

ПИСЬМА В РЕДАКЦИЮ

О ДЕЙСТВИИ ЗВУКА НА ПРОЦЕСС ДИФФУЗИИ ИЗ ЖИДКОСТИ В ГЕЛЬ

М. Е. Архангельский

Известно, что скорость процесса фотографического проявления определяется в основном скоростью диффузии проявителя в фотослой [1]. Можно поэтому считать, что фотодиффузионный метод визуализации [2] основан на ускорении процесса диффузии под действием звукового поля. Влияние звука на диффузию жидкости через тонкую целлофановую пленку исследовалось Тарноцци [3, 4]. Рассматривая действие механического перемешивания (акустический ветер), местного нагрева, кавитации, звукового давления и его градиента и радиационного давления, он показал, что ускоряющее действие в основном определяется кавитацией и влиянием звукового и радиационного давлений. Фридман [5], изучая диффузию электролита в желатиновый гель при воздействии механического перемешивания и звуковых колебаний, пришел к выводу, что ускоряющее действие звука связано с нарушением диффузионного граничного слоя. В данной работе была предпринята попытка выявить причины, оказывающие решающее действие на ускорение диффузии проявляющей среды в фотографