

## Światło pracuje dla naszych klientów

### Fotometry firmy Optek-Danulat w akcji

**„Czynnikiem roboczym” we wszystkich fotometrach jest światło, czyli promieniowanie elektromagnetyczne, wykorzystywane w szerokim zakresie długości fali: od ultrafioletu, poprzez światło widzialne, do bliskiej podczerwieni.**

Teoretyczne podstawy fotometrii i zasady pomiarów opracowano w XIX i na początku XX wieku. Jednak dopiero rozwinięta elektronika, oferująca sprawne fotoelementy, spowodowała rozpowszechnienie się pomiarów fotometrycznych (w szczególności tzw. fotometrii obiektywnej).

#### Jak to działa

Mówiąc w uproszczeniu, pomiary fotometryczne sprowadzają się do określenia stopnia osłabienia strumienia światła w wyniku przejścia przez mierzone medium.

Ta prosta zasada została naukowo sformułowana w postaci prawa Lamberta-Beera, które mówi, że absorpcja (czyli logarytm dziesiętny ilorazu natężenia monochromatycznej wiązki światła, wchodzącej do ośrodka absorbującego i natężenia wiązki wychodzącej) jest wprost proporcjonalna do grubości warstwy i stężenia (własności) roztworu.

Cząstki to w fotometrii dość szerokie pojęcie. Co oczywiste, są nimi ciała stałe, takie jak kryształy, flokulanty, katalizatory, dodatki filtracyjne, struktury nieorganiczne oraz polimery i mikroorganizmy a także różne zaśmiecenia. Do cząstek (tak jak je „widzi” fotometr) zaliczamy nierozpuszczony olej w wodzie, nierozpuszczoną wodę w ciekłym gazie, struktury tłuszczowo-proteinowe, mleko w wodzie (i na odwrót), a także pęcherzyki gazów w cieczach.

Wiodącym producentem fotometrów jest niemiecka firma **Optek-Danulat**, obecna na rynku prawie trzydzieści lat, mająca ponad 25.000 aplikacji w różnych gałęziach przemysłu. Setki jej urządzeń pracują również w Polsce.



W urządzeniach **Opteka** wykorzystuje się światło od długości fali 254 nm (ultrafiolet), poprzez światło widzialne, do fali o długości 1100 nm (bliska podczerwień). Substancje rozpuszczone absorbują światło, a cząsteczki zawieszane w cieczy rozpraszają i/lub pochłaniają światło.

W oparciu o te zasady firma produkuje instrumenty do pomiaru koncentracji, barwy, mętności i absorpcji promieniowania ultrafioletowego.

Każdy układ pomiarowy składa się z czujnika i konwertera, połączonych przewodami. Standardowy czujnik stanowi komora przepływowa z przyłączami procesowymi, za pomocą których mocowana jest w ciągu technologicznym. Dostępne są wszelkie znormalizowane typy przyłączy: kołnierze wg norm DIN i ASA, przyłącza sanitarne, gwinty rurowe, szybkozłączki typu Tri-Clamp, a także połączenia spawane (Varivent). Komora przepływowa posiada okienka zamontowane w ściankach naprzeciw siebie. Przez te okienka promienie świetlne z emitera (modułu lampowego) przesyłane są do detektora, po drodze przechodząc przez strumień mierzonej cieczy. Okienka wykonuje się z Pyrexu lub syntetycznego szafiru. Szafir, z uwagi na znacznie gładszą powierzchnię, lepiej nadaje się dla cieczy, osadzających zanieczyszczenia (zawierających np. cząstki oleju). Okienka zabezpieczone są uszczelnieniami, odpornymi na działanie mediów procesowych. Właściwą długość fali świetlnej uzyskuje się za pomocą filtrów, umieszczonych w układzie optycznym.

Komory przepływowe wykonywane są w średnicach od DN 6 do DN 100. Większe średnice są robione na zamówienie, co jednak podnosi cenę. Dlatego dla dużych przekrojów rur stosuje się boczniki o mniejszej średnicy lub sondy (o których nieco niżej).

