

Мониторинг кислорода для улучшения качества и вкуса пива

ЧАСТЬ 1: Амперометрические и оптические датчики

Введение

Кислород: недопустим в таре, необходим при брожении.

По числу доставляемых пивоварам трудностей мало что может сравниться с кислородом. Даже небольшое количество кислорода, попавшее в процесс, может вызвать окисление. В то же время кислород является критически важным для процесса брожения. Есть целый ряд причин, чтобы тщательно отслеживать содержание кислорода в процессе пивоварения, начиная от перерасхода сырья и излишних трудозатрат, и заканчивая появлением нежелательного привкуса пива. Использование специальных приборов для контроля кислорода на всех этапах производства позволяет улучшить вкус пива и хранить продукцию на полках магазинов в течение длительного времени.

Обладая более чем 40-летним опытом измерения кислорода в пивоварении, компания Hach (бренд Orbisphere) по праву считается экспертом в амперометрических и оптических измерениях. В данной статье в двух частях рассматриваются методы и приборы измерения содержания кислорода, которые позволят сохранить высокое качество пива в течение длительного времени после выхода с завода.^{1,2}

ЧАСТЬ 1 посвящена вопросам выбора датчика кислорода, в том числе:

- влияние окисления на процесс пивоварения;
- амперометрические и оптические датчики кислорода;
- условия процесса, влияющие на измерение кислорода.

ЧАСТЬ 2 посвящена вопросам, возникающим в повседневной практике, в том числе:

- абсолютный ноль для датчиков кислорода;
- стабильность и дрейф показаний датчиков;
- калибровка датчиков;
- обслуживание датчиков.

Причины окисления

О влиянии кислорода на различные стадии производства пива, а также о необходимости поддерживать соответствующий уровень кислорода уже подробно говорилось в других работах.^{3,4} После завершения процесса брожения очень важно избежать дальнейшего окисления пива, чтобы сохранить качество, вкус и срок годности готового продукта.

Профессиональные дегустаторы могут легко определить окислившееся пиво. Если содержание кислорода было превышено, существенные изменения происходят сразу после розлива пива. Эти изменения сопровождаются неустойчивостью цвета и вкуса. Наиболее отчетливо при этом ощущается привкус «картона» или «влажной бумаги», являющийся следствием окисления пива из-за повышенного содержания кислорода. В то же время при тщательном контроле содержание растворенного кислорода в пивной таре может составлять менее 20 мкг/л. При таком уровне срок годности пива значительно увеличивается, поэтому тщательный контроль кислорода необходим на всех этапах производства.

Попадание воздуха в светлое пиво в основном происходит при перемещении пива между резервуарами. Поэтому после каждого перемещения пива и каждой операции, например фильтрации, необходимо проверить, что уровень кислорода остался неизменным.

Другими источниками попадания воздуха могут быть плохо очищенные резервуары, негерметичные уплотнения насоса или клапаны, а также дозирующие насосы. Выполняя измерения на всех стадиях производства, можно определить источник попадания кислорода и минимизировать его влияние.

Методы мониторинга кислорода

Традиционно для измерения растворенного кислорода (DO) в пивоварении и других отраслях использовались амперометрические датчики с мембраной. Кислород диффундирует через мембрану и в результате электрохимической реакции генерируется ток, который прямо пропорционален парциальному давлению кислорода в образце. Константа пропорциональности может быть определена при помощи калибровки по воздуху, так как парциальное давление кислорода в воздухе всегда известно.

В последнее десятилетие стали пользоваться популярностью оптические датчики, и в настоящее время именно они наиболее часто используются при производстве напитков. С момента их появления в индустрии напитков оптический принцип основывается на измерении флуоресценции люминофора, возбуждаемого светом. В присутствии кислорода флуоресценция затухает (чем больше кислорода, тем быстрее затухает флуоресценция). Концентрация кислорода может быть рассчитана путем измерения времени затухания флуоресценции. За счет модулирования возбуждающего света время затухания преобразуется в сдвиг фазы модулированного сигнала флуоресценции, который не зависит от интенсивности флуоресценции и, следовательно, от потенциального старения датчика.

