

Ультразвуковой Аппарат для Гашения Пены

Хмелев В.Н., к.т.н., *Senior Member, IEEE*, Барсуков Р.В., к.т.н., Генне Д.В., *Member, IEEE*,
Хмелев М.В., *Member, IEEE*

Бийский технологический институт (филиал) государственного образовательного учреждения
высшего профессионального образования «Алтайский государственный технический
университет им. И.И.Ползунова»

Аннотация — В статье представлен краткий обзор способов гашения пены, как вредного фактора некоторых технологических процессов. К рассмотрению представлен ультразвуковой аппарат с дисковым излучателем, специально разработанный для исследования процесса гашения пивной пены.

Ключевые слова — пеногашение, ультразвук, излучение ультразвука в газовые среды.

I. ВВЕДЕНИЕ

ОПРЕДЕЛЯЮЩУЮ роль в интенсификации основных технологических процессов биохимических, пищевых и химических производств играют гидромеханические явления при взаимодействии газов с жидкостями, лежащие в основе конвективного массопереноса и теплообмена в гетерогенных системах. Многие биотехнологические и производственные процессы, протекающие в системе "газ-жидкость", сопровождаются интенсивным пенообразованием [1].

Интенсивное пенообразование в большинстве технологических процессов имеет негативные последствия, выражающиеся в снижении использования полезного объема технологической аппаратуры и оборудования, нарушении регламента производства и стерильности биотехнологических процессов, в увеличении потерь продуктов и снижении производительности оборудования, загрязнении окружающей среды.

С пенообразованием в технологических объемах так же ассоциируют следующий ряд проблем: некорректная работа контрольно-измерительного оборудования (измерение температуры, измерение уровня и т.д), плохое перемешивания химических реагентов в реакционном сосуде и удерживание продуктов в пене, и, наконец, присутствие пенообразования может негативно сказаться на мнении заказчика о работе процесса.

Таким образом, вопросы, связанные с уменьшением пенообразования и разрушением пены являются в настоящее время актуальными.

II. СУЩЕСТВУЮЩИЕ СПОСОБЫ БОРЬБЫ С ПЕНООБРАЗОВАНИЕМ

Проблемы и задачи ограничения и регулирования интенсивного пенообразования зачастую решаются на

уровне интуитивных подходов и практического опыта без учета современного уровня научных знаний и технических достижений в этой области.

До настоящего времени в полном объеме не решена задача создания рациональных и оптимальных конструкций пеногасящих устройств, при этом расчет и создание пеногасителей осуществлялись в основном эмпирическим путем, что снижает их эффективность и экономичность.

В силу ряда технико-экономических причин в пищевой промышленности наибольшее распространение получили механические методы как более универсальные и не имеющие негативных последствий.

Механический метод пеногашения - один из традиционных и широко распространенных приемов разделения и разрушения пены, происходящий за счет создания в пене перепада гидростатического давления или воздействия на пену рабочих тел в виде твердых поверхностей, жидкости, газа, пара при их относительном движении или взаимном смешении.

Принцип действия роторных деформационных пеногасителей состоит в деструкции и разрушении исходной пены путем создания критических напряжений и деформаций при относительном движении потока пены в окрестности иницирующих это движение рабочих тел в виде лопастей, дисков, тарелок, барабанов.

Сложность проблемы пеногашения и ее недостаточная проработанность до настоящего времени не позволяли создать единый методический подход для разнообразных видов и типов механических пеногасителей. Поэтому, в своем большинстве, существующие методики расчета основных параметров и характеристик механических пеногасителей получены эмпирическим путем в ограниченном интервале изменения опытных факторов и величин.

Институтом химии нефти СО РАН, Институт сильноточной электроники СО РАН получен патент «СПОСОБ ГАШЕНИЯ ПЕНЫ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ», который относится к электрофизическим способам гашения пен. Способ заключается в создании над поверхностью пены объемного электрического разряда с плотностью тока $(0,5-50) \cdot 10^{-3} \text{ А/м}^2$. Разряд создают путем размещения над этой поверхностью многоострийной электродной системы, эмиттирующей

электроны. Изобретение решает задачу повышения энергетической эффективности гашения пены с использованием электродов.

Этот способ применим только к негорючим средам, с взрывобезопасными парами. Электрические разряды, пронизывающие зону формирования пены, в некоторых случаях могут привести к инициированию дополнительных реакций, что так же не всегда допустимо.

Помимо вопросов, связанных с разрушением пены технологам приходится принимать меры для предупреждения ее образования. С этой целью в систему обычно вводят такие вещества, которые, обладая высокой поверхностной активностью, не дают стойкой пены. Эти вещества вытесняют пенообразователь с поверхности жидкости и этим делают невозможным существование пены. В качестве подобных противопенных, или пеногасящих веществ, применяют различные вещества, например, спирты, сложные эфиры. Из спиртов для гашения пены чаще всего применяют циклогексанол, амиловый и октиловый спирты, а также смеси высших спиртов, получающихся как побочные продукты при синтезе метилового спирта.

