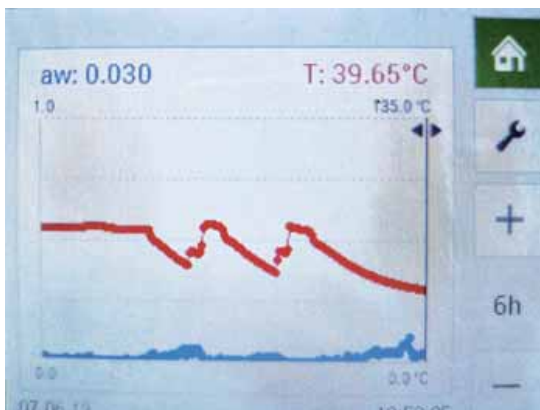
Temperatura oleju zmienia się wolniej niż temperatura wody. Jeżeli w trakcie hartowania olej zawiera wodę, prędkość schładzania wzrasta, a proces nie przebiega zgodnie z założeniami technologicznymi. Co więcej, z uwagi na to, że woda nie emulguje (nie miesza się) z olejem mamy do czynienia z plamami twardości. W efekcie tego, w trakcie kontroli jakości, w detalach stwierdza się brak odpowiedniej twardości. Co gorsze, zbyt duża ilość wody może prowadzić do pęknięć odkuwek, a nawet ich skrzywienia (deformacji). O ile brak wymaganej twardości można ratować przeprowadzając powtórny proces hartowania, o tyle pęknięcia i odkształcenia wiążą się z koniecznością złomowania detali. W obu przypadkach mamy więc do czynienia z kosztami, które każdy producent stara się zredukować. Warto przy okazji zaznaczyć, że wydajność pieca w prezentowanym układzie wynosi 1300 kg w ciągu godziny. Kilka godzin pracy w nieprawidłowych warunkach to zatem spora strata finansowa.

Okresowa kontrola oleju w laboratorium lub optyczna obserwacja poziomu oleju to zbyt mało, aby w porę zweryfikować obecność szkodliwej wody. Tylko system bezpośredniego, ciągłego pomiaru może gwarantować produkcję zgodną z procesem technologicznym i uniknięcie dodatkowych kosztów.

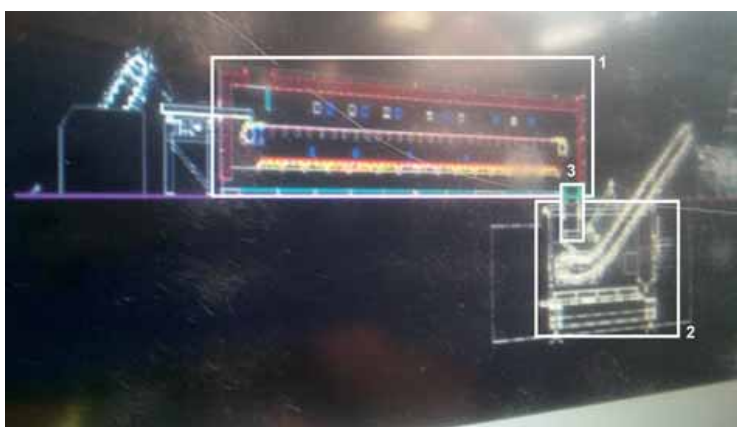


ROZWIĄZANIE

Przetwornik aktywności wody model EE360 zamontowany jest na wylocie oleju z chłodnicy płytowej. Miejsce to gwarantuje najwcześniejszy kontakt przetwornika z wodą w przypadku awarii chłodnicy. Pozwala więc na wprowadzenie odpowiednich działań naprawczych w początkowym stadium awarii. Wskazanie kontrolowane jest w sposób ciągły, dodatkowo przetwornik posiada styki alarmowe, których zadaniem jest wzbudzenie alarmu w przypadku przekroczenia stanów alarmowych. Dzięki wbudowanej w przetwornik rejestracji, operator może bezpośrednio na urządzeniu sprawdzić nie tylko bieżące odczyty, ale także dane historyczne oraz trend pomiaru. Urządzenie może również, za pomocą sygnału analogowego lub cyfrowego, przekazywać mierzoną wartość do systemu nadrzędnego w dyspozytorni.