Niektóre procesy technologiczne z udziałem agresywnych mediów, wymagają stosowania specjalnych materiałów. Poza stałą nierdzewną 316Ti, producent oferuje elementy wykonane z tytanu, stopów: Hastelloy C, Nickel 200, Monel a także z tworzyw TFMC i PEEK.

Urządzenia spełniają również wszelkie wymagania temperaturowe; wersje standardowe pracują w zakresie do 100-120°C, a wysokotemperaturowe do 240°C. Istnieją również warianty dla stref zagrożonych wybuchem.

Źródłem światła są niskonapięciowe moduły lampowe o żywotności przeciętnie 4-5 lat (żarówki wolframowe) lub 2-3 lata (żarówki rtęciowe).

#### Trudne miejsca

Nie zawsze możliwe jest zastosowanie komory przepływowej. Czasami pomiar musi być wykonywany w zbiorniku, reaktorze lub

rurze o dużej średnicy. Firma **Optek** rozwiązała i ten problem, opracowując specjalne czujniki w postaci sond, instalowanych w ściance zbiornika, bądź rurociągu. Zasada pomiaru jest taka sama jak w czujnikach przepływowych. Różnica polega jedynie na tym, że zarówno emisja promieniowania jak i jego detekcja odbywa się w jednym, zwartym elemencie. Długość drogi optycznej, czyli odległość między okienkami, regulowana jest szerokością wycięcia w sondzie (tutaj ciekawostka, świadcząca o precyzji wykonania elementu: szafirowe okienka [wyłącznie] są zatłoczone w stalowym korpusie bez jakichkolwiek uszczelnień).

Do kontroli niewielkich reaktorów w biotechnologii i farmacji (także w laboratoriach) oferowane jest urządzenie **Fermenter Control**. Składa się ono z sondy o nieco mniejszej średnicy oraz innej wersji konwertera.

#### Zmierzyć, (ewentualnie) wyświetlić i sterować

Niezbędnymi elementami układów pomiarowych są konwertery (przetworniki). Firma oferuje dwie odmiany przetworników. Modelem flagowym jest urządzenie z niebieskim (bądź granatowym) panelem czotowym i wyświetlaczem ciekłokrystalicznym, o kodzie **C 4000**. Konwerter ten umożliwia podłączenie jednego, dwóch a nawet czterech czujników (sondy). Przyrząd podaje mierzone wartości w jednostkach żądanych przez użytkownika (CU, EBC, ppm, FTU, jednostki skal barwy itd.). Dla większej ilości czujników, urządzenie dzieli ekran i podaje wskazania równoległe dla wszystkich. Do konwertera można podłączyć czujniki, mierzące różne parametry (np. mętność/barwa, koncentracja/mętność itd.). Każdy czujnik posiada w konwerterze własny rejestrator, zapisujący 25.000 wyników.

Ostatnim elementem układu pomiarowego jest zestaw kabli, składający się z dwu przewodów. Jeden zasilą moduł lampowy a drugim przesyłany jest sygnał z detektora.

W przypadkach, gdy nie trzeba wskazywania wartości pomiaru i wystarczy utrzymywanie wielkości mierzonej w pewnym przedziale, zaleca się przetworniki, posiadające jedynie nastawialne przełączniki graniczne oraz wyjście prądowe. Te przetworniki, typu **156** lub **556**, wraz z prostszymi czujnikami, stanowią wersję ekonomiczną.



## Przechodzimy do praktyki

W zakresie pomiaru stężenia zawiesin można regulować dozowanie flokulantów, kontrolować separatory, rozdział faz (np. mleko/woda), sterować początkiem i końcem krystalizacji, polimeryzacji, kontrolować ultrafiltrację.

