

... zmierzyć stężenie? Żaden problem!

POMIARY REFRAKTOMETRYCZNE

K-PATENTS
PROCESS INSTRUMENTS

Urządzenia firmy K-Patents Process Instruments.



Artykuł został opublikowany w miesięczniku RYNEK CHEMICZNY nr 5/2005

Pewna ilość promieni, padających pod stonkowo ostrym kątem do osi pionowej, ulega załamaniu i częściowemu zaabsorbowaniu przez roztwór a częściowemu odbiciu. Los ten spotyka wszystkie promienie, które padają pod kątem mniejszym od tzw. kąta granicznego całkowitego odbicia. Promienie, które osiągnęły ten kąt, bądź go przekroczyły, na granicy dwóch ośrodków odbijają się całkowicie, w ogóle nie przechodząc do roztworu.

Kąt graniczny całkowitego odbicia jest ściśle związany ze współczynnikiem załamania światła roztworu, który to współczynnik zależy od stężenia tego roztworu. Innymi słowy, ze zmianą stężenia zmienia się współczynnik załamania światła, czyli także kąt graniczny całkowitego odbicia. Teraz tylko wystarczy zmierzyć ów kąt graniczny i problem rozwiązany.

Pomiar współczynnika załamania światła (określanego czasem jako RI, od angielskiego Refraction Index) przez określenie kąta granicznego, rozwiązano tyleż pomyślnie co dokładnie. Promienie odbite częściowo bądź całkowicie od granicy dwóch ośrodków, trafiają na płytkę fotodetektorów. Promienie częściowo pochłonięte a częściowo odbite (czyli osłabione) dają obraz ciemniejszy. Natomiast promienie, które uległy całkowitemu odbiciu, dają obraz jasny. Między tymi dwoma obrazami istnieje na panelu detektorów wyraźna i ostra granica. Ta granica określa kąt graniczny całkowitego odbicia. W celu wyznaczenia współczynnika załamania światła, przyrząd oblicza stosunek powierzchni ciemnej do jasnej. Przeliczenie współczynnika załamania światła na inne jednostki (o ile użytkownik nie posługuje się bezpośrednio wartością RI do sterowania procesem) jest już sprawą banalną. Refraktometr firmy K-Patents Process Instruments może wyświetlać wynik w dowolnych jednostkach stężenia, od podstawowych, takich jak procenty

Tytuł tego artykułu jest nieco przewrotny. Bo z jednej strony, wielu Czytelnikom pomiar stężenia lub gęstości, „na wycucie”, wydaje się nieskomplikowany. W konkluzji niniejszego zostanie to wykazane (a w każdym razie, wskazana zostanie najlepsza metoda pomiaru). Jednak naprawdę, zmierzyć stężenie dokładnie nie jest łatwo. Istnieje wiele metod, lecz większość z nich posiada istotne wady.

„Atom w służbie człowieka”

W pomiarze wykorzystuje się zjawisko pochłaniania promieniowania radioaktywnego przez mierzony roztwór. Zachowując stałą odległość źródła promieniowania od detektora, łatwo określić stężenie bądź gęstość medium, które to parametry pozostają w proporcji do pochłoniętego promieniowania.

Mimo, iż w metodzie z biegiem czasu zastosowano słabe źródła promieniowania, o relatywnie krótkim okresie półtrwania i słabej przenikliwości, to jednak jej użycie wiąże się z problemami. Praca z izotopami wymaga szczególnych kwalifikacji i uprawnień personelu, a także stałego nadzoru służb ochrony radiologicznej. Pewnym problemem bywają kwestie psychologiczne otoczenia, zmuszono do pracy w sąsiedztwie „atomu”.

W takim razie, mikrofalowo

Mikrofałe, przenikając przez mierzony roztwór, podlegają zjawisku przesunięcia fazowego i tłumienia amplitudy. Zmiana tych wartości pozostaje w związku ze zmieniającym się stężeniem substancji rozpuszczonych. W zależności od potrzeb, pomiar może być wykonywany w zbiornikach bądź przepływowo, na rurociągu.

Ponieważ na zjawisko tłumienia mają wpływ takie czynniki jak: przewodność roztworu, zawartość cząstek nierozpuszczonych i temperatura (choć tę akurat można skompensować), wynik pomiaru nie poraża dokładnością.