Opis aplikacji został przeprowadzony dzięki uprzejmości firmy Kuźnia Polska ze Skoczowa, gdzie aplikację przedstawił SzeF Produkcji inż. Rafał Rozenkiewicz i Starszy Mistrz Krzysztof Matula. Przetwornik aktywności wody w oleju model EE360 został zainstalowany na instalacji hartowania w 2017 roku. Przetwornik stanowi ważny element w procesie kontroli i dodatkowego zabezpieczenia. Typowe wskazania zaobserwowane w tym okresie opisywanej aplikacji kształtują się poniżej 0,1 a_w , co oznacza olej o bardzo niskiej aktywności wody. Przetwornik został zamontowany za układem chłodzącym obiegu oleju, aby maksymalnie skrócić czas jego reakcji w przypadku awarii chłodnicy. Sonda wprowadzona jest w instalację poprzez zawór kulowy, co umożliwia jej demontaż bez przerywania procesu w przypadku okresowych kontroli.



Na powyższym rzucie z ekranu widzimy schemat instalacji, gdzie 1 oznacza piec tunelowy, 2 – wannę olejową, a 3 – kołnierz chłodzący (kolektor). Detal porusza się taśmami od strony lewej poprzez piec, gdzie jest nagrzewany, następnie poprzez kolektor wpada do wanny olejowej, gdzie następuje jego schłodzenie. Następnie już schłodzony de-

tal porusza się dalej w prawo poprzez taśmociąg i opuszcza wannę.



◀◀
Przetwornik z aktualnym pomiarem oraz dane historyczne

◀
Kompaktowy przetwornik EE364

ILE MASZ WODY W OLEJU?

Poprzez opis aplikacji wykorzystującej przetwornik wody w oleju chciałbym przekonać Państwa do pewnej refleksji na temat instalacji, w których wykorzystany jest różnego rodzaju olej. Mam nadzieję, że po lekturze części z Czytników zastanowi się ile jest wody w oleju w instalacjach, które podlegają Państwa kontroli i jaki to może mieć wpływ na efektywność procesu i awaryjność poszczególnych elementów systemu.



◀
Przenośny miernik Oilport

Warto przy tym zaznaczyć, że popularyzacja rozwiązania wpływa na obniżkę jego ceny. Co więcej,

w naszej ofercie pojawiły się modele kompaktowe o ograniczonej funkcjonalności, jak np. EE364 w bardzo przystępnej cenie. Niższa cena pozwala myśleć nawet o zastosowaniach seryjnych tych urządzeń. Dodatkowo dostępny jest także model przenośny, używany do dorywczych pomiarów. Musimy jednak zaznaczyć, że tego typu mobilna kontrola, choć lepsza niż jej brak, nie daje pełnego bezpieczeństwa procesowi, tak jak przetwornik zamontowany na stałe.

◀◀
Schemat instalacji na podstawie zdjęcia z pulpitu operatora

Grzegorz Ciałoń

Ukończył studia na Politechnice Śląskiej w Gliwicach, na Wydziale Elektrycznym. W Introlu pracuje od 2006 roku, obecnie jest kierownikiem działu komponentów automatyki. Zajmuje się głównie doбором i konfiguracją urządzeń do regulacji i rejestracji procesów technologicznych.