Pomiar barwy jest z natury rzeczy bardzo subiektywny, bo nie ma uniwersalnego wzorca barwy. Na potrzeby różnych branż opracowano wiele skal. Np. w browarnictwie używana jest skala EBC, w cukrownictwie ICUMSA, w produkcji wody pitnej skala kobaltowo-platynowa. Wobec braku korelacji między skalami, producent fotometrów „dopasował się” do wymagań klientów i oferuje pomiary we wszelkich stosowanych skalach (EBC, Gardner, HAZEN, ICUMSA, Lovibond, skala jodowa, ASTM, SAYBOLD i inne).

Pomiary barwy znajdują zastosowanie m.in. w kontroli zabarwienia różnych produktów (piwa, syropu cukrowego, soków), kontroli procesów odbarwiania, zawartości wtrąceń w mediach procesowych (np. żelaza w kwasie solnym), miedzi, niklu, chromu w kąpielach galwanicznych, detekcji katalizatorów, stężenia glonów. W zależności od wymagań, istnieje wersja jednopromieniowa i dwupromieniowa czujnika do pomiaru barwy. W wersji jednopromieniowej stosuje się światło o jednej długości fali. W wersji dwupromieniowej występuje także porównawczy strumień światła, niereagujący na barwę cieczy. Ta wersja czujnika pozwala na uzyskanie dokładniejszych wyników dzięki kompensacji spadku natężenia światła żarówki, mętności cieczy itp.

Pomiar absorpcji promieniowania ultrafioletowego stosowany jest do kontroli śladowych ilości węglowodorów aromatycznych, w wysokosprawnej chromatografii cieczowej, detekcji substancji organicznych w wodzie i ściekach, w wielu procesach w biotechnologii i przemyśle farmaceutycznym.

Czujniki układów pomiarowych absorpcji ultrafioletu występują w wersji dwu- i czteropromieniowej.

Czujnik dwupromieniowy wykorzystuje jeden promień (jedną długość fali) jako pomiarowy, drugi promień spełnia rolę referencyjną. Czujnik czteropromieniowy stosuje równocześnie dwie pomiarowe długości fali, np. 254 i 280 nm i odpowiednio dwa promienie referencyjne. W absorpcji ultrafioletu, pomiary referencyjne dotyczą kontroli natężenia światła żarówek (żarówki rtęciowe szybciej obniżają natężenie światła w trakcie eksploatacji). Urządzenia do pomiarów absorpcji ultrafioletu nie występują w wersji uproszczonej.

## Klarownie o mętności

Pomiar zmętnienia jest stosunkowo najczęstszym „zajęciem” dla fotometrów. Oddaje on usługi w kontroli procesów filtracji (pozwa-

la nie tylko określić jakość produktu ale także uchwycić moment awarii, np. przebicia filtra), wykorzystywany jest do kontroli zanieczyszczeń kondensatu, wykrywania śladowych ilości oleju w wodzie, dawkowania katalizatorów oraz do kontroli mętności piwa (a raczej jej braku).

Czujniki zmętnienia firmy **Optek-Danulat** różnią się budową od innych. Teoretycznie, najlepszy efekt pomiarowy uzyskuje się jeśli detektory są odchylone o kąt 1° w stosunku do osi promienia padającego. Niestety z przyczyn technicznych jest to niewykonalne, ponieważ nie da się wywiercić tak blisko siebie otworów na detektory, aby wzajemnie na siebie nie zachodziły. Z tego względu wybrano kąt 11°. Przy tym kącie wykrywana jest największa ilość najczęściej występujących cząstek o małych i średnich rozmiarach. Stosowany przez niektórych producentów fotometrów kąt odchylenia 25° jest prostszy w wykonawstwie ale daje gorszy efekt pomiarowy.

Odchylenie o 11° najłatwiej reaguje na cząstki wielkości koloidów (w większości procesów nie występujących). Problem dotyczy głównie browarów.

