

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

Хмелев В.Н., Цыганок С.Н., Левин С.В.

ООО «Центр ультразвуковых технологий»

г. Бийск, Россия, E-mail: grey@bti.secna.ru

Ультразвуковые аппараты, отличающиеся конструктивным исполнением и техническими характеристиками, широко применяются в различных отраслях промышленности, позволяя эффективно интенсифицировать разнообразные технологические процессы. При этом наибольшую эффективность ультразвуковое оборудование обеспечивает при интенсификации технологических процессов, протекающих в жидких средах (экстракция, эмульгирование, мойка, очистка, диспергирование).

Промышленное применение ультразвукового оборудования в современных условиях требует создания и применения ультразвуковых аппаратов мощностью 8000–20000 Вт и более, позволяющих при использовании нескольких аппаратов вводить в обрабатываемые среды колебания с мощностью в десятки и сотни киловатт при обеспечении интенсивности излучения, превышающего 10 Вт/см^2 . Создание такого ультразвукового оборудования невозможно без создания новых пьезоэлектрических колебательных систем с увеличенной поверхностью излучения (до 300 и более см^2) и электронных генераторов для их питания [1].

Отличительной особенностью современного мощного ультразвукового оборудования является применение многополуволновых (до 7–15 размеров длин полуволн колебаний) излучателей, представляющих собой титановые стержни переменного сечения (рис. 1,а) и многопакетных (несколько пар кольцевых пьезоэлементов диаметром до 50–70 мм) пьезопреобразователей (рис. 1,б).

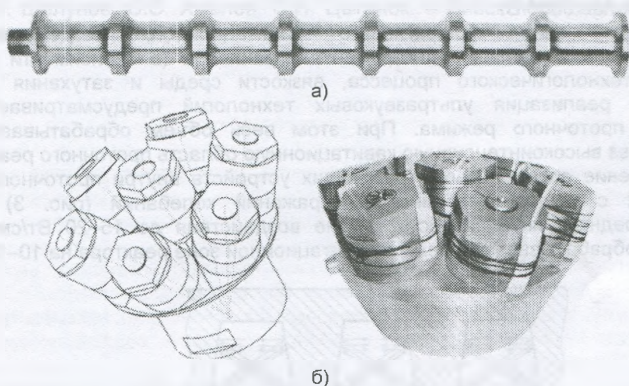


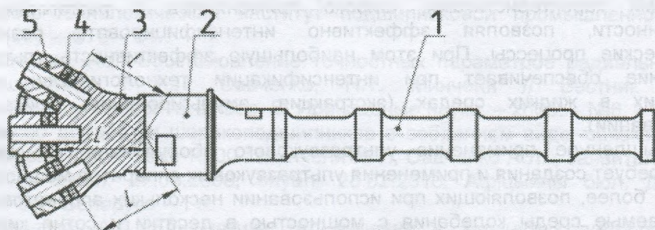
Рисунок 1 – Составляющие ультразвуковых колебательных систем: а – излучатель, б – пьезопреобразователь

Благодаря созданной многополуволновой конструкции [2], излучатель имеет увеличенную поверхность излучения, которая формируется за счет соосного и последовательного объединения полуволновых модулей цилиндрической формы переменного диаметра.

Высокая эффективность ультразвукового воздействия обусловлена функциональными возможностями конструктивной схемы излучателя – наличием излучающих поверхностей на каждом полуволновом участке излучателя.

Специальное размещение пьезоэлектрических элементов и форма рабочей частотнопонижающей накладке позволили сформировать пьезоэлектрический преобразователь [3], обеспечивающий колебания излучателя с интенсивностью,

достаточной для обеспечения кавитационного режима ультразвукового воздействия. Угол наклона акустических осей к общей оси симметрии для боковых пакетов пьезоэлементов выбирался с учетом обеспечения максимального коэффициента усиления, равномерного распределения амплитуд колебаний на излучающей поверхности частотно-понижающей общей накладке и минимальных изгибных колебаний отражающих накладок на каждом из пакетов (рис. 2).