Wykorzystanie ultradźwięków

Pomiar ultradźwiękowy polega na przepuszczeniu mierzonego medium przez U-rurkę, poddaną drganiom elektromagnetycznym. Częstotliwość drgań zmienia się w zależności od gęstości cieczy. Z pomiaru zmian częstotliwości wylicza się gęstość lub stężenie. Wynik pomiaru w pewnym stopniu zależy od składu cieczy, z tego względu może być obarczony błędem.

Przewodność a stężenie

Dość prostym i tanim sposobem pomiaru jest przeliczanie zmierzonej przewod-

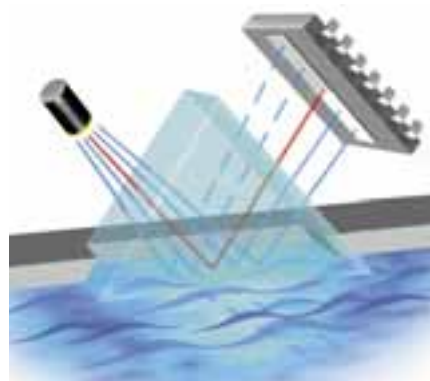
ności roztworu na stężenie, co wykonywane jest automatycznie przez odpowiednio skonfigurowany przetwornik. Tą metodą można mierzyć stężenie roztworów soli, kwasów i zasad. Poważnym ograniczeniem metody jest bardzo różny przebieg krzywych zależności przewodności od stężenia dla różnych związków. Prawie nigdy nie można mierzyć stężenia w pełnym zakresie 0% - 100%. Czasem bywają to wręcz wycinkowe przedziały stężeń (np. dla HCl jedynie 0 - 18% i 22% - 36%) .

Pomiar refraktometryczny

Sposobem, wolnym od wad wielu innych rozwiązań, a mającym dodatkowe zalety, jest pomiar refraktometryczny.

Fińska firma K-Patents Process Instruments tę metodę pomiaru doprowadziła do perfekcji.

Oto jak wygląda zasada działania refraktometru procesowego:



Promienie światne, których źródłem jest dioda świecąca, emitująca światło monochromatyczne, padają na granicę dwóch ośrodków. Jednym z ośrodków jest pryzmat, wykonany np. z syntetycznego szafiru, drugim mierzony roztwór (z czego wynika, że aby dokonać pomiaru, należy zanurzyć czujnik refraktometru częścią „mokrą” w mierzonej cieczy). Promienie światne padają na granicę tych ośrodków pod różnymi kątami i w tym momencie zachodzi osobliwe, choć dokładnie zbadane przez fizykę, zjawisko.

wagowe, g/cm³ do stopni Brix, Ballinga, Plato i innych.

Należy koniecznie wspomnieć o podstawowej przewadze pomiaru refraktometrycznego nad innymi metodami. Otóż metoda ta jest absolutnie niewrażliwa na zanieczyszczenie roztworu częściami stałymi (np. kryształami cukru, włóknami celulozy itp.), pojawiającymi się pęcherzykami powietrza, zmianami barwy. W każdej sytuacji, bez względu na zawartość wymienionych zanieczyszczeń, uzyskuje się dokładność pomiaru 0,1 % zakresu.



Kolejną zaletą refraktometru jest brak konieczności kalibracji urządzenia w całym okresie użytkowania. Zaleta ta wynika z faktu, iż przyrząd nie posiada jakichkolwiek elementów ruchomych, które mogłyby się zużywać, powodując spadek dokładności wskazań. Urządzenie charakteryzuje się zerowym dryftem.

Opisana wyżej zasada działania, jakkolwiek trochę przydługa, nie jest zbyt skomplikowana. Jednak o szerokich możliwościach refraktometrów decydują rozwiązania konstrukcyjne. Firma przewidziała chyba wszystkie możliwe warianty zabudowy urządzeń.

W rurkach, rurach, zbiornikach

Kompletny układ do pomiarów refraktometrycznych firmy K-Patents Process Instruments składa się z czujnika oraz analizatora. Czujnik, zainstalowany w odpowiednim miejscu procesu, jest elementem kontaktującym się z medium i w nim zachodzą opisane wyżej zjawiska częściowego i całkowitego odbicia promieni świetlnych. Z czujnika odpowiedni sygnał elektryczny jest kierowany – za pośrednictwem kabla – do analizatora. Analizator obrabia otrzymany sygnał, wyświetla wynik pomiaru, dzięki posiadanym wyjściom komunikuje się z systemem nadrzędnym, steruje urządzeniami itd.

