

Повышение Эффективности Многополуволновых Излучателей

В.Н. Хмелев, С.В. Левин, С.С. Хмелёв, С.Н. Цыганок

Центр ультразвуковых технологий, Бийск, Россия

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

Аннотация - В статье представлены результаты исследований, направленных на повышение эффективности пьезоэлектрических колебательных систем с многополуволновыми излучателями, выполненными в виде стержней переменного диаметра. Установлено, что изменение формы перехода между участками различного диаметра излучателя оказывает существенное влияние на эффективность ультразвукового излучения в жидкие среды.

Ключевые слова - ультразвук, ультразвуковое технологическое оборудование, ультразвуковая колебательная система, многополуволновой излучатель.

ВВЕДЕНИЕ

Ультразвуковые (УЗ) технологии получили широчайшее распространение в различных отраслях промышленности, позволяя создавать новые и эффективно интенсифицировать известные технологические процессы [1].

Во многом это стало возможным благодаря созданию и промышленному применению разнообразного высокоомощного (до 8000 ВА) специализированного УЗ оборудования (рис. 1) [2].

Неотъемлемыми составляющими универсальных и специализированных ультразвуковых технологических аппаратов являются ультразвуковая колебательная система и электронный генератор ультразвуковой частоты для её питания.

Ультразвуковая колебательная система обеспечивает преобразование электрических колебаний, создаваемых генератором, в механические колебания заданной частоты, усиление их амплитуды до значений, достаточных для реализации технологических процессов. Ультразвуковой излучатель (рабочий инструмент колебательной системы) обеспечивает введение колебаний в технологические среды через излучающие поверхности, отличающиеся по форме и размерам (рис. 2) [3].



Рис. 1. Ультразвуковые технологические аппараты различного конструктивного исполнения



Рис. 2. Ультразвуковая колебательная система с многополуволновым излучателем

Для увеличения мощности излучения при промышленном применении наибольшее распространение получили ультразвуковые колебательные системы, имеющие в своём составе многополуволновые излучатели (рабочие инструменты) в виде стержней переменного сечения, характеризующиеся увеличенной поверхностью излучения (рис. 3) [4].



Рис. 3. Ультразвуковой излучатель

Увеличение поверхности излучения в таких инструментах обеспечивается за счет соосного и последовательного установления полуволновых по длине волноводов цилиндрической формы переменного диаметра. В этом случае поверхности переходов между участками различного диаметра являются поверхностями эффективного излучения ультразвуковых колебаний [5].

Вместе с тем, излучатели могут иметь различные по форме переходы между участками различного диаметра и эффективность излучения может существенно различаться.

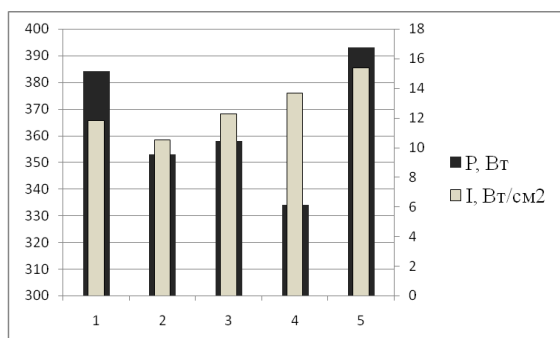
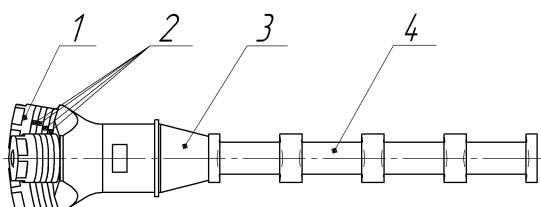


Рис. 4. Зависимость характеристик ультразвукового воздействия от вида перехода

Как показано в работе [6] наилучшими показателями обладает ультразвуковой излучатель, в котором переходы выполнены в виде конической поверхности, вогнутой в цилиндрический элемент большего диаметра (рис. 5).



- 1 - отражающая частотно-понижающая накладка;
- 2 - пьезоэлектрические элементы; 3 - бустерное звено;
- 4 - четырёхполуволновой ультразвуковой излучатель

Рис.5. Ультразвуковая колебательная система с переходом в виде конической поверхности

К сожалению, изготавливаемые для различных целей и различными производителями УЗ аппараты отличаются формой и размерами излучающей поверхности. Поэтому возникла необходимость определить оптимальный угол наклона излучающей поверхности к осевой рабочей инструмента (угол при основании конуса), схематично показанный на рис. 6.

