

Выявление Причин Снижения Эффективности Работы УЗ Аппаратов

Владимир Н. Хмелев, Сергей В. Левин, Сергей С. Хмелев, Сергей Н. Цыганок
Центр ультразвуковых технологий, Бийск, Россия

Бийский технологический институт (филиал) Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова, Бийск, Россия

ВВЕДЕНИЕ

Аннотация – В статье представлены результаты исследования, позволяющие выявлять условия эксплуатации ультразвуковых аппаратов с многополуволновыми излучателями в замкнутых объемах при которых снижается эффективность ультразвукового воздействия на технологический процесс и происходят существенные отклонения от номинальных режимов работы, способные приводить к выходу из строя ультразвукового оборудования.

Ключевые слова: ультразвук, ультразвуковая колебательная система.

Создание и широкое применение специализированного ультразвукового оборудования с потребляемой электрической мощностью до 8000 Вт [1] позволило создавать новые и эффективно интенсифицировать известные технологические процессы [2]. Причём современное мощное оборудование не редко используется в больших проточных линиях по обработке жидких сред и имеет в своём составе несколько последовательно установленных мощных излучателей ультразвука. На рис. 1, в качестве примера, показано расположение двух ультразвуковых многополуволновых излучателей в общем проточном технологическом объёме.

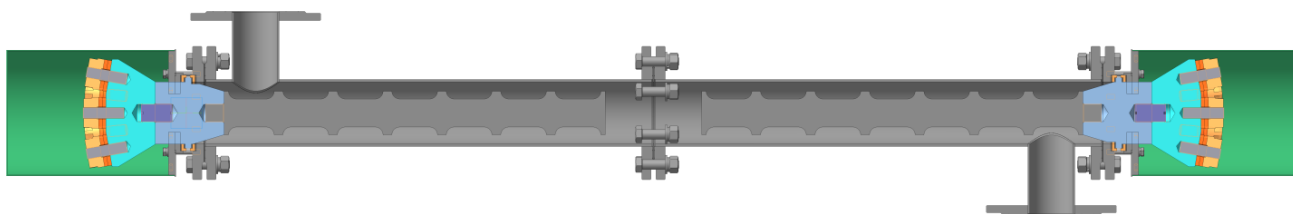


Рис.1. Расположение ультразвуковых излучателей

Такой комплекс ультразвукового оборудования электрической мощностью до 16000 Вт состоит из двух ультразвуковых колебательных систем, включающих многопакетные пьезопреобразователи и присоединённые к ним многополуволновые ультразвуковые излучатели в виде стержней переменного сечения [3,4,5], помещённых в общий технологический объем, сформированный двумя соединёнными между собой проточными объёмами (рис. 2).



Рис.2. Применение ультразвукового оборудования

Как следует из рис. 1 и 2 ультразвуковые излучатели расположены горизонтально на одной оси, а входной и выходной патрубки выполнены на проточных объёмах таким образом, что максимально разнесены друг от друга и расположены вертикально, имея диаметрально позиционирование друг относительно друга. Такое конструктивное исполнение должно обеспечивать максимальное ультразвуковое воздействие на обрабатываемую жидкость и предотвращать образование воздушных полостей в технологической объёме.

Излучение ультразвуковых колебаний с переходных между различными по диаметрам участков излучателей и излучение с торцевых поверхностей излучателей должно обеспечивать равномерное и эффективное воздействие на технологическую среду, протекающую в обрабатываемом объёме.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Излучающие поверхности ультразвуковых излучателей, обеспечивающих воздействие на

жидкие среды в кавитационном режиме подвергаются равномерному кавитационному разрушению. На рис. 3 показан внешний вид некоторых звеньев многополуволнового рабочего инструмента ступенчато переменного диаметра после нескольких сотен часов работы. Как следует из представленного фото разрушение излучающей поверхности (переходный участок кольцевой формы) при эксплуатации излучателей в жидких средах происходит равномерно. Аналогичная картина получается при анализе разрушения торцевой излучающей поверхности диаметром 70 мм.

Кроме того форма и размеры единичных кавитационных разрушений свидетельствуют о работе оборудования при нормальных условиях или при избыточном давлении.

При эксплуатации излучателей в таких условиях реализуется оптимальный режим согласования электронного генератора с излучателем и обеспечивается максимальный выход акустической энергии в обрабатываемые среды.

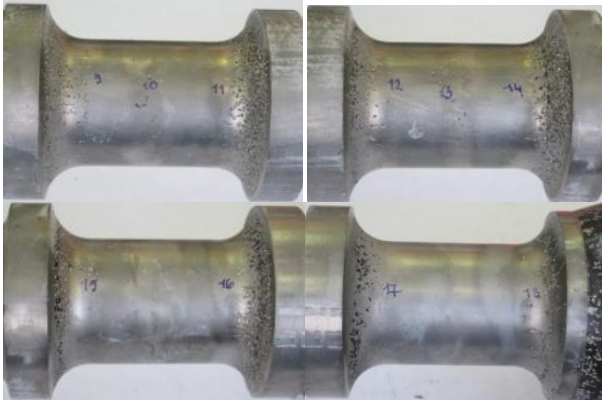


Рис.3. Равномерный кавитационный износ излучателя

Таким образом, наличие и степень равномерности распределения кавитационного разрушения на излучающей поверхности может свидетельствовать не только об эффективности использования оборудования, но и о правильности его эксплуатации.

Действительно, изначально созданная пьезоэлектрическая колебательная система со стержневым излучателем обеспечивает равномерное излучение при контакте излучающих поверхностей с обрабатываемой жидкой средой, а при частичном контакте излучения с части излучающей поверхности в жидкую среду не происходит, кавитация не формируется и разрушение излучающей поверхности не происходит.

Такой поверхностью излучения позволяет выявлять аномальные картины разрушения, показывающие, что кавитационное разрушение излучающих поверхностей происходит не равномерно по излучающей поверхности (подвергается разрушению только часть излучающей поверхности кольцевой формы). Кроме того картина

кавитационного разрушения изменяется и по длине излучателя (ближние к преобразователю излучающие поверхности подверглись нормальному разрушению, последующие меньшему). Все это позволяет выявлять режимы неоптимальной работы колебательной системы при реализации технологического процесса.

На рис. 4 представлены фото излучателя с неравномерными разрушениями по кольцу.



Рис.4. Неравномерный кавитационный износ излучателя

На рис. 5 представлены (попарно, вертикально) для сравнения фотографии диаметрально противоположных участков излучателя одного же цилиндрического элемента.



Рис.5. Неравномерный кавитационный износ модулей

На рис. 6 представлены фотографии торцевой поверхности излучателя и его ориентация в технологическом объеме при реализации процесса кавитационной обработки протекающей жидкой – дисперсной среды.



Рис.6. Торцевая поверхность излучателя

Как следует из представленных фото кавитационного разрушения поверхности, реализуемый процесс протекает таким образом, что ультразвуковой излучатель в процессе работы разрушается неравномерно. Наибольший кавитационный износ имеет нижняя часть рабочего инструмента.

Такое расположение зон кавитационного разрушения свидетельствует о том, что менее

поврежденная поверхность не была погружена в жидкость все время работы ультразвукового оборудования или большую часть этого времени. В любом случае, или постоянно, или частично эта поверхность не излучала ультразвуковых колебаний в обрабатываемую технологическую среду, т.е. не обеспечивала протекание реализуемого процесса. Очевидно, что технологический процесс был реализован таким образом, что в процессе работы в технологическом объеме формировался значительный по размерам газовый пузырь, снижающий эффективность ультразвукового воздействия.

Кроме того, форма и размер образовавшихся кавитационных каверн свидетельствует о работе оборудования под избыточным давлением более 2 атмосфер, что не всегда предусматривается требованиями к условиям эксплуатации оборудования.

В конечном итоге такая эксплуатация оборудования (уменьшение поверхности излучения, изменение этой поверхности, избыточное давление) приводит к возникновению нерегулярного режима работы оборудования и выходу его из строя.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате анализа разрушений излучающих поверхностей ультразвуковых многополуволновых колебательных систем установлено, что эти разрушения являются кавитационными и их характер и распределение могут свидетельствовать об режимах и условиях эксплуатации оборудования.

Несимметричность кавитационного разрушения по излучающим поверхностям свидетельствует о полном или частичном отсутствии контакта с обрабатываемой средой (наличие воздушных полостей в технологических объемах), уменьшении выводимой акустической энергии и снижении эффективности реализуемого процесса.

Характер кавитационного разрушения (размер и глубина каверн, неравномерность их распределения по излучающей поверхности) свидетельствует о принудительном создании в технологическом объеме избыточного давления, исключающего реализацию оптимальных режимов УЗ воздействия.

Таким образом, характер и распределение кавитационных разрушений излучающей поверхности позволяют не только выявлять условия эксплуатации оборудования, приводящие к снижению эффективности его применения, но и устанавливать режимы работы электронного генератора, способные обеспечить выход его из строя.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ультразвуковой технологический аппарат «Булава» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.u-sonic.com/catalog/apparaty_dlya_protocnoy_obrabotki_zhidkikh_sred/apparat_ultrazvukovoy_protocnyy_serii_bulava_p_01/

2. Хмелёв, В.Н. Применение ультразвука высокой интенсивности в промышленности/ В.Н. Хмелёв, А.Н. Сливин, Р.В. Барсуков, С.Н. Цыганок, А.В. Шалунов; Алт. гос. техн. ун-т, БТИ. – Бийск: изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2010. – 196 С.

3. Патент 2473400 Российская федерация, МПК b06b1/06. Ультразвуковая колебательная система [Текст] / В.Н. Хмелёв, С.Н. Цыганок, С.В. Левин, С.С. Хмелёв; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Центр ультразвуковых технологий». – № 2011133763/28, заявл. 10.08.2011; опубл. 27.01.2012.

4. Левин С.В., Хмелёв В.Н., Цыганок С.Н., Хмелёв С.С. Создание ультразвуковых колебательных систем с увеличенной поверхностью излучения. Измерения, автоматизация и моделирование в промышленности и научных исследованиях (ИАМП-2010): материалы 7-й всероссийской научно-технической конференции. – Бийск: АлтГТУ, 2010. – с.147-151.

5. Khmelev V.N., Levin S.V., Tsyganok S.N., Khmelev S.S. Efficiency increase of the processes by the optimization of the ultrasonic vibrating system consisting of half-wave modules of variable cross-section. XII international conference and seminar of young specialists on Micro / Nanotechnologies And Electron Devices EDM 2011, Novosibirsk, NSTU. 2011. – p.275-280.

Хмелёв Владимир Николаевич – д.т.н., профессор, директор по науке, тел. (3854)432581, e-mail: vnh@bti.secna.ru.

Левин Сергей Викторович – зам. директора по производству, тел. (3854)432570, e-mail: lsv@bti.secna.r u.

Хмелёв Сергей Сергеевич - к.т.н., ведущий конструктор, тел. (3854)432570, e-mail: ssh@bti.secna.ru.

Цыганок Сергей Николаевич - к.т.н., директор по производству, тел. (3854) 432570, e-mail: grey@bti.secna.ru.