Tel: 32 789 00 18

Analiza gazu saturacyjnego do prowadzenia pieca wapiennego i sterowania procesem produkcji cukru

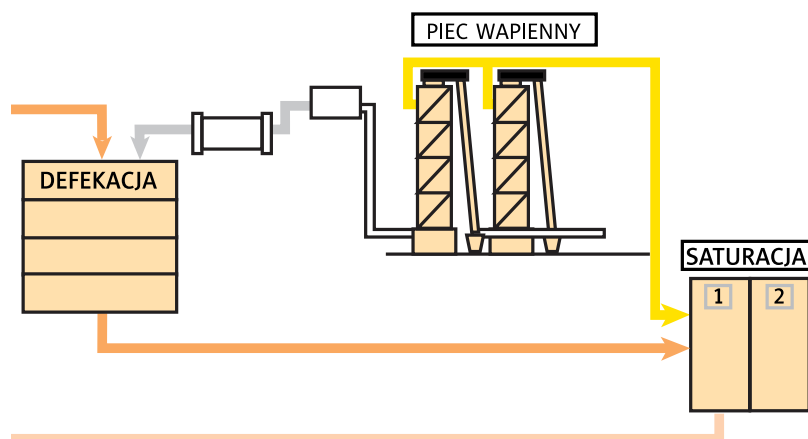
Słodki smak jest atrakcyjny dla człowieka od zawsze. Szacuje się, iż pierwszy cukier został wyizolowany około 3 000 lat przed naszą erą na terenach południowej Azji. Surowcem, z którego wytwarzano cukier była trzcina cukrowa rosnąca w regionach tropikalnych i subtropikalnych. Do połowy XVIII wieku trzcina cukrowa była jedynym źródłem cukru. W roku 1747 niemiecki chemik Andreas Marggraf wyprodukował cukier z buraka cukrowego. Pierwsza cukrownia powstała w początku XIX wieku na Dolnym Śląsku, w miejscowości Konary. Od tego momentu kraje klimatu umiarkowanego przestały być zależne od importu cukru wytwarzanego z trzciny, a on sam stał się powszechnym artykułem spożywczym. Obecnie cukier stosowany jest praktycznie w całym przemyśle spożywczym, zarówno jako podstawowy surowiec do produkcji słodczy, jak i dodatek niezbędny do uzyskania właściwego smaku lub regulator kwasowości. Współcześnie surowcami do produkcji cukru na skalę przemysłową są trzcina cukrowa *Saccharum officinarum* (60% światowej produkcji) i burak cukrowy *Beta Vulgaris* (~ 40% światowej produkcji), a Polska zajmuje czołowe miejsce w Europie pod względem ilości produkowanego cukru. Przyjrzyjmy się jak w praktyce wygląda proces produkcji cukru z buraków i dlaczego analiza gazów jest w nim niezbędna.

ETAPY PRODUKCJI CUKRU

Współcześnie burak cukrowy uprawiany jest na masową skalę. Zebrane bulwy dojrzałych roślin dostarczane są do cukrowni, gdzie poddawane są obróbce. Przykładowy przebieg wytwarzania cukru z buraków cukrowych wygląda następująco:

1. Splawianie, oczyszczanie i mycie buraków
2. Otrzymywanie soku surowego
 - 2.1. Krajanie buraków
 - 2.2. Dyfuzyjne otrzymywanie soku dyfuzyjnego
 - 2.3. Wystódki i ich przerób (pasza)
3. Defekacja – oczyszczanie soku surowego
 - 3.1. **Wypalanie kamienia wapiennego i sporządzanie mleka wapiennego**
 - 3.2. Wstępne nawapnianie soku (defekacja wstępna)
 - 3.3. Głównie nawapnianie soku (defekacja główna)
 - 3.4. **Węglanowanie I (saturacja I)**
 - 3.5. Dekantacja i filtracja I soku węglanowanego
 - 3.6. **Węglanowanie II (saturacja II)**
 - 3.7. Dekantacja i filtracja II soku węglanowanego
 - 3.8. Siarczynowanie soku rzadkiego
4. Zagęszczanie soku rzadkiego (stacja wyparek)
5. Krystalizacja cukru
 - 5.1. Gotowanie cukrzycy I
 - 5.2. Wirowanie cukrzycy I
 - 5.3. Gotowanie i wirowanie cukrzycy II i III
 - 5.4. Melas i jego dalszy przerób
6. Cukier biały (zaw. sacharozy >99.8%, wilgotność <0.08%, barwa biała, bez obcego zapachu).

