

# Czujniki optyczne DO usprawniają zarządzanie procesem fermentacji

## Problem

W miarę zwiększania rocznej produkcji piwa, właściciel dużego browaru miał coraz większe trudności ze znalezieniem czasu na przeprowadzenie czynności konserwacyjnych, zwłaszcza tych związanych z ponowną kalibracją czujników EC służących do pomiaru tlenu rozpuszczonego tlenu na liniach produkujących brzeczki.

## Rozwiązanie

Na linii do produkcji brzeczki zamontowano czujnik LDO in-line firmy Hach® przeznaczony do wysokiego zakresu pomiarowego, a następnie przeprowadzono równoległe testy czujników LDO i EC w celu porównania wyników ich pracy. W 12-miesięcznym okresie testowym czujnik LDO przeznaczony do wysokiego zakresu pomiarowego sprawdzał się znakomicie.

## Korzyści

Zastosowane czujniki DO in-line spowodowały znaczne zmniejszenie potrzeb związanych z wykonywaniem czynności serwisowych i konserwacyjnych. Element pomiarowy czujnika LDO wymienia się tylko raz w roku, natomiast kalibracja odbywa się dwa, a nie 12 razy w roku.

## Informacje podstawowe

Właściciel omawianego browaru szukał możliwości zwiększenia produktywności swojego zakładu o około 2 miliony hektolitrów piwa na rok (około 1,7 miliona beczek – z 3,5 miliona do 5,5 miliona hektolitrów). Browar, który działa 24 godziny na dobę, stanowi ważny zakład produkcyjny w obrębie swojej sieci piwowarskiej, a inwestycja umożliwiła mu dalsze zaspokajanie silnego popytu na produkowane przez niego marki piwa.

## Zarządzanie brzeczka

W celu wyzwolenia procesu fermentacji do linii produkcyjnej brzeczki wtłacza się czysty tlen lub powietrze. Działanie to nie ma na celu intensyfikacji czynności oddechowych drożdży; po dodaniu do brzeczki drożdże szybko przyswajają tlen i wykorzystują go w procesie biosyntezy błon komórkowych. Tlen umożliwia komórkom drożdży znacznie szybszy wzrost oraz osiągnięcie wyższej gęstości komórek. Jednak dzięki kontroli poziomu tlenu rozpuszczonego, przy wartości wynoszącej na przykład 20 ppm dla piwa leżakowego, szybkość fermentacji jest prawidłowa. Jeżeli fermentacja trwa zbyt długo, wówczas produkcja opóźnia się, natomiast jeżeli fermentacja jest zbyt krótka, wówczas odbija się to na smaku.



Rys. 1. Fermentacja brzeczki

### Pomiar brzezki

Dodawanie tlenu lub powietrza do brzezki należy kontrolować. Zbyt wysoka zawartość tlenu powoduje zbyt szybką fermentację, co jest niepożądane. Wpływa to na smak i przyczynia się do nadmiernego wzrostu komórek drożdży. Nadprodukcja drożdży jest z kolei kosztowna dla browaru, ponieważ sprawia, że produkt końcowy nie nadaje się do użycia.

Z drugiej strony brak tlenu w początkowych etapach skutkuje słabą fermentacją i może doprowadzić do zwiększenia poziomu acetylokoenzymu A w komórkach drożdży. To z kolei może spowodować wytworzenie wyższego stężenia estrów w piwie i wywołać inne niepożądane zmiany smaku.

#### Wpływ niewystarczającego nasycenia brzezki tlenem

- Zstój fermentacji
- Słaba fermentacja
- Wzrost poziomu acetylokoenzymu A
- Synteza ścian komórkowych drożdży rozpoczyna się od acetylokoenzymu A
- $O_2$  jest konieczny dla właściwej syntezy lipidów
- Niski poziom  $O_2$  prowadzi do zwiększonej syntezy estrów
- Podwyższony poziom  $H_2S$

#### Wpływ nadmiernego nasycenia brzezki tlenem

- Fermentacja na gorąco
- Nadmierny wzrost drożdży
- Śmierć komórek drożdży w wyniku braku dostępu do składników pokarmowych
- Powstanie niepożądanego smaku

#### Cele natleniania

Posmak piwa bierze swój początek już z procesu fermentacji

- Osiągnięcie optymalnego poziomu nasycenia tlenem dla komórek drożdży
- Wykorzystywanie jak najmniejszej ilości gazu ( $O_2$  lub powietrza)
- Utrzymywanie gazu w postaci rozpuszczonej
- Zminimalizowanie efektu pienienia
- Walidacja punktów pomiarowych

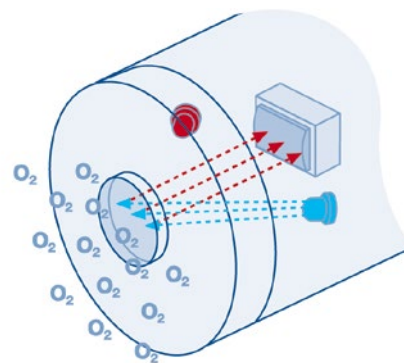
### Rozwiązania i usprawnienia

Głównym celem wymiany czujników EC na optyczne czujniki DO było ograniczenie zarówno częstotliwości ponawiania kalibracji, jak i czasu potrzebnego do jej wykonania. Aby rozpocząć pracę z czujnikami niezbędne okazało się wstrzymanie produkcji. Większość linii znajduje się pod ciśnieniem, dlatego potrzebne były liczne procedury, aby móc uzyskać wymaganą autoryzację. Do przeprowadzania czynności kalibracyjnych pracownicy browaru starali się więc wykorzystywać przerwy w produkcji, ponieważ wszelkie opóźnienia byłyby bardzo kosztowne.

