

Оптические датчики кислорода для управления процессом брожения

Проблема

По мере увеличения ежегодного объема производства пива крупным пивоваренным компаниям становится труднее выделять время на техническое обслуживание, в частности, калибровку электрохимических датчиков растворенного кислорода на линиях сусла.

Решение

На линии сусла был установлен монтируемый в трубу датчик Hach® LDO высокого диапазона, показания которого сравнивались с показаниями электрохимического датчика. В течение 12 месяцев датчик LDO демонстрировал очень хорошую работу.

Преимущества

Монтируемые в трубу датчики кислорода высокого диапазона позволили существенно сократить обслуживание. Чувствительный элемент датчика LDO требует замены всего один раз в год, а его калибровка выполняется два раза в год вместо 12.

Ситуация

Крупная пивоваренная компания собиралась увеличить производство пива приблизительно на 2 миллиона гектолитров в год (около 1,7 миллионов бочек – с 3,5 миллионов до 5,5 миллионов гектолитров). Пивоварня работает круглосуточно без выходных и является важным производственным объектом. Благодаря инвестициям пивоваренная компания смогла и далее отвечать высоким требованиям, предъявляемым потребителями к их марке.

Подготовка сусла

Для улучшения процесса брожения в подготовленное сусло вводится чистый кислород или воздух. Сразу после введения дрожжей в сусло в процессе дыхания они поглощают большое количество кислорода, который затем используют в мембранном биосинтезе. Благодаря кислороду клетки дрожжей растут гораздо быстрее и достигают более высокой плотности. Однако регулирование содержания растворенного кислорода, например на уровне 20ppm для светлого пива, позволяет поддерживать необходимую скорость брожения. Если процесс брожения идет слишком долго, производство задерживается, если слишком быстро, может измениться вкус пива.



Рисунок 1. Брожение сусла

Измерение параметров сусла

При добавлении кислорода или воздуха в сусло, безусловно, необходим контроль. Слишком большое содержание кислорода приводит к нежелательно быстрому и активному брожению. Это влияет на вкус и приводит к чрезмерному росту дрожжей, что впоследствии может увеличить затраты, поскольку продукция будет непригодна для потребления.

В то же время недостаток кислорода на начальных этапах дает слабое брожение и может привести к повышенному содержанию ацетилкофермента А в клетках дрожжей. Это, в свою очередь, приводит к повышенному содержанию сложных эфиров в пиве и появлению нежелательных привкусов.

Последствия недостаточного обогащения сусла кислородом:

- Замедленное брожение
- Неполное брожение
- Образование ацетилкофермента А
- Ацетилкофермент А вызывает рост клеточных стенок дрожжей
- Кислород нужен для образования липидов
- Низкое содержание O_2 приводит к повышенному образованию эфиров
- Повышенное содержание H_2S

Последствия чрезмерного обогащения сусла кислородом:

- Высокотемпературное брожение
- Чрезмерный рост дрожжей
- Голодание дрожжей из-за недостатка доступных питательных веществ
- Появление нежелательного привкуса

Задачи, связанные с обогащением кислородом:

Появление привкуса пива может начаться на стадии брожения

- Достигнуть оптимального для здоровья дрожжей уровня обогащения кислородом
- Использовать как можно меньше газа (O_2 или воздуха)
- Сохранить газ в растворе
- Свести к минимуму образование пены
- Утвердить точки измерения

Технология и улучшения

Основная задача при переходе от электрохимических к оптическим датчикам растворенного кислорода – сократить частоту калибровок и снизить время, необходимое для выполнения этой работы. Для выполнения работ на датчиках требовалась остановка производства, а поскольку большинство линий находится под давлением, для получения необходимых разрешений требовалось выполнение определенного количества различных процедур. Обычно для выполнения необходимых работ специалисты ожидали моментов остановки производства, поскольку задержки в производстве могли повлечь за собой большие расходы.

Оптическая технология измерения растворенного кислорода Hach

Чувствительный элемент датчика покрыт люминофором, который облучается синим светом от внутреннего светодиода.

Под действием синего света люминофор излучает красный свет, и эта люминесценция пропорциональна присутствующему растворенному кислороду. Измеряется как максимальная интенсивность люминесценции, так и ее время затухания. Сигнал от встроенного светодиода красного света используется как эталон перед каждым измерением для обеспечения постоянной точности датчика.

За счет модуляции сигнала возбуждения время затухания трансформируется в сдвиг фазы модулированного сигнала флуоресценции, который не зависит от интенсивности флуоресценции. Важно отметить, что в отличие от электрохимических датчиков на точность датчика не влияет износ.

