

Мовчанюк А.В., к.т.н., доц., Луговской А.Ф., д.т.н., проф., Фесич В.П., инж.
КПИ им. Игоря Сикорского, г. Киев, Украина

УВЕЛИЧЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ РАСПЫЛИТЕЛЕЙ С РАЗВИТОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

Аннотация. Рассмотрены основные факторы, влияющие на производительность процесса ультразвукового распыления. Описана классическая схема ультразвукового распылителя, состоящего из ультразвукового преобразователя и ультразвукового концентратора. Увеличение площади рабочей поверхности позволяет увеличить производительность процесса получения мелкодисперсного аэрозоля. Увеличить площадь можно путем добавления дисковой насадки, установленной на торце концентратора ультразвукового преобразователя. Возникновение изгибных колебаний в диске будет вызывать появление узловых диаметров. В узловых диаметрах за счет снижения амплитуды колебаний будет отсутствовать распыление. Предложен альтернативный способ возбуждения дисковой насадки полым ультразвуковым концентратором. Полый ультразвуковой концентратор присоединяется в области узловых окружностей диска. При этом в области узловой окружности амплитуда колебаний будет равна амплитуде колебаний рабочего торца концентратора. Собственная резонансная частота диска останется прежней. Приведены расчетные соотношения, позволяющие оценить собственную резонансную частоту диска заданного размера. Приведены формы собственных колебаний диска для первой и второй резонансных частот. Приведены графики для выбора геометрических размеров диска из Д16Т. Приведенные графики и расчетные соотношения позволяют произвести расчеты и проектирование ультразвуковых распылителей новой конструкции. Предложенная конструкция ультразвукового распылителя позволяет существенно повысить производительность ультразвукового распыления.

Ключевые слова: ультразвук, пьезопреобразователь, ультразвуковое распыление, распыление в тонком слое, производительность распыления

Ультразвуковое распыление является эффективным способом получения относительно монодисперсного аэрозоля [1]. Существует два основных способа ультразвукового распыления – распыление в фонтане и распыление в тонком слое. Наибольший интерес для промышленности представляет распыление в тонком слое, так как при этом обеспечивается достаточно высокая производительность. Производительность процесса распыления в тонком слое зависит от частоты рабочих колебаний, амплитуды колебаний и площади поверхности распыления. Выбор рабочей частоты определяет дисперсность аэрозоля.

Для получения необходимой амплитуды ультразвуковых колебаний в качестве электромеханического преобразователя используют составные преобразователи с ультразвуковыми трансформаторами колебательной скорости – ультразвуковыми концентраторами. Использование концентратора резко уменьшает площадь рабочей поверхности, а следовательно, и производительность процесса. Для увеличения рабочей площади на торце концентратора устанавливают дисковую насадку. При установке дисковой насадки необходимо корректировать длину тонкой части концентратора. Насадка может рассматриваться как тонкий диск, возбуждаемый по центру. Площадь дисковой насадки будет ограничиваться возникновением изгибных колебаний. Изгибные колебания будут вызывать возникновение на поверхности диска узловых окружностей, в окрестностях которых будет отсутствовать распыление жидкости.

Одним из возможных вариантов повышения площади рабочей поверхности является возбуждение насадки в виде тонкого диска в окрестностях узлового диаметра при помощи пустотелого трубчатого концентратора [2]. Можно предположить, что при возбуждении диска в узловой окружности, амплитуда колебаний будет равна амплитуде колебаний рабочего торца пустотелого концентратора, а частота собственных колебаний диска практически не измениться.

Рассмотрим колебания свободного диска диаметром D_H и толщиной h_H . Материал диска характеризуется плотностью ρ и модулем Юнга E . При колебаниях на низшей моде будет наблюдаться один узловой диаметр, радиус которого [3] может быть найден:

$$R_0 = 0,678 \cdot \frac{D_H}{2}.$$

При этом частота резонанса может быть оценена по выражению:

$$f_{01} = 1,744 \cdot \frac{h_H}{D_H^2} \cdot \sqrt{\frac{E}{\rho}}.$$

Для второй моды будем иметь два узловых диаметра:

$$D_{01} = 0,392 \cdot D_H; \quad D_{02} = 0,842 \cdot D_H.$$

Для Д16Т формулу можно преобразовать к виду, где частота в кГц а размеры в мм:

$$f_{01} = 8913 \cdot \frac{h_H}{D_H^2} \quad (\text{кГц}), \quad f_{02} = 36080 \cdot \frac{h_H}{D_H^2} \quad (\text{кГц}).$$

Результаты численных расчетов позволяют оценить моду колебаний поверхности диска на частотах первой (Рис. 1а, Рис.2а) и второй мод колебаний (Рис. 1б, Рис.2б).

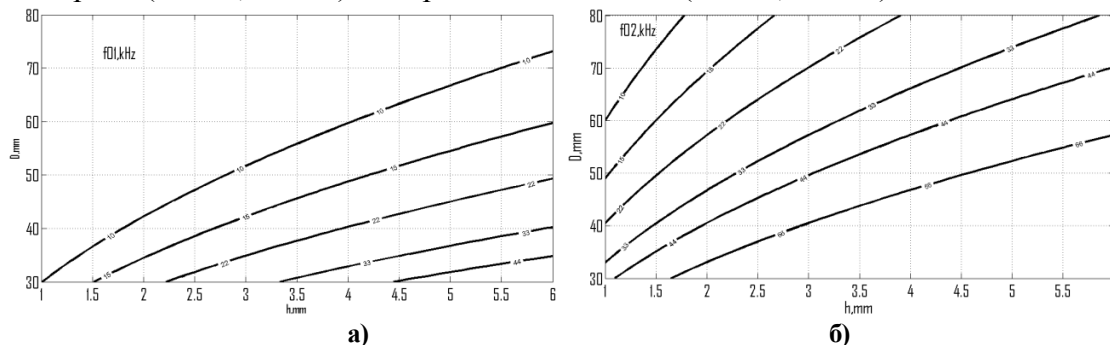


Рис.1 – Частоты первой (а) и второй мод(б) колебаний диска из Д16Т (частота кГц, размеры мм)



Рис. 2 – Форма собственных колебаний диска из Д16Т для первой (а) и второй (б) мод колебаний (частота 12,1 кГц, толщина диска 3мм, диаметр диска 50мм)

Для возбуждения диска можно использовать трубчатый пустотелый концентратор с наружным диаметром, равным узловому диаметру. При этом можно получить дополнительный выигрыш в амплитуде за счет изгибных колебаний диска.

Список использованных источников

1. Пажи, Д. Основы техники распыления жидкости / Пажи Д., Галустов В. // М. : Химия, 1984. 256 с.
2. Ультразвук. Маленькая энциклопедия / Глав. ред. И. П. Галямина. — М. : Советская энциклопедия, 1979. 400 с.
3. Лэмб, Г. Динамическая теория звука [пер. с англ. Н.С. Агеевой, под ред. М.А. Исаковича] / Г. Лэмб. – М.: ГИФМЛ, 1960.