Fragment schematu procesu technologicznego



Jednym z kluczowych etapów procesu technologicznego wytwarzania cukru jest defekacja, czyli oczyszczanie soku surowego. W procesie defekacji wykorzystywane jest mleko wapienne i gaz saturacyjny. Dolanie mleka wapiennego powoduje alkalizację soku i koagulację koloidów. W wyniku ogrzewania soku i poddania nawapnieniu głównemu (do pH 12–12,5) następuje rozkład związków przeszkadzających w uzyskaniu dobrej jakości cukru.

Po defekacji głównej sok poddawany jest węglanowaniu (saturacji) w aparacie zwanym saturatorem, w którym przez słup soku przepuszcza się gaz saturacyjny. W soku tworzy się wówczas drobnokryształiczna zawiesina węglanu wapniowego, który jest doskonałym pochłaniaczem dla niecukrów. Saturacja wiąże się z obniżeniem odczynu pH do wartości około 10,8–11,2.

Mleko wapienne i gaz saturacyjny uzyskujemy przez wypalenie kamienia wapiennego. W wyniku termicznego rozkładu węglanu wapnia CaCO_3 uzyskuje się wapno CaO oraz gaz saturacyjny. Wapno następnie jest gaszone wodą i powstaje mleko wapienne, które wykorzystuje się do oczyszczania soku surowego.

GAZ SATURACYJNY

Gaz saturacyjny jest mieszkanką dwutlenku węgla CO_2 , tlenu węgla CO , tlenu O_2 , azotu N_2 , pary wodnej oraz zanieczyszczeń powstałych podczas pracy pieca wapiennego. Temperatura rozpatrywanej mieszaniny waha się w zależności od tego, który punkt instalacji jest rozpatrywany. Temperatura po płuczkach wodnych nie przekracza 40°C , a ciśnienie 1 bara. Przykładowy – orientacyjny skład gazu saturacyjnego podawany w literaturze fachowej:

dwutlenek węgla CO_2 – 30% ... 40%
 tlenek węgla CO – 0,8% ... 2%
 tlenu O_2 – 2% ... 3%
 azotu N_2 – 50% ... 55%

CELE PROWADZENIA ANALIZY GAZU SATURACYJNEGO

Ciągły pomiar nie tylko dwutlenku węgla, ale tlenu węgla i tlenu pozwala operatorowi pieca na szybkie podejmowanie decyzji prowadzących do optymalizacji pracy pieca wapiennego. Wysoki poziom CO



a niski O_2 świadczy o zbyt małej ilości powietrza i niepełnym spalaniu (straty w koksie). Oba składniki wysokie to niewłaściwy przepływ powietrza przez warstwę wsadu w piecu (w części pieca niedomiar powietrza, a w innej nadmiar), to też straty paliwa. Niska zawartość CO_2 , CO i O_2 to najczęściej zbyt duża dawka koksu itd. Można tu rozpatrzyć jeszcze kilka wariantów, ale generalnie, znając w każdej chwili skład gazu możemy uniknąć strat w zużyciu kamienia (oprócz wapna mogą być niedopały i przepały), koksu, energii elektrycznej itp. Co ważne, w skrajnych przypadkach zbyt późna reakcja na wystąpienie niewłaściwego procesu wypalania kamienia wapiennego, może doprowadzić do trudności technologicznych w procesie oczyszczania soku i wręcz do ograniczenia produkcji.