#### Optyczna technologia czujników DO firmy Hach

Element pomiarowy czujnika pokrywa materiał luminescencyjny – luminofor, który jest wzbudzany przez niebieskie światło pochodzące

z wewnętrznej lampy LED. Pod wpływem wzbudzenia materiał luminescencyjny emituje czerwone światło, a poziom tej luminescencji jest proporcjonalny do ilości rozpuszczonego tlenu. Luminescencja jest mierzona zarówno pod kątem maksymalnego natężenia, jak również czasu wygaszania. Do pomiaru referencyjnego przed każdym odczytem wykorzystywana jest czerwona dioda LED, co zapewnia zachowanie dokładności czujnika.



Poprzez modulowanie stanu wzbudzenia czas wygaszania jest przekształcany w przesunięcie fazowe modulowanego sygnału fluorescencji, niezależnego od intensywności fluorescencji. Niezwykle istotne jest to, że w przeciwieństwie do czujników EC, oznacza to, że proces starzenia się czujnika nie wpływa na jego dokładność.

W związku z tym czujnik EC wymaga częstych działań serwisowych i powtarzania kalibracji – zazwyczaj raz na 1–3 miesiące. Z kolei czujnik LDO wymaga wykonywania kalibracji co 6 miesięcy, przy czym zajmuje ona zaledwie kilka minut. Raz na rok należy również wymienić element pomiarowy czujnika. Czujnik LDO ma również krótszy czas reakcji niż czujniki EC, co może stanowić kluczowy czynnik w zminimalizowaniu wszelkich ewentualnych opóźnień produkcyjnych.



Rys. 2. Przetworniki 410 firmy Hach – typowa instalacja



Rys. 3. Czujnik LDO M1100-H firmy Hach – typowa instalacja

### Pomiary tlenu rozpuszczonego przy użyciu czujników przeznaczonych do wysokiego i niskiego zakresu pomiarowego

Poziom tlenu rozpuszczonego w piwie jasnym jest mierzony w jednostkach części na miliard (ppb), zazwyczaj do 100 ppb, czyli w zakresie pomiaru czujnika LDO M1100-L firmy Hach przeznaczonego do niskiego zakresu pomiarowego. W celu uzupełnienia pomiarów online wykorzystuje się również przenośne wersje czujników produkowanych w technologii LDO (Orbisphere 3100). Dostępny jest także czujnik LDO M1100-H przeznaczony do wysokiego zakresu pomiarowego, obejmującego wartości 0–40 ppm, przez co jest on idealny do aplikacji związanych z pomiarami w brzeczce.

Od kilku lat omawiany tutaj browar korzysta z czujników LDO in-line przeznaczonych do niskiego zakresu pomiarowego, dlatego pracownicy ds. zapewnienia i kontroli jakości mieli już zaufanie do technologii optycznej. Nowy czujnik LDO przeznaczony do wysokiego zakresu pomiarowego został zamontowany w 2014 roku i od tego momentu nie napotkano żadnych problemów, a czujnik sprawdził się znakomicie. Linia była również monitorowana za pomocą czujnika EC, dlatego byliśmy w stanie sprawdzić działanie czujnika w dłuższym przedziale czasowym.

### Wyniki

W ciągu 12 miesięcy zakład przeprowadził 1344 cykle warzenia z cotygodniowym procesem czyszczenia. Jednak od tamtej pory roczna produkcja na tej linii została zwiększona do 2200 cykli warzenia. Wyniki uzyskane za pomocą czujników LDO przeznaczonych do wysokiego zakresu pomiarowego spełniły oczekiwania klienta. W konsekwencji browar zakupił niedawno dwa kolejne czujniki LDO tego typu.

### Wnioski

Poprawa efektywności i stabilności dzięki zastosowaniu czujników LDO jest w tym przypadku oczywista. Czujniki EC wymagają wykonywania ponownej kalibracji 12 razy w roku dla każdej z linii produkcyjnych, dlatego ich wykorzystywanie wiąże się z większym obciążeniem administracyjnym i operacyjnym, a co za tym idzie – z brakiem czasu na przeprowadzanie czynności konserwacyjnych.

Dla porównania, element pomiarowy w czujnikach LDO przeznaczonych do niskiego zakresu pomiarowego wymienia się i kalibruje raz w roku, a w przypadku czujników przeznaczonych do wysokiego zakresu pomiarowego – co 6 miesięcy. Coroczne zamknięcie zakładu w celu wykonania działań konserwacyjnych odbywa się zazwyczaj w okresie, w którym obserwuje się najniższy popyt, t.j. w styczniu. Jest to więc idealny czas na wymianę i ponowną kalibrację czujników LDO.



Rys. 4. Przenośny analizator tlenu Orbisphere 3100 wykorzystywany do weryfikacji online



Rys. 5. Czujnik LDO przeznaczony do wysokiego zakresu pomiarowego idealny do zarządzania procesem fermentacji