03;12

Вибрационное распыление жидкости тонким стержнем

© В.А. Александров

Институт прикладной механики УрО РАН, Ижевск
E-mail: ava@udman.ru

Поступило в Редакцию 13 июня 2007 г.

Обнаружено явление распыления жидкости возбужденным пьезоэлектрическим преобразователем тонким стержнем с загнутым под прямым углом концом, в месте изгиба которого стержень взаимодействует с открытой поверхностью жидкости. Распыление может сопровождаться образованием струи жидкости, исходящий от загнутого конца стержня.

PACS: 46.40.-f, 47.85.-g

В работе [1] сообщалось о волновом распылении жидкости струной, которое может быть использовано для создания распылителей жидкости различного назначения [2]. Было сделано предположение о том, что вибрационное транспортирование и распыление жидкости струной связано с одновременным возбуждением в струне поперечных и продольных колебаний при ударном воздействии на струну пьезопреобразователем. Однако анализ резонансных поперечных колебаний струны показал, что транспортирование слоя жидкости может быть связано с тем, что отдельные участки струны совершают угловые колебания в плоскости поперечных колебаний струны [3]. Вблизи пучностей стоячей волны в струне при ее взаимодействии с открытой поверхностью жидкости возбуждаются капиллярные волны в слое жидкости и происходит распыление жидкости.

Вместе с тем, о колебаниях в распределенных упругих элементах типа струн, тонких стержней и т. д. можно судить по поведению тонкого слоя жидкости на их поверхности. Так, например, капля воды на поверхности струны или тонкого стержня принимает эллипсоидальную форму. При возбуждении колебаний струны в пучности стоячей волны эта капля растягивается тонким слоем и распыляется.

Целью настоящей работы являлось исследование взаимодействия с открытой поверхностью жидкости тонкого стержня, возбуждаемого с одного конца пьезопреобразователем.

Для исследований использовался тонкий металлический стержень диаметром $\varnothing = 0.62$ mm и длиной около $L \approx 60$ mm. К одному из его концов припаивался пьезопреобразователь ЗП-4, на который подавалось переменное напряжение амплитудой до 30 V от генератора звуковой частоты. Другой конец стержня подводился к открытой поверхности воды, при этом участок конца стержня смачивался тонким слоем воды. Возбуждение колебаний такого стержня приводило к наблюдению возникновения малозаметного мелкодисперсного распыления воды концом стержня при частоте 3.4 kHz. Более заметное распыление наблюдается при использовании маловязких жидкостей, таких как бензин и керосин, причем распыление происходит также в пучности изгибных колебаний стержня.

Изгиб участка конца стержня длиной 5–8 mm под прямым углом к оси стержня привел к обнаружению явления интенсивного распыления жидкости при взаимодействии стержня в месте его изгиба с поверхностью жидкости и возбуждении стержня вблизи частоты 2.2 kHz (рис. 1). При приближении непосредственно конца стержня к поверхности жидкости вместе с распылением образуется струя жидкости, исходящая от конца стержня. Эти явления более интенсивно возникают при взаимодействии стержня с бензином и керосином. Фотографирование струи жидкости показало, что струя представляет собой последовательный поток отдельных крупных частиц жидкости, размеры которых соизмеримы с диаметром стержня (рис. 2). Струя жидкости может подниматься на высоту до 100 mm.

Установлено, что при потребляемой мощности пьезопреобразователя 180 mW производительность распыления стержнем воды и бензина составляет соответственно 600 и 1000 cm^3 в час. Для сравнения, производительность распыления воды устройства, содержащего струну в качестве распыляющего узла, составляет 300 cm^3 в час при потребляемой мощности 600 mW.

Наблюдаемые явления можно объяснить следующим образом. Стержень, имеющий некоторую кривизну, имеет дополнительную упругость на деформацию сжатия–растяжения и в условиях возбуждения резонансных продольных инерционных колебаний он периодически выпрямляется и изгибается [4] так, что в нем легко возбуждаются

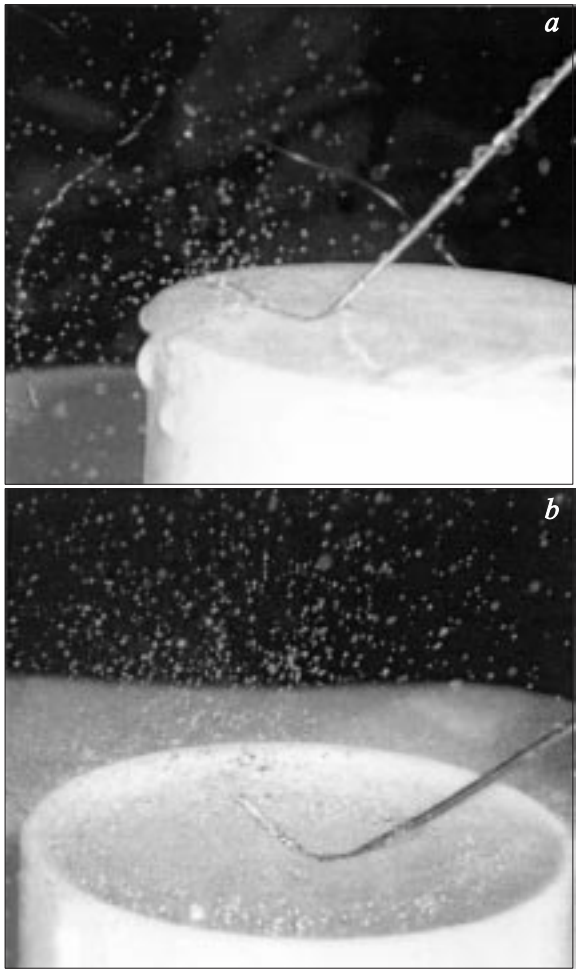

Рис. 1. Вибрационное распыление воды (a) и бензина (b) тонким стержнем с загнутым концом.

изгибные колебания. Его конец при этом совершает вибрационное движение по криволинейной траектории. Наличие несимметрично прикрепленной массы на конце стержня в виде загнутой под прямым углом

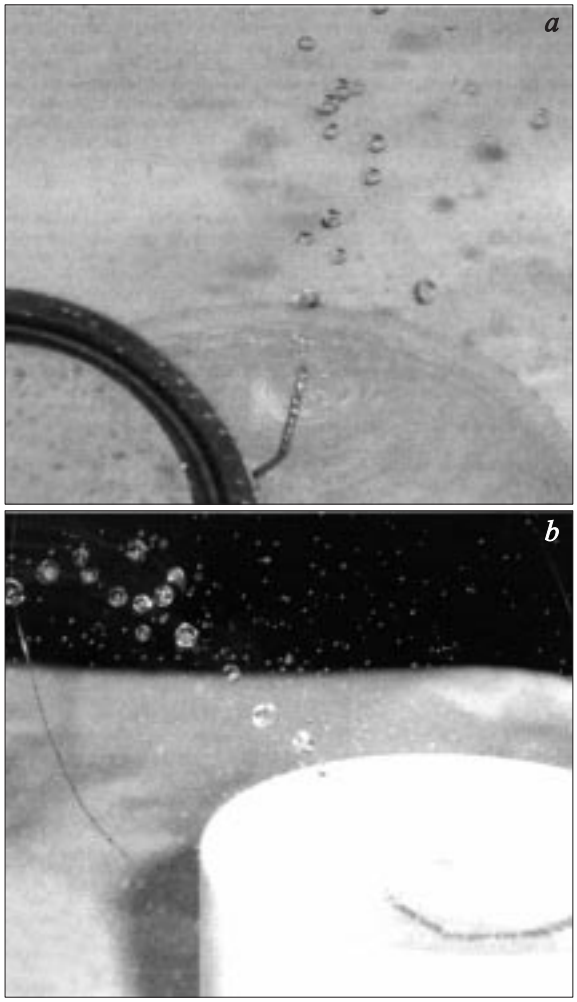

Рис. 2. Струи воды (a) и бензина (b), исходящие от конца стержня.

части стержня также приводит к возбуждению резонансных изгибных колебаний стержня, при котором эта часть конца стержня совершает вибрации преимущественно в продольном направлении. При наличии

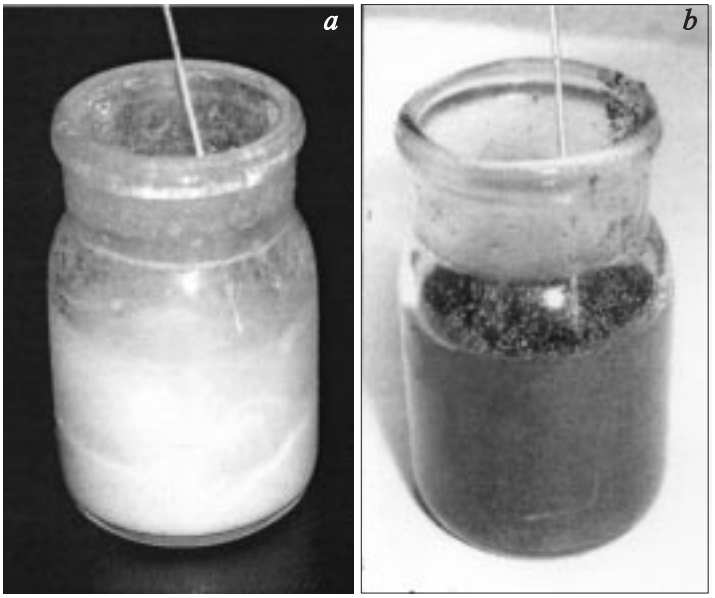

Рис. 3. Вибрационная обработка растворов мела в воде (a) и графита в бензине (b).

слоя жидкости на поверхности вибрирующего элемента стержня, во-первых, в слое жидкости возбуждаются стоячие капиллярные волны, что приводит к распылению жидкости и, во-вторых, слой жидкости непосредственно на конце стержня может выбрасываться за каждый период колебаний стержня, образуя струю.

Однако это простое устройство, включающее пьезопреобразователь и тонкий стержень с загнутым под прямым углом концом, может быть использовано также для вибрационной обработки и напыления различных растворов микро- и наночастиц. На рис. 3 показан процесс вибрационной обработки мелкодисперсного порошка мела в воде и порошка графита в бензине.

Таким образом, обнаруженное в работе распыление жидкости тонким стержнем с загнутым под прямым углом концом, в месте изгиба которого стержень взаимодействует с открытой поверхностью жидкости, вызвано изгибными колебаниями стержня, при котором участок

загнутого конца стержня вибрирует в продольном направлении. Результаты исследования обнаруженного явления могут быть использованы для разработки распылителей различных жидкостей. Очевидно использование этого явления также для разработки устройств вибрационного препарирования при научных исследованиях растворов наночастиц в малых дозах.

Список литературы

[1] *Александров В.А.* // Письма в ЖТФ. 2003. Т. 29. В 10. С. 88–94.
[2] *Александров В.А., Михеев Г.М.* // Патент РФ на изобретение № 2234381.
[3] *Липанов А.М., Михеев Г.М., Александров В.А.* // Деп. в ВИНИТИ 14.08.2006, № 1064-В2006.
[4] *Александров В.А., Михеев Г.М.* // Письма в ЖТФ. 2005. Т. 31. В. 15. С. 49–54.