## Nowość!

W przypadku koloidów, najlepszy efekt uzyskuje się przy zastosowaniu kąta pomiaru 90°. Po filtracji gotowego piwa stosowano zatem dwa fotometry; jeden, przeważnie firmy **Optek-Danulat** z czujnikiem **TF 16** (11°) do wykrywania dużych i średnich cząstek oraz drugi, do detekcji pod kątem 90°, do kontroli koloidów, pochodzący od konkurencji. Ostatnio **Optek** wyprodukował nowość specjalnie dla browarów; czujnik dokonujący równoczesnej detekcji cząstek pod kątem 11° oraz 90°. Rozwiązanie jest absolutnie nowatorskie, nieporównywalne z żadnym innym na rynku. Urządzenie nazywa się **Haze Control DTF 16**.



W tym samym czujniku (w komorze przepływowej) umieszczone są dwa zespoły detektorów: jeden pod kątem 11° a drugi pod kątem 90°. Obydwa systemy detektorów korzystają ze wspólnego źródła światła. Nowatorstwo rozwiązania (poza podwójnym układem detektorów) polega na specjalnym kształcie wnętrza komory, który chroni detektor 90° przed przyjmowaniem fałszywego światła, odbitego nie od koloidów, ale od ścianek komory. Konkurencyjna firma w tym celu maluje wnętrze komory czarną farbą. Ten

sposób sprawdza się na krótko, dopóki przepływające piwo i środki myjące nie spowodują degradacji farby, która po jakimś czasie staje się zielona. Od tego momentu gorzej tłumione pojedyncze promienie zafatszowują wynik.

**Optek** opracował specjalny profil ścian, przypominający linię falistą, dzięki czemu odbijające się fałszywe promienie nie są kierowane w kierunku detektora i nie zakłócają pomiaru. Urządzenie ma zerowy dryft, zatem nie ma konieczności powtarzania okresowo fabrycznej kalibracji. Oba kanały pomiarowe (11° i 90°) obsługuje jeden konwerter, wyświetlając wyniki na dzielonym ekranie. Browarnicy nie muszą już nabywać dwóch różnych urządzeń do kompleksowej kontroli mętności gotowego piwa.

**Optek** oferuje także wersję laboratoryjną o nazwie **DT9011**.

Na zakończenie szczegółów ułatwiający życie użytkownikom fotometrów. Firma opracowała specjalną, opcjonalną przystawkę kalibracyjną, do zamontowania w czujniku, do której w czasie kalibracji wkłada się odpowiedni filtr o ściśle określonej wartości CU (Jednostki Koncentracji – jednostki absorpcji światła). To rozwiązanie pozwala uniknąć kłopotliwej (i szkodliwej dla zdrowia) metody formazynowej (niestety nie dotyczy mętnościomierzy).

**Optek** dla prawie każdego rodzaju pomiaru oferuje prostą bądź zaawansowaną wersję urządzeń. Urządzenia proste (przetworniki bezwskaznikowe) są stosowane przeważnie jako detektory wartości granicznych. Natomiast układy zaawansowane, wyposażone w konwertery z ekranami ciekłokrystalicznymi i rejestratorami wyników, wykonują precyzyjne pomiary i wyświetlają wyniki w dowolnych jednostkach.

Fotometry są coraz powszechniej stosowane w przemyśle. W wielu dziedzinach eliminują metody tradycyjnej analizy chemicznej. Fotometria jest szybka, tania w eksploatacji (brak jakichkolwiek odczynników, bardzo długa żywotność układów) i niezwykle pomocna przy automatyzacji procesów przemysłowych. Mamy nadzieję, że powyższy opis, z konieczności bardzo ogólny, przekona Czytelników do tej metody pomiaru.



**Autor artykułu:**  
**Grzegorz Posz**  
 ukończył Wydział  
 Chemiczny Politechniki  
 Śląskiej w Gliwi-

cach. Doświadczenie zawodowe zdobywał m.in. w przemyśle samochodowym oraz w zakładach produkujących urządzenia automatyki dla górnictwa. W INTROLU pracuje od 1997 roku. Od 9 lat jest kierownikiem działu pomiarów fizykochemicznych.

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