

*Я.В. ЩЕРБАК*, д-р техн. наук, проф., зав. каф., УкрГАЖТ, Харьков

## **ПРИМЕНЕНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОЦЕССОВ ПРОМЫВКИ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ**

На основі аналізу гідродинамічних випромінювачів визначено параметри їх роботи, що впливають на інтенсифікацію процесів мийки промивки волоконних матеріалів.

На основе анализа гидродинамических излучателей определены параметры их работы, влияющие на интенсификацию процессов промывки волокнистых материалов.

**Вступление.** Для интенсификации технологических процессов используются различные физико-химические факторы, одним из которых является акустические колебания. Для их создания используются гидродинамические, электродинамические, пьезоэлектрические, магнитострикционные излучатели. Для очистки твердых деталей от загрязнений наибольшее применение получили пьезоэлектрические и магнитострикционные излучатели, для очистки волокнистых материалов наиболее приемлемыми являются гидродинамические излучатели вследствие создания ими развитой турбулентности, значительных пульсаций давления и скорости потока жидкости, интенсивной кавитации.

**Цель, задание исследования.** Определение факторов, влияющих на интенсивность промывки волокнистых материалов с помощью гидродинамических излучателей.

**Основной текст.** Эффективность ультразвуковой очистки твердых деталей от механических загрязнений и различных масел в машиностроении зависит от частоты и интенсивности ультразвука, физико-химических свойств жидкости, температуры и гидростатического давления [1]. Основное влияние на процесс очистки оказывает процесс кавитации, сопровождающийся пульсацией и захлопыванием кавитационных пузырьков. Максимальная скорость движения стенок кавитационных пузырьков может достигать значения до 600 м/с. В момент разрушения пузырька давление достигают 100 МПа [2], вследствие чего в окружающей жидкости распространяется сферическая ударная волна и скорость потоков жидкости может достигать 150 м/с.

Под действием интенсивных микропотоков жидкость проникает в

поры и трещины, где при захлопывании кавитационных пузырьков возникают кумулятивные струйки, отрывающие загрязнения от поверхности твердого тела за счет кинетической энергии жидкости.

Количество и размеры кавитационных пузырьков в жидкости зависят от параметров поля: интенсивности, частоты и звукового давления, а также характеристик жидкости: вязкости, плотности, температуры, поверхностного натяжения и давления парогазовой смеси.

Интенсивность ультразвуковых колебаний определяется по формуле:

$$I = 2(\pi \cdot f \cdot \xi)^2 \rho c, \quad (1)$$

где  $f$  и  $\xi$  – частота и амплитуда колебательных смещений;  $\rho$  и  $c$  – плотность и скорость звука в жидкости.

При увеличении вязкости жидкости воздействие колебаний на процесс очистки уменьшается. Для уменьшения поверхностного натяжения в жидкостях применяются поверхностно-активные вещества, улучшающие смачивание поверхностей, а также способствующие разьединению частиц, и препятствующие их слипанию.

При низких частотах кавитация возникает при небольшой интенсивности колебаний, повышение частоты больше чем 20-40 кГц является нецелесообразным вследствие увеличения минимального значения звукового давления, необходимого для возникновения кавитации [3]. Кроме того повышение частоты колебаний приводит к повышению коэффициента поглощения, так как он пропорционален квадрату частоты, и соответственно уменьшению глубины проникновения колебаний в слой волокнистого материала.

Кроме очистительного воздействия ультразвуковые колебания уничтожают бактерии и вирусы, и их эффективность прямо пропорциональна интенсивности ультразвука. Уничтожение бактерий и вирусов происходит за счет механического разрушения их клеточной оболочки вследствие высокого переменного давления и электрохимических процессов возникающих при кавитации.

Экспериментальные исследования показали, что ультразвуковые колебания значительно ускоряют процесс отмыwania загрязнений от ткани, позволяют снизить температуру моющего раствора до 40-50°C и произвести обеззараживание как тканей, так и моющего раствора.