На практике применение этого способа так же имеет ряд ограничений, связанных с недопустимостью введения в исходный продукт дополнительных компонентов, которое может привести к изменению его качественного состава.

Другой метод пеногашения заключается в «пережигании» пленки пены путем воздействия на нее высоких температур. Основным недостатком этого способа является потеря продукта, поскольку происходит его интенсивное испарение с поверхности пленок пены. В некоторых случаях это не имеет большого значения, либо требует размещения дополнительных конденсоров. Кроме того, воздействие высоких температур, ограничивает области применения этого способа.

Для разрушения стойких пен могут быть использованы другие механические и энергетические воздействия. Наиболее интересным и перспективным является акустический способ разрушения пены, лишенный недостатков, присущих существующим способам пеногашения.

III. Акустический способ гашения пены

Акустический способ гашения пены [2] заключается в формировании акустического пучка определенной интенсивности, направленного в зону образования пены. Знакопеременное звуковое поле наиболее активно воздействует на верхние (открытые) слои пены, поскольку вглубь акустический пучок проникает слабо из-за большого затухания. Таким образом, разрушение пены акустическим способом происходит, начиная с открытой поверхности слоя пены.

При определенных интенсивностях звуковой волны знакопеременные силы достигают таких значений, при

которых происходит разрыв пленок пены. Для различных пен существует своя пороговая интенсивность звуковой волны, при которой происходит ее разрушение.

Стойкость пены к звуковому воздействию зависит во многом от структуры пены. Пены, состоящие из крупных пузырей, как правило, легко и быстро разрушаются при невысоких интенсивностях звуковой волны. Пены, состоящие из мелких пузырей более стойки к воздействию акустических полей и требуют большей интенсивности.

Структура пены определяет не только эффективную интенсивность звуковой волны, но и ее оптимальную частоту. Для разрушения пен, состоящих из мелких пузырей, используют более высокочастотные колебания. В любом случае частота звуковой волны выбирается вне диапазона слышимости человеческого уха, поскольку при высоких интенсивностях звуковой волны использование акустических пеногасителей было бы опасно, и требовало специальной звукоизоляции.

Лабораторией акустических процессов и аппаратов, Бийского технологического института, было разработано оборудование для акустического разрушения пены (смотри рисунок 1), состоящее из дискового излучателя, предназначенного для излучения акустической волны в газовые среды и электронного генератора, предназначенного для питания излучателя [3].

Разработанный акустический комплекс обладает следующими техническими характеристиками:

- рабочая частота дискового излучателя составляет 21500 Гц;
- пьезоэлектрический тип преобразователя электрической энергии в механическую;



Рисунок 1. Ультразвуковой генератор с дисковым излучателем для работы в газовых средах.

- потребляемая электрическая мощность 200Вт;
- наличие системы управления и стабилизации мощности излучения.

Особенностью разработанного излучателя является наличие фокальной точки на оси, перпендикулярной плоскости диска и проходящей через его центр. Сила звука в этой точке достигает величины 181 dB.

Разработанное оборудование было использовано при проведении экспериментов связанных с разрушением пивной пены, что является актуальным при фасовке продукта в пластиковую или алюминиевую тару.

Скорость разрушения пены, в ходе проведения экспериментов составила 20 см^3 в секунду, и были выявлены следующие особенности:

- для обработки больших объемов пены необходимо перемещать дисковый излучатель вдоль плоскости пены, а так же вертикально по мере ее разрушения, что связано с наличием фокальной точки, где скорость разрушения пены максимальна;
- скорость разрушения пены с течением времени замедляется, что связано с насыщением верхних слоев жидкостью, образующейся в процессе разрушения пены.
- при воздействии на тонкие слои пены (менее 0.5 см), процесс пеногашения останавливается, поскольку акустический пучок проникает вглубь жидкой фазы, и из-за зарождения кавитации, вновь происходит формирование пены.

Акустическое разрушение пены имеет ряд преимуществ по сравнению с известными способами, а именно:

- отсутствие контакта с разрушаемой пеной, что обеспечивает стерильность конечного продукта;
- возможность использования для гашения пены легко воспламеняющихся жидкостей;
- отсутствие расходных материалов (в сравнении с химическими способами);
- стремительное развитие и доступность ультразвукового оборудования.

IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Создан аппарат, позволяющий формировать ультразвуковые колебания высокой интенсивности (более 180 dB) обеспечивающий в бесконтактном режиме гашение пен со скоростью не менее $20 \text{ см}^3/\text{сек}$ за счет ее разрушения в мощном знакопеременном ультразвуковом поле. Полученный опыт создания устройства акустического гашения пены может быть использован для создания более мощных установок, с большей производительностью.

Аппарат прошел успешную проверку в лабораторных условиях и может быть рекомендован для промышленного использования.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: Химия, 1973. – 800 с.
- [2] Gallego Juares, Juan, Antonio [ES/ES] and other, "Ultrasonic defoaming system using emitters comprising a stepped vibrating plate," ES Patent WO 2004/024317 A1
- [3] Аппарат ультразвуковой технологический «Афродита» <http://ultrasonic.ru/devices/afrodita.shtml>.