Cele prowadzenia pieca wapiennego w skrócie:

- optymalizacja procesu spalania na podstawie pomiaru stężeń CO_2 , CO i O_2 ,
- redukcja wpływu zjawisk takich jak:
 - nieprawidłowy przepływ powietrza,
 - niedomiar powietrza,
 - niepełne spalanie,
- ograniczenie zużycia koksu,
- zmniejszenie przepałów i niedopałów kamienia wapiennego,
- ograniczenie zużycia energii elektrycznej.

Znajomość parametrów gazu – przede wszystkim dwutlenku węgla (bo to on bierze udział w procesie saturacji) pozwala na bardziej precyzyjne sterowanie procesem. Najczęściej proces saturacji I przebiega w jednym kotle, lecz znane są także układy złożone z dwóch zbiorników. W obu przypadkach sterowanie ilością gazu jest od wartości pH w korekcie od ilości przepływającego soku. Zmiana stężenia CO_2 np. na skutek niedomknięcia górnego zamknięcia pieca wapiennego (dzwonu, lub kłapy) powoduje, że układ odpowie z dużym opóźnieniem, co ma wpływ na końcową wartość pH. A od niej zależy czy nie będzie kłopotów z dekantacją soku i filtracją osadów – gęstwy I (zbyt wysokie końcowe pH) z jednej strony, bądź pogorszenia się efektu oczyszczania soków (przy przesaturowaniu następuje desorpcja nieukrótów zaadsorbowanych na osadzie węglanu wapnia). Dla II saturacji, której zadaniem jest pozostawienie minimalnej ilości rozpuszczalnych soli wapniowych w soku, odejście od optymalnego punktu pH (odpowiadające alkaliczności optymalnej) powoduje ich wzrost, czego następstwem jest zarastanie powierzchni grzejnych ogrzewaczy i aparatów stacji wyparnej oraz pogorszenie jakości otrzymywanego cukru (wzrost popiołu i mętności). Jak widać, znajomość składu gazu saturacyjnego pozwala na optymalizację procesu oczyszczania soku, który bezpośrednio wpływa na jakość procesu krystalizacji cukru (do systemów sterowania można wprowadzić korektę, szczególnie przy regulacji w proporcji od przepływu).

Dlaczego tak ważne jest prowadzenie Saturacji I i Saturacji II:

- Właściwa ilość dostarczanego dwutlenku węgla w procesie karbonatacji wpływa bezpośrednio na jakość produkowanego cukru, redukuje:
 - mętność,
 - zawartość soli wapniowych,
 - zawartość soli substancji nierozpuszczalnych.
- Redukcja zarastania powierzchni aparatów stacji wyparnej – ograniczenie zużycia energii cieplnej.

PO CO ANALIZOWAĆ GAZ SATURACYJNY?

Znajomość jakości gazu saturacyjnego jest ważna ze względu na poprawne prowadzenie pieca i procesu karbonatacji (saturacji) I i II. Optymalna zawartość dwutlenku węgla w gazie saturacyjnym umożliwia prowadzenie procesu saturacji bez zakłóceń (intensywne pienienie się soku w przypadku niskiej – ok. 25% zawartości CO_2).

- Zawartość CO_2 (35-38%) – ciągły pomiar zawartości dwutlenku węgla decyduje o prawidłowym monitorowaniu pracy pieca wapiennego.
- Zawartość CO (0,8-1,2%) – pomiar i rejestracja obrazuje poziom współczynnika nadmiaru powietrza przy spalaniu koksu oraz daje pełen obraz spalania koksu.
- Zawartość O_2 (1,5 – 2,0%) – jest wskaźnikiem szczelności pieca w górnej jego części oraz całej instalacji odbioru gazu z pieca. Tlen (jego ilość) decyduje o poprawności procesu spalania koksu.