Таким образом, если электрохимическому датчику требуется частое обслуживание и калибровка, обычно каждые 1 - 3 месяца, то датчику LDO требуется калибровка один раз в полгода, выполнение которой занимает всего несколько минут, а также одна замена чувствительного элемента в год. Кроме того, время отклика датчиков LDO значительно меньше, чем электрохимических датчиков, что может иметь огромное значение для минимизации потенциальных задержек производства.

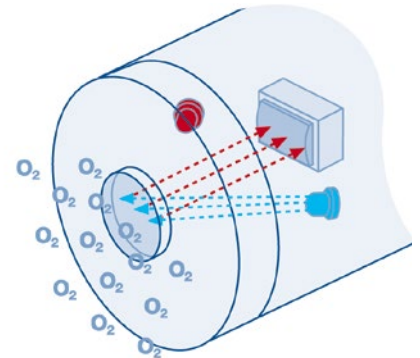




Рисунок 2. Контроллеры Hach 410 – Стандартная установка



Рисунок 3. Датчик Hach M1100-H LDO – Стандартная установка

Измерения растворенного кислорода в высоком и низком диапазонах

Содержание растворенного кислорода в светлом пиве измеряется в частях на миллиард, обычно в диапазоне до 100ppb. Измерения в этом диапазоне успешно осуществляются с помощью датчика LDO низкого диапазона HACH M1100-L. Портативные приборы с технологией LDO (Orbisphere 3100) также используются для выполнения промышленных измерений. Существует и датчик LDO для высокого диапазона – датчик M1100-H, диапазон которого составляет 0 - 40ppm, что делает его идеальным для анализа суслу.

Монтируемые в трубу датчики LDO низкого диапазона использовались на данной пивоварне в течение нескольких лет, поэтому специалисты по обеспечению качества с доверием относятся к оптической технологии. Новый датчик LDO для высокого диапазона был установлен в 2014 году, датчик показал превосходную работу без каких-либо проблем. Кроме того, на линии осуществлялся мониторинг с помощью электрохимического датчика, что позволило проверить работоспособность датчика в долгосрочной перспективе.

Результаты

За 12 месяцев было выполнено приблизительно 1344 варки с еженедельно выполняемой чисткой. Однако за это время ежегодное производство на линии возросло до 2200 варок. Работа датчика LDO высокого диапазона соответствовала необходимым требованиям, поэтому недавно эта пивоваренная компания приобрела еще два датчика LDO высокого диапазона.

Закключение

Специалисты пивоваренной компании хорошо знают, какие улучшения с точки зрения эффективности и стабильности обеспечивают датчики LDO. При использовании электрохимических датчиков требуется выполнять калибровку 12 раз в год на каждой линии. Это приводит к дополнительным административным и эксплуатационным трудностям, а с увеличением уровня производства находить необходимое время на выполнение обслуживания становится все сложнее.

Чувствительный элемент датчиков LDO низкого диапазона заменяется и калибруется один раз в год или один раз в полгода для датчиков высокого диапазона. Ежегодная остановка производства для выполнения обслуживания обычно осуществляется в период самого низкого спроса – в январе, поэтому это идеальное время для замены и повторной калибровки датчиков LDO.



Рисунок 4. Портативный прибор Orbisphere 3100 для верификации онлайн измерений.

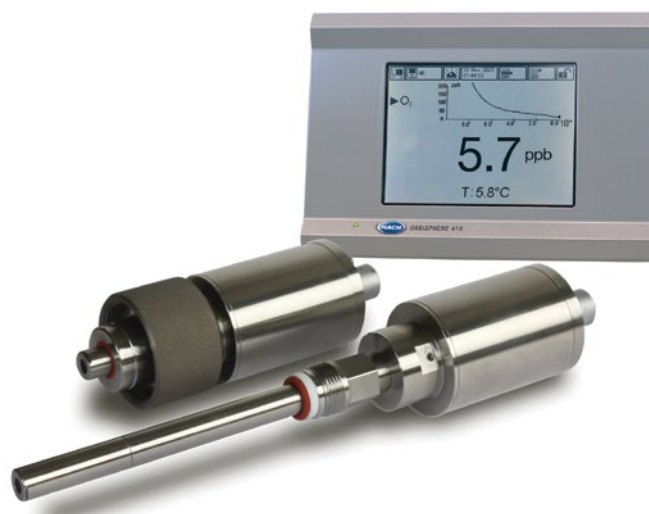


Рисунок 5. Датчик LDO высокого диапазона идеально подходит для управления процессом брожения