1 – излучатель с увеличенной поверхностью излучения, 2 – согласующий акустический трансформатор (бустер), 3 – излучающая частотно-понижающая накладка, 4 – пьезоэлектрические элементы, 5 – отражающие частотно-понижающие накладки
Рисунок 2 – Конструктивная схема и внешний вид мощной ультразвуковой колебательной системы

Предложенные усовершенствования позволили создавать многополуволновые пьезоэлектрические колебательные системы с излучателями переменного сечения, обеспечивающими введение в обрабатываемые среды ультразвуковых колебаний мощностью более 3000 Вт.

Так как зона эффективного кавитационного воздействия вокруг многополуволнового рабочего инструмента ограничена (в зависимости от условия протекания технологического процесса, вязкости среды и затухания в ней), то современная реализация ультразвуковых технологий предусматривает широкое применение проточного режима. При этом весь объем обрабатываемой среды проходит через высокоинтенсивную кавитационную область проточного реактора.

Применение специальных отражающих устройств внутри проточного реактора, выполненных с учетом резонансных отражений колебаний (рис. 3) позволило увеличить среднюю интенсивность в зоне воздействия до 15–20 Вт/см², а время нахождения обрабатываемой среды в кавитационной зоне реактора на 10–15%.

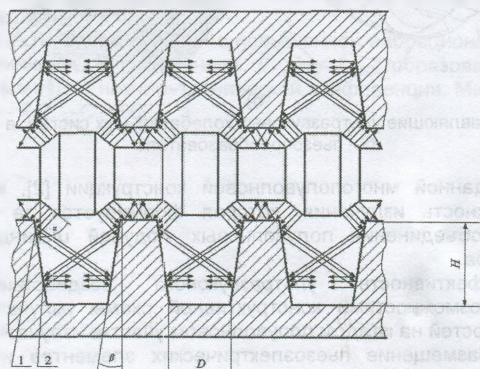


Рисунок 3 – Схема распространения ультразвуковых колебаний внутри проточного реактора (H – высота отражающих выступов, d – расстояние между выступами)

Инженерные решения в области проектирования пьезоэлектрических ультразвуковых колебательных систем позволили ООО «Центр ультразвуковых технологий» разработать ряд высокоэффективных ультразвуковых аппаратов [4, 5] для интенсификации широкого круга технологических процессов.

Список литературы:

1. Хмелев, В.Н., Источники ультразвукового воздействия. Особенности построения и конструкции: монография [Текст] / В.Н., Хмелев, С.С. Хмелев, С.Н. Цыганок, С.В. Левин. – Бийск: Изд-во Алтайского гос. технич. ун-та, 2013. – 195 с.
2. Ультразвуковая колебательная система [Текст]: пат. 2473400 Российская Федерация: МПК В06В1/06/ Хмелев В.Н., Цыганок С.Н., Левин С.В., Хмелев С.С.; заявитель и патентообладатель: Российская Федерация, от имени которой выступает «федеральное агентство по науке и инновациям», ООО «Центр ультразвуковых технологий». – 2011133763/28; заявл. 10.08.2011; опубл. 27.01.2013, Бюл. № 13. – 11 с.
3. Ультразвуковая колебательная система [Текст]: пат. 2471571 Российская Федерация: МПК В06В1/06/ Хмелев В.Н., Цыганок С.Н., Левин С.В., Хмелев С.С., Кузовников Ю.М.; заявитель и патентообладатель: Российская Федерация, от имени которой выступает «федеральное агентство по науке и инновациям», ООО «Центр ультразвуковых технологий АлтГТУ». – 2011133748/28; заявл. 10.08.2011; опубл. 10.08.2011, Бюл. № 2. – 8 с.
4. Хмелев, В.Н. Ультразвуковые многофункциональные и специализированные аппараты для интенсификации технологических процессов в промышленности, сельском и домашнем хозяйстве [Текст]/ В.Н. Хмелев, Г.В. Леонов, Р.В. Барсуков, С.Н. Цыганок, А.В. Шалунов. Алт. гос. техн. ун-т, БТИ. – Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2007. – 400 с.
5. Хмелев, В.Н. Ультразвук. Аппараты и технологии: монография [Текст] / В.Н. Хмелев, А.В. Шалунов, С.С. Хмелев, С.Н. Цыганок. – Бийск: Изд-во Алтайского гос. технич. ун-та, 2015. – 688 с.