Brak ciągłego pomiaru ww. gazów nie daje obudzie możliwości szybkiej reakcji na zakłócenia w pracy pieca. Wiele zakłóceń udałooby się wcześniej wyeliminować, a ich skutki złagodzić, dzięki znajomości parametrów gazu. Oczywiście jest bowiem fakt, że prowadzenie procesu technologicznego o wysokim natężeniu przerobowym wymaga stabilnej zawartości gazu saturacyjnego, szybkiego reagowania i eliminowania zakłóceń u źródła (lub jeszcze z pewnym wyprzedzeniem).

Co niemniej ważne, brak ciągłego analizatora gazu i opieranie się na wybiórczych (raz na zmianę) analizach gazu saturacyjnego (np. za pomocą aparatu Orsata), nie zapewnia pewności ruchowej pieca, poprawnej pracy wapiarni jako całości i stacji oczyszczania soku.

ANALIZA ONLINE = JAKOŚĆ + OSZCZĘDNOŚĆ

Ogólnie rzecz ujmując, analiza składu gazu i poprawna interpretacja zmierzonych wartości umożliwia uzyskanie produktu finalnego o wysokiej jakości, przy obniżeniu kosztów surowców i eksploatacji. Poprawne prowadzenie pieca wapiennego pozwala na zmniejszenie ilości zużywanego kamienia wapiennego, koksu i energii elektrycznej. Właściwa ilość dostarczanego dwutlenku węgla do procesu karbonatacji (saturacji I i II), wpływa na jakość produkowanego cukru – redukuje jego mętność, zawartość soli wapniowych i substancji nierozpuszczalnych. Dodatkowo minimalizowane jest zarastanie powierzchni grzejnej aparatów stacji wyparnej, co ma bezpośredni wpływ na zużycie energii cieplnej.

Jak widzimy, analiza składu gazu saturacyjnego ma niezwykle istotny wpływ na cały proces produkcji cukru, w szczególności na procesy saturacji I i II. Do analizy stosowane są specjalistyczne układy pomiarowe zbudowane przede wszystkim z analizatorów CO_2/CO , analizatorów O_2 i drogi gazowej. Takie układy pracują już w polskich cukrowniach, a szczegóły jednego z wdrożeń zostaną opisane w kolejnym numerze „Pod kontrolą”, którego wydanie planujemy na początku przyszłego roku.

Maciej Wawrzyszko

W 1986 roku ukończył Akademię Górniczo-Hutniczą im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Elektryczny, na kierunku Metrologia. W Introlu pracuje od 2004 roku, obecnie jest kierownikiem działu analiz przemysłowych.

Tel: 32 789 00 62

Przetwornik dwutlenku węgla dla wymagających aplikacji

- wymienny moduł pomiarowy
- CO₂ do 5% stężenia
- kompensacja zmian temperatury i ciśnienia
- podgrzewany sensor zapobiega kondensacji
- zakres pracy -40 ÷ 60°C
- dwie fale NDIR o różnych długościach

- wymienny filtr teflonowy
- doskonała ochrona w zanieczyszczonym środowisku

- IP65
- wyjście napięciowe/prądowe oraz RS485
- opcja obudowy ze stali nierdzewnej
- złącze M12

Dzięki podgrzewanemu sensorowi, przetwornik EE872 nadaje się do pracy w warunkach wysokiej wilgotności, a nawet kondensacji. Klasa ochrony IP65 oraz filtr teflonowy zapewniają doskonałą ochronę w zanieczyszczonym środowisku. Metoda pomiaru oparta o pomiar w podczerwieni za pomocą dwóch fal o różnych długościach zapewnia dobrą stabilność i dokładność pomiaru przez długi okres użytkowania. Przetwornik nadaje się między innymi do szklarni, pieczarek, inkubatorów, wylęgarni, komór biologicznych, obór, ferm drobiu oraz magazynów owoców i warzyw.

hvac@introl.pl

Introl Sp. z o.o.

www.introl.pl

introl

automatyka i pomiary