Для обоих методов закон Генри описывает связь между парциальным давлением и концентрацией растворенного вещества в пробе. На Рисунке 1 показаны принципиальные различия поведения измеренного сигнала в зависимости от содержания кислорода для амперометрического и оптического методов.

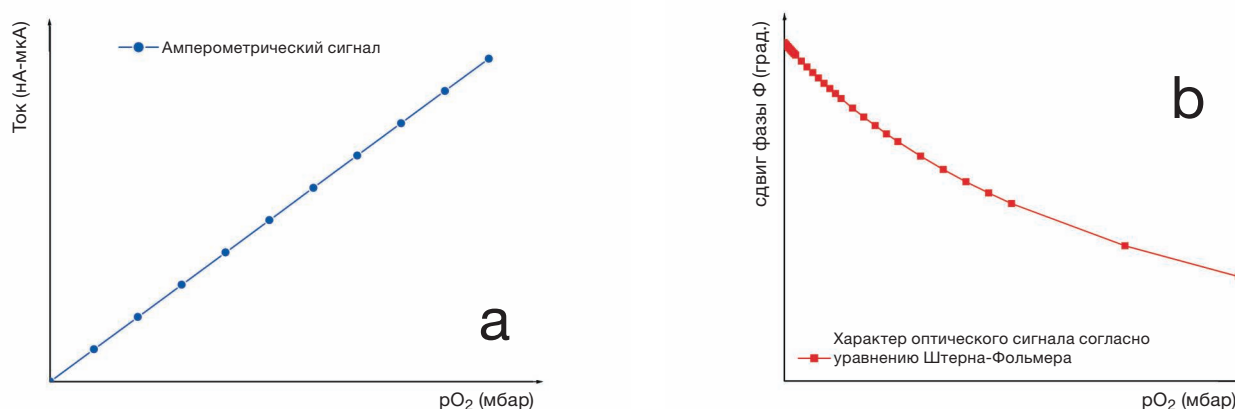


Рисунок 1: различия в поведении измеренного сигнала в зависимости от содержания кислорода для обоих датчиков

Влияние условий процесса на измерения

При использовании амперометрической технологии измеряемый кислород поглощается, поэтому для точной работы требуется минимальный поток. Обычно это не является проблемой в процессе производства пива, где поток достаточно большой. Однако при остановке производственной линии отсутствие потока, и следовательно потребления кислорода, обычно приводит к низким показаниям содержания кислорода. Стандартные амперометрические датчики приспособлены к существующим на линии условиям давления, но при изменениях потока или давления мембрана может начать вибрировать и создавать помехи в измеряемом сигнале. Перепады давления, вызванные открыванием или закрыванием клапанов, могут генерировать резкие скачки сигнала от датчика кислорода. Длительность скачка в значительной степени зависит от конструкции датчика.

На Рисунке 2 показано влияние изменения и отсутствия потока, а также резких перепадов давления. На Рисунке 2а хорошо видны резкие скачки сигнала, вызванные открыванием впускного клапана. На Рисунке 2b видно, как с течением времени при отсутствии потока снижаются амперометрические показатели.

Несмотря на то, что оптическим датчикам не требуется поток для точных измерений, минимальный поток все же необходим для обновления пробы в месте измерения и обеспечения репрезентативности измерений. В отличие от амперометрических датчиков статическое давление и изменения давления не оказывают влияния на измерения, выполняемые оптическим датчиком.

На Рисунке 2а видно, что изменение давления при открывании клапана или остановке производственной линии не влияет на показания датчика. На Рисунке 2 также показана точность показаний кислорода по сравнению с амперометрическим датчиком Orbisphere. Для образца светлого пива с примерным содержанием кислорода в 2 ppb показания обоих датчиков находятся в пределах 1 ppb (см. Рисунок 2а). Для смеси пиво/сироп с содержанием кислорода в 135 ppb оба показания находятся в пределах 3 ppb (см. Рисунок 2b). При таких незначительных отклонениях от референсного датчика Orbisphere A1100 датчик Orbisphere M1100 обладает всеми преимуществами оптического сенсора.