Możliwości pomiaru stężenia metodą refraktometryczną są ogromne. Kariera refraktometrów zaczęła się w zakładach ce-

lulozowych i cukrowniach, właśnie z uwagi na ową niewrażliwość na wtrącenia w mierzonych roztworach. Za tymi branżami poszły inne. Refraktometry mierzą stężenie różnych kwasów i roztworów związków chemicznych na poszczególnych etapach produkcji. Kontrolują rozdział faz w petrochemii (przy przesyłaniu różnych materiałów jednym rurociągiem). Sterują stężeniem solanki przy produkcji chloru. Kontrolują i sterują procesem zagęszczania przecieru pomidorowego w wyparkach. Mierzą stężenie syropów fruktozowych, laktozowych w przemyśle spożywczym. Kontrolują stężenie soków i innych napojów oraz dżemów w branży przetwórstwa owocowo-warzywnego. Mierzą zawartość (jakżeby inaczej!) alkoholu w trunkach i roztworach technologicznych. Innymi słowy, jak się nie raz mówi, prościej wymienić dziedzin, gdzie ich nie można zastosować, niż te, gdzie są wysoce przydatne.

W ślad za uniwersalnością metody pomiaru poszła inwencja fińskiego producenta, dostarczającego urządzenia do wszelkich możliwych potrzeb aplikacyjnych.

K-Patents spełnia warunek podstawowy; elementy czujnika, mające kontakt z mierzonym medium, są wykonywane z materiałów, odpornych na praktycznie wszelkie agresywne substancje. Części te, poza standardowym materiałem, stalą nierdzewną 316 Ti, w razie potrzeby robione są z Hastelloy'u C, tytanu, tantalum, cyrkonu a także pokrywane odpornymi tworzywami jak teflon, PVDF, Kynar.



Różnorodności używanych materiałów towarzyszy mnogość rozwiązań konstrukcyjnych. Pomiar powinien być wykonywany na cieczy w ruchu (optymalna prędkość przepływu 1,5 m/sek). Dla różnych warunków pracy K-Patents opracował najróżniejsze wersje czujników i dodatkowego osprzętu. Praktycznie, można zainstalować czujnik na rurze dowolnej średnicy. Oferowane są czujniki, zagłębiające się do zbiorników, bądź montowane w płaszczyźnie ściany lub dna (jeśli zbiornik ma mieszadło). Nie jest przeszkodą płaszcz grzejny lub warstwa izo-

lacji zbiornika. Produkowana jest tzw. wersja sanitarna, dla przemysłu spożywczego, posiadająca wszelkie, potrzebne w tej branży, atesty.



W szczególnych przypadkach, kiedy medium jest kleiste lub brudzące, można zainstalować układ płukania pryzmatu (czysty pryzmat jest jednym z podstawowych warunków pomiaru).

Najnowszą wersją jest typoszereg refraktometrów, wysyłających sygnał 4-20 mA z czujnika do analizatora. To rozwiązanie eliminuje konieczność kalibracji fabrycznej łącznie czujnika i analizatora (istotne np. przy wymianie uszkodzonego czujnika). Ponadto, do nowej generacji analizatorów można podłączyć dwa czujniki, co obniża koszt jednostkowy pomiaru. Oczywiście, dostępne są wykonania ATEX (iskrobezpieczne).

Na świecie pracuje już prawie 20.000 refraktometrów produkcji firmy K-Patents Process Instruments. Fińska firma zajmuje niekwestionowaną pozycję światowego lidera w produkcji tych urządzeń. Także w polskich zakładach można spotkać coraz więcej refraktometrów K-Patents. I stale powiększa się liczba tych, którzy docenili zalety przyrządu. Bo zmierzyć dokładnie stężenie przy użyciu refraktometru firmy K-Patents Process Instruments to rzeczywiście żaden problem.



Autor artykułu:
Grzegorz Posz

ukończył Wydział Chemiczny Politechniki Śląskiej w Gliwicach. Doświadczenie zawodowe zdobywał m.in. w przemyśle samochodowym oraz w zakładach produkujących urządzenia automatyki dla górnictwa. W INTRÓLU pracuje od 1997 roku. Od 8 lat jest kierownikiem działu pomiarów fizykochemicznych.

tel. 032/7890050
e-mail: fizchem@introl.pl