В гидродинамических излучателях возбуждение колебаний осуществляется резонирующими элементами (пластины, стержни, мембраны) при воздействии на них потока жидкости. В пластинчатых излучателях струя жидкости вытекает с большой скоростью из конусно-

цилиндрического или щелевого сопла и попадает на пластину с клиновидным краем. При этом происходит срыв струи, и возникают вихревые пульсации. Основная собственная частота изгибных колебаний пластины зависит от способа ее крепления и параметров самой пластины (длины и толщины, модуля упругости и плотности материала пластины) и определяется по формуле [3]:

$$f_{PL} = \left( \alpha \cdot t / l^2 \right) \sqrt{E / \rho} \quad (2)$$

где  $\alpha$  – коэффициент пропорциональности, зависящий от способа крепления пластинки (при креплении пластинки в двух узлах  $\alpha = 2,82$ , при консольном креплении  $\alpha = 0,162$ );  $l$ ,  $t$  – соответственно длина и толщина пластинки;  $E$  – модуль упругости материала пластинки;  $\rho$  – плотность материала, из которого изготовлена пластинка.

В натекающей струе возникают автоколебания с частотой:

$$f_c = kV / h, \quad (3)$$

где  $V$  – скорость струи;  $h$  – расстояние между соплом и пластинкой;  $k$  – коэффициент пропорциональности, зависящий от  $V$  и  $h$ .

Для возбуждения интенсивных колебаний необходимо совпадение  $f_c$  и  $f_{PL}$ .

Для создания интенсивных акустических колебаний в больших объемах жидкости используются многостержневые гидродинамические излучатели [4], в которых осуществляется превращение кинетической энергии струи в энергию механических колебаний стержней, создающих в окружающей жидкости мощное звуковое поле.

Использование многостержневых гидродинамических излучателей с частотой колебаний 5...7 кГц для мойки шерсти показало, что потребление воды уменьшилось в 30 раз, увеличилась производительность по извлечению жира на 80-90 %, кроме того осуществлялась дезинфекция шерсти, осадка и моющего раствора без химических средств [5].

Гидродинамические излучатели способны излучать акустические колебания в частотном диапазоне от 0,3 до 35 кГц с интенсивностью 1,5-10 Вт/см<sup>2</sup>. Общими преимуществами гидродинамических излучателей являются относительная простота генерации мощных акустических колебаний в моющем растворе, простота конструкций и их эксплуатации, а так же то, что струя жидкости приводит к интенсивному выносу загрязнений из слоя моющейся шерсти.

**Выводы.** Использование гидродинамических излучателей для процессов промывки волокнистых материалов позволит значительно

уменьшить потребление моющих растворов, энергоресурсов и повысить качество промывки.

**Список источников информации:** 1. Ультразвуковая технология / Под ред. Б.А. Аграната. – М.: Металлургия, 1977. – 504 с. 2. Флинн Г. Физика акустической кавитации в жидкостях // Физическая акустика / Под ред. У. Мезона. – М.: Мир, 1967. – Т. 1. – Ч. Б. – С. 7-138. 3. Основы физики и техники ультразвука: Учеб. пособие для вузов / Б.А. Агранат, М.Н. Дубровин, Н.Н. Хавский и др. – М.: Высш. шк., 1987. – 352 с. 4. Пат. 24116 Российской Федерации, МПК В01F11/02. Гидродинамический излучатель / Баканов А.Г., Соловьев А.К., Шишов С.В., Тихонова Е.Л. Заявл. 07.02.2002; Опубл. 27.07.02, Бюл. № 14. 5. Серeda А.И. Расчет параметров звукового поля, создаваемого гидродинамическими излучателями в агрегате для мойки шерсти / А.И. Серeda, Ю.Ф. Свергун, А.Д. Черенков // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2006. – № 3/2 (21) – С. 115-118.



**Щербак Яков Васильевич**, профессор, доктор технических наук. Защитил диссертацию доктора технических наук на тему: "Теоретические основы и методы регулирования субгармоник полупроводниковых преобразователей электроэнергии" в 2001 г. Заведующий кафедрой "Системы электрической тяги" Харьковской государственной академии железнодорожного транспорта. Научные интересы связаны с проблемами полупроводниковых преобразователей электроэнергии, интенсификации технологических процессов.

*Поступила в редколлегию 24.01.2011  
Рецензент д.т.н., проф. Болюх В.Ф.*