На Рисунке 2b показаны непрерывные точные показания при отсутствии потока. Если амперометрические датчики подвергаются воздействию высокого содержания кислорода и высокой температуры, как, например, при CIP-мойке, может возникнуть потребность в более частом обслуживании. Впрочем, такое воздействие можно свести к минимуму, если при высокой температуре перевести датчик в режим ожидания либо отключить его.

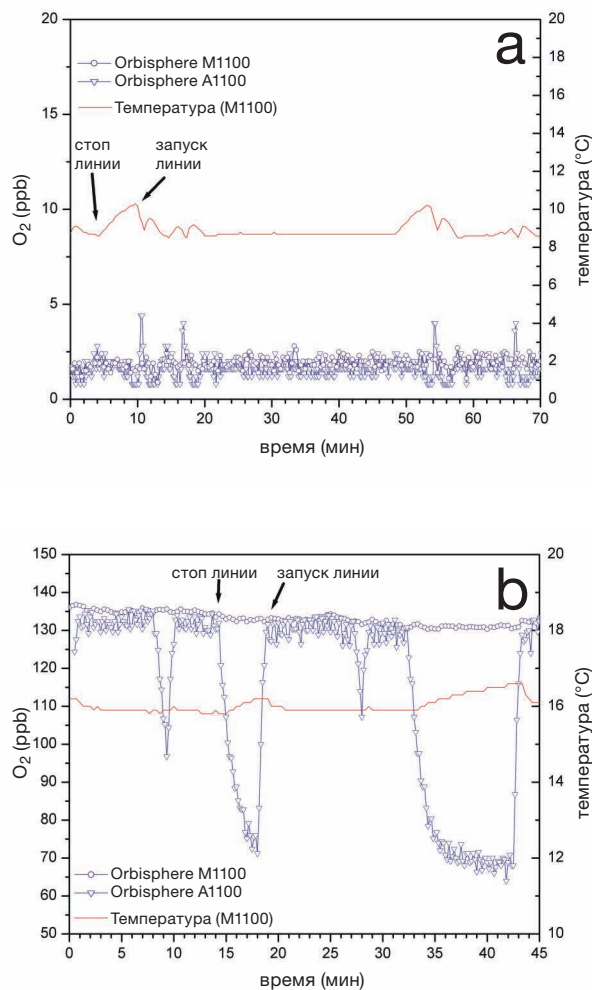


Рисунок 2: влияние отсутствия и изменения потока и резких перепадов давления.

Несмотря на то, что оптические датчики также совместимы с CIP-мойкой, воздействие высокого содержания кислорода и высоких температур приводит к дрейфу показаний, что вызывает необходимость в более частой калибровке.

Заключение

Датчик Orbisphere M1100, обеспечивающий высокую точность измерений, позволяет производителям пива поддерживать стабильно низкий уровень кислорода, тем самым контролируя окисление пива и сохраняя его вкус. Благодаря надежной оптической технологии и отсутствию мембран и электролита датчик Orbisphere M1100 обладает высокой устойчивостью к резким изменениям процесса и параметров потока, что упрощает и минимизирует обслуживание. Это в свою очередь увеличивает срок службы и сокращает общую стоимость эксплуатации.

Амперометрический датчик Orbisphere A1100 обеспечивает наилучший предел обнаружения ($\pm 0,1$ ppb) и отличается самым простым способом калибровки (одна точка по воздуху). Это идеальное решение для задач по измерению кислорода в воде, где необходима высокая точность. Тем не менее для пивоваренной отрасли лучшим решением является оптический датчик Orbisphere M1100, который отличается быстрым откликом, надежностью при минимальном обслуживании и калибровке. Таким образом, это самое эффективное решение для точного контроля кислорода в пиве.



Оптический датчик растворенного кислорода
Orbisphere M1100



Амперометрический датчик растворенного кислорода
Orbisphere A1100

Использованная литература

1. Dunand F.A., Ledermann N., Hediger S., PowerPlant Chemistry 2006, 8(10), p.603
2. Dunand F.A., Ledermann N., Hediger S., Haller M., Weber C., PowerPlant Chemistry 2007, 9(9), 518
3. Klein C., Dunand F.A.; Brewing and Beverage Industry International, 2008, № 1, 22.
4. O'Rourke T.; The Brewer International, 2002, March, 45.