

Контроль Параметров Ультразвуковых Аппаратов при Использовании Различных Рабочих Инструментов

Владимир Н. Хмелев, *Senior Member*, IEEE, Роман В. Барсуков, Евгений В. Ильченко, Юрий М. Кузовников
Центр ультразвуковых технологий, Бийск, Россия

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

Аннотация – Статья посвящена исследованию влияния геометрических параметров (угол раскрыва) рабочих инструментов ультразвуковой колебательной системы стержневого типа на параметры колебательной системы и характеристики ультразвуковых технологических аппаратов в целом. Приводятся полученные энергетические характеристики, а также данные об измеряемых электрических параметрах.

Ключевые слова – Ультразвук, рабочий инструмент, угол раскрыва, измерение.

I. ВВЕДЕНИЕ

В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОСТИ как никогда остро стоят вопросы энергосбережения и энергоэффективности. Поэтому основной задачей исследователей и разработчиков технологической оснастки является поиск и внедрение новых способов уменьшения производственных потерь, увеличение КПД осуществляемых технологических процессов и используемого оборудования. В ходе любого электронного и механического преобразования неизбежно возникают неотвратимые потери исходного энергетического воздействия. Часть потерь является неизбежной вследствие физических ограничений, остальные потери можно и нужно устранять и это является задачей для разработчиков новых технологий и оборудования. Решению одного из аспектов этой задачи и посвящена данная работа.

II. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

При разработке различного ультразвукового оборудования возникает задача проектирования пьезоэлектрических колебательных систем (УЗКС). Основными требованиями, предъявляемыми к УЗКС, является устойчивая работа на расчетной частоте, хорошие резонансные свойства (высокая добротность), обеспечение требуемой амплитуды механических колебаний или интенсивности УЗ воздействия.

Введение УЗ колебаний в жидкие технологические среды чаще всего осуществляется через сменные рабочие инструменты грибовидной формы. Форма и размеры инструментов оказывают существенное влияние на эффективность введения колебаний в технологические среды.

В связи с этим возникла необходимость изучением влияния геометрических параметров (угол раскрыва) рабочих инструментов УЗКС стержневого типа на параметры УЗКС

и характеристики ультразвуковых технологических аппаратов (УЗТА) в целом.

Эскиз тапа исследуемых рабочих инструментов представлен на Рис.1.

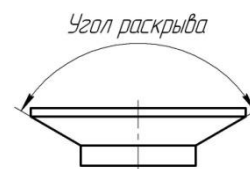


Рис. 1. Эскиз рабочего инструмента

Методика исследований заключалась в определении энергии акустических колебаний, вводимых в жидкие среды при помощи различных по форме сменных инструментов. Для различных рабочих инструментов был проведен ряд калориметрических измерений [1], по результатам которых были рассчитаны интенсивность вводимых в жидкость УЗ колебаний и КПД аппарата. Измерения проводились при различных уровнях УЗ воздействия (20,40,60,80,100%).

Результаты расчета интенсивности УЗ воздействия приведены на Рис.2.

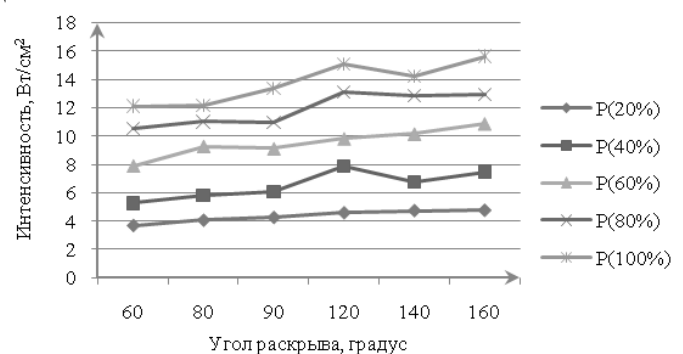


Рис. 2. Зависимости интенсивности УЗ воздействия от угла раскрыва рабочего инструмента для разных уровней УЗ воздействия

Анализ представленных зависимостей показывает, что с увеличением угла раскрыва интенсивность УЗ колебаний увеличивается, несмотря на то, что поверхность излучения увеличивается. Кроме того, при угле раскрыва 120°, на некоторых уставках мощности наблюдается максимум интенсивности. Очевидно, что угол раскрыва инструмента влияет на условия ввода УЗ энергии в жидкую среду.

На Рис.3 представлены полученные зависимости КПД УЗТА от угла раскрыва инструмента.

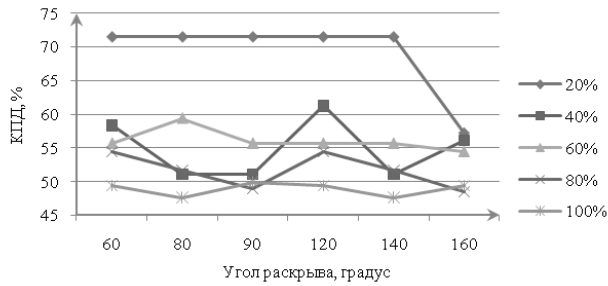


Рис. 3.

3. Зависимости КПД аппарата от угла раскрытия рабочего инструмента для различных уровней УЗ воздействия

На представленных зависимостях можно проследить влияние угла раскрытия рабочего инструмента на КПД ультразвукового аппарата. На малых мощностях (уставка 20%), угол раскрытия практически не влияет на КПД (при его изменении от 60° до 150°), его значение максимально и достигает 72%. При больших уставках мощности (40% и более) наблюдается более существенное влияние угла раскрытия рабочего инструмента на КПД ультразвукового аппарата. Следует отметить, что при уставке мощности 40% при угле раскрытия в 120° наблюдается ярко выраженный максимум.

