

Методы и устройства для комплексной кавитационной обработки жидкостей

Промтов М.А., д.т.н., профессор
Зав. каф. «Машины и аппараты химических производств»
Тамбовского государственного технического университета.

Россия, 392000, г. Тамбов, ул. Советская, 106, Тамбовский государственный технический университет, тел. (007-4752)-63-20-24, -63-27-28, , e-mail: promtov@tambov.ru
<http://www.tstu.ru/r.php?r=structure.kafedra&sort=&id=3>

Кавитационная обработка жидкости способствует ее активации, изменяет ее физико-химические свойства, интенсифицирует химико-технологические процессы. Для усиления кавитационного воздействия на жидкость, необходимо комплексное многофакторное воздействие на обрабатываемую жидкость. Для этих целей используются гидродинамические, электродинамические, пьезоэлектрические, магнитострикционные генераторы кавитации.

В ультразвуковом диапазоне наиболее распространены пьезоэлектрические и магнитострикционные генераторы кавитации. В этих электроакустических преобразователях используется прямой магнитострикционный и пьезоэлектрический эффект в переменных магнитных и электрических полях. Диапазон частот возбуждения преобразователей является очень широким (от 8 кГц до 44 кГц и выше). Ультразвуковые колебания от преобразователя передаются к обрабатываемым веществам через специальные трансформирующие и согласующие устройства (концентраторы, пластины и др.), заканчивающиеся излучающей поверхностью.

Принцип действия импульсного электроразрядного излучателя основан на электрогидравлическом эффекте, заключающемся в генерации ударных волн в жидкости при ее пробое. Протекание электрического разряда в жидкости (электрогидравлического удара) вызывает сложный комплекс явлений: ионизацию и разложение молекул в плазме канала и возле него, световое излучение канала разряда, ударные волны, интенсивное ультразвуковое излучение, образование и пульсацию газового пузыря, кавитационные процессы, импульсные магнитные поля.

В гидродинамических кавитаторах типа роторных импульсных аппаратов, в основном, реализуется гидродинамическое воздействие за счет развитой турбулентности, пульсаций давления и скорости потока жидкости, интенсивной кавитации, ударных волн и вторичных нелинейных акустических эффектов.

В резонансных гидродинамических генераторах используется возбуждение колебаний резонирующих элементов в виде пластин, стержней или мембран набегающей струей жидкости. Колебания резонирующих элементов создают акустическое поле излучателя. Наиболее распространенной модификацией таких излучателей являются пластинчатые

излучатели с консольным или двухточечным креплением вибрирующей пластины. Струя, вытекающая с большой скоростью из конусоцилиндрического или щелевого сопла, попадает на пластину с клиновидным краем. При этом происходит срыв струи, и возникают вихревые пульсации. При совпадении частоты пульсации с собственной резонансной частотой пластины от нее в жидкость исходит акустическая волна. Оптимального режима работы добиваются экспериментальной подгонкой размеров резонирующих элементов, регулировкой расстояния между соплом и отражателем и скорости истечения струи. Основным их недостатком является довольно быстрый выход из строя резонирующих элементов в результате действия динамических нагрузок, соизмеримых с пределом усталостной прочности материала.

Аналогичный принцип превращения кинетической энергии струи в энергию акустических колебаний используют в многостержневых гидродинамических излучателях. Струя круглого сечения, вытекающая из сопла, ударяется в лункообразный отражатель и веерообразно расходится, попадая на заостренные выступы стержней, закрепленных по цилиндрической образующей параллельно оси сопла. Происходит возбуждение колебаний стержней, которые создают в окружающей среде достаточно мощное звуковое поле. При использовании конусоцилиндрического сопла и отражателя с лункой, близкой по форме к параболоиду вращения между торцами сопла и отражателя формируется пульсирующая кавитационная область, определяющая параметры образуемого акустического поля.

Суперкавитирующие (СК) гидродинамические аппараты по принципу работы можно разделить на динамические – с вращающимися (подвижными) рабочими органами, в основном лопастными; статические – с неподвижными рабочими органами; струйные – со струйными кавитаторами; комбинированные – состоящие из различных комбинаций первых трех типов.

К динамическим СК-аппаратам можно отнести следующие:

- СК-насосы, служащие для перекачивания и одновременной обработки жидких сред;
- СК-турбины, применяемые для кавитационной обработки жидких сред в трубопроводах за счет использования энергии технологических потоков;
- СК-мешалки, служащие для кавитационно-кумулятивной обработки жидкостей в объеме аппарата. Рабочие органы СК-мешалок подобны колесам СК-насосов.

К статическим СК-аппаратам относятся:

- СК-статические смесители, неподвижно устанавливаемые в трубопроводах или циркуляционных контурах и использующие энергию технологических потоков. Конструкция их рабочих органов близка к конструкции колес осевых СК-насосов;
- СК-аппараты с осесимметричными кавитаторами в виде дисков, конусов, различных тел вращения и т. д. Рабочие органы таких аппаратов устанавливаются в специально профилированных проточных участках.

Сочетание кавитационных генераторов различного типа может усилить эффект кавитации. Благоприятно сказывается генерирование колебаний с разными частотами, отличающихся друг от друга на порядок и выше. Это обусловлено тем, что для возбуждения зародыша кавитации определенного радиуса необходимо генерировать колебания на определенной частоте. Чем меньше размеры зародышей кавитации, тем выше должна быть частота и тем выше должно быть акустическое давление, вызывающее кавитацию.

Если генераторы работают на различных частотах и прохождение жидкости через них осуществляется последовательно, то жидкость должна сначала проходить через генератор с большей частотой, а затем через генератор с меньшей частотой. В генераторе с высокой частотой возбуждаются зародыши кавитации наименьшего размера, которые быстро увеличиваются. Эти кавитационные пузырьки служат зародышами кавитации в генераторе с низкой частотой и увеличиваются в размере еще больше, что приводит к увеличению импульсов кавитационного давления.

При составлении технологических комплексов многофакторной кавитационной обработки жидкости необходимо сочетать генераторы кавитации, работающие на разных частотах. Наибольшую эффективность будет иметь комплекс, обрабатывающий на разных частотах один и тот же объем жидкости. Если это технически невозможно или затруднено, то жидкость вначале должна подвергаться обработке на высокой частоте, а затем на более низких частотах.

Комбинируя генераторы различных типов, можно рекомендовать подвергать обработке жидкость в следующей последовательности (последовательном прохождении через генераторы по гидравлическому тракту): ультразвуковой излучатель – роторный импульсный аппарат – электроразрядный излучатель – гидродинамический излучатель.

2006 г.