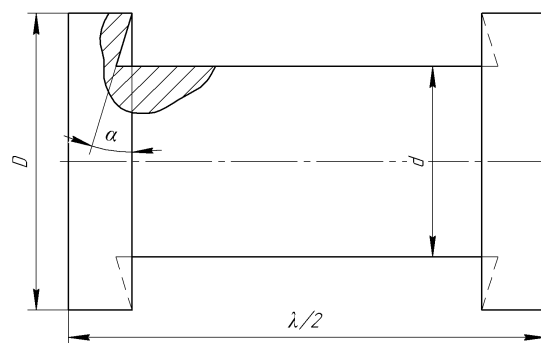


Рис. 6. Полуволновой модуль

При этом оптимальным углом, будет являться угол наклона излучающей поверхности к осевой линии излучателя, при котором колебания исходящие перпендикулярно излучающей поверхности будут оптимальным образом воздействовать на обрабатываемые среды.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Для выявления условий оптимальности распространения колебаний в зоне воздействия были смоделированы различные варианты полуволновых модулей, имеющих различные углы наклона излучающих поверхностей к осевой линии излучателя.

Пример модели полуволнового модуля с оптимальным углом наклона излучающей поверхности схематично показан на рисунке. (рис. 7).

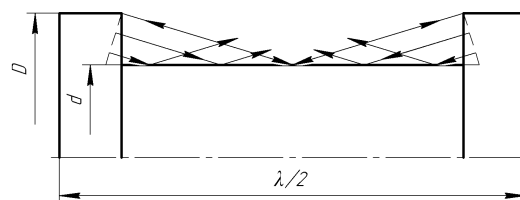


Рис. 7. Определение оптимального угла наклона излучающей поверхности

В результате анализа различных вариантов конструктивного исполнения было установлено, что в ультразвуковой колебательной системе с ультразвуковым излучателем, выполненным в виде стержня, имеющего участки различного диаметра, переходы между участками различного диаметра излучателя должны быть выполнены в виде углублений внутри цилиндрического участка большего диаметра, причем форма углублений должна иметь в сечении форму усеченного конуса с углом при основании конуса, выбранным из условия:

$$\alpha = 90^\circ - \arctg \frac{11\lambda}{30(D-d)},$$

где λ – длина волны в материале излучателя на рабочей частоте колебательной системы, [м];
 D – диаметр большего цилиндрического участка

излучателя, [м]; d - диаметр меньшего цилиндрического участка, [м].

Хмельёв 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.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в результате проведенных исследований создана ультразвуковая колебательная система, характеризующаяся максимальным коэффициентом преобразования электрической энергии в энергию ультразвуковых колебаний, максимальным коэффициентом усиления ультразвукового излучателя, максимальной равномерностью излучения вдоль всех полуволновых резонансных модулей с интенсивностью излучения, достаточной для обеспечения кавитационного режима воздействия, позволяющая производить обработку жидких сред различной вязкости и дисперсного состава при решении задач диспергирования, эмульгирования, экстрагирования, очистки в химической, фармацевтической и пищевой промышленности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Хмельёв, В.Н. Применение ультразвука высокой интенсивности в промышленности/ В.Н. Хмельёв, 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.

2. Ультразвуковой технологический аппарат «Булава» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.u-sonic.com/catalog/apparaty_dlya_protchnoy_obrabotki_zhidkikh_sred/apparat_ultrazvukovoy_protchnyy_serii_bulava_p_01/

3. Патент 2473400 Российская федерация, МПК B06B1/06. Ультразвуковая колебательная система [Текст] / В.Н. Хмельёв, С.Н. Цыганок, С.В. Левин, С.С. Хмельёв; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «Центр ультразвуковых технологий». – № 2011133763/28, заявл. 10.08.2011; опубл. 27.01.2012.

4. Левин С.В., Хмельёв В.Н., Цыганок С.Н., Хмельёв С.С. Создание ультразвуковых колебательных систем с увеличенной поверхностью излучения. Измерения, автоматизация и моделирование в промышленности и научных исследованиях (ИАМПИ-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.

6. Хмельёв В.Н., Левин С.В., Цыганок С.Н., Хмельёв С.С. Определение оптимальной формы излучающей поверхности многополуволновых рабочих инструментов / Южно-Сибирский научный вестник. – 2013. – №2(4). – С. 20–22. – Режим доступа: http://s-sibsb.ru/images/articles/2013/2/4_20-22.pdf

Хмельёв 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.ru.