Помимо энергетических измерений, при тех же условиях ультразвукового воздействия был проведен ряд измерений электрических параметров УЗКС, а именно эквивалентных RLC параметров УЗКС, представленной в виде последовательного колебательного RLC электрического контура [2]. Знание этих параметров, с одной стороны важно для решения проблемы согласования УЗКС с электронным генератором, а с другой стороны, непрерывное измерение этих параметров позволяет контролировать процессы, протекающие в УЗ поле [3],[4],[5]. Результаты измерений представлены на Рис. 4, 5, 6.

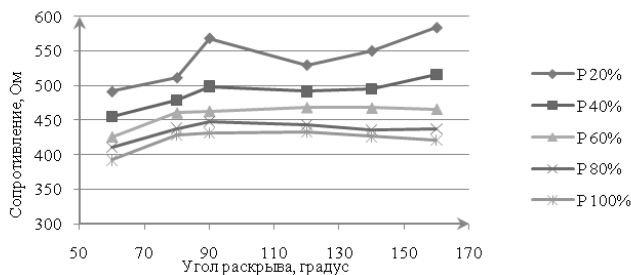


Рис. 4. Зависимость активного электрического сопротивления УЗКС от угла раскрытия рабочего инструмента при различных уровнях мощности

Из представленных на Рис.4 зависимостей следует, что наибольшее влияние угол раскрытия рабочего инструмента оказывает на активную составляющую электрического импеданса при небольших уровнях мощности (уставка мощности 20% и 40%). Кроме того следует отметить общую тенденцию к возрастанию активной составляющей эквивалентной схемы с возрастанием угла раскрытия рабочего инструмента. Интересно также отметить, что существенный прирост активного сопротивления происходит при переходе от инструмента с углом раскрытия 60° к инструменту с углом раскрытия 80°.

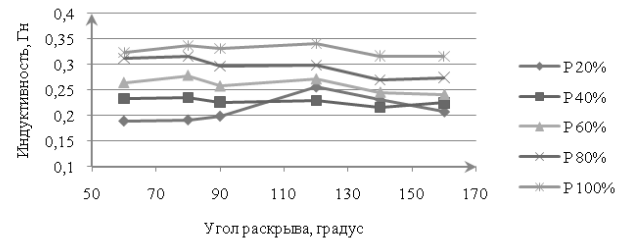


Рис. 5. Зависимость эквивалентной индуктивности УЗКС от угла раскрытия рабочего инструмента при различных уровнях мощности

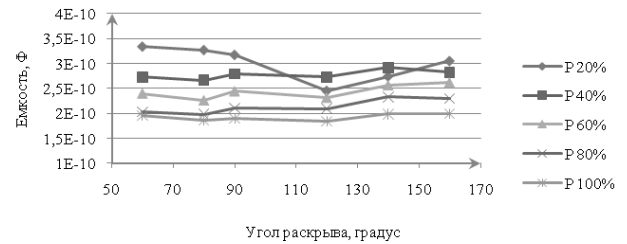


Рис. 6. Зависимость эквивалентной электрической емкости УЗКС от угла раскрытия рабочего инструмента при различных уровнях мощности

Кривые, представленные на Рис.5 и Рис.6, позволяют сделать вывод, что угол раскрытия рабочего инструмента оказывает незначительное влияние на реактивные составляющие сопротивления УЗКС. Однако следует отметить, что для инструмента с углом раскрытия 120°, показавшего максимумы на графиках интенсивности и КПД, при уставке мощности в 20% наблюдаются существенные изменения реактивных параметров.

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные измерения показали, что геометрические параметры (угол раскрытия) сменных рабочих инструментов влияют, как на электрические параметры УЗКС, так и на энергетические характеристики ультразвуковых аппаратов в целом, что обуславливает необходимость дальнейших, более детальных исследований для оптимизации работы ультразвуковых аппаратов в целом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Преобразователи ультразвуковые магнитострикционные. Методы измерения характеристик [Текст]: ГОСТ 27955-88 (МЭК 782-84)
- [2] Донской, А.В. Ультразвуковые электротехнологические установки [Текст] / А.В. Донской, О.К. Келлер, Г.С. Кратыш. – 2-е изд., перераб. и доп.– Л.: Энергоиздат. Ленингр. отд-ние, 1982. – 208с, ил.
- [3] Khmelev, V.N. Method of Control Acoustic Load [Текст] / V.N. Khmelev, R.V. Barsukov, D.V. Genne, D.S. Abramenko, E.V. Ilchenko // International Conference and Seminar of Young Specialists on Micro / Nanotechnologies and Electron Devices EDM'2011: Conference Proceedings. – Novosibirsk, NSTU, 2011. – P.236–240.
- [4] Khmelev, V.N. Practical Investigations of the Method of Indirect Parameter Checkout of the Acoustic Load Parameters [Текст] / V.N. Khmelev, R.V. Barsukov, D.V. Genne, D.S. Abramenko, A.V. Shalunov, E.V. Ilchenko // International Conference and Seminar of Young Specialists on Micro / Nanotechnologies and Electron Devices EDM'2011: Conference Proceedings. – Novosibirsk, NSTU, 2011. – P.241–244.
- [5] Хмелев, В.Н. Контроль параметров кавитирующих жидких сред, подвергаемых ультразвуковому воздействию [Текст] / В.Н. Хмелев, Р.В. Барсуков, Д.В. Генне, Д.С. Абраменко, Е.В. Ильченко // Ползуновский вестник. – 2012. №2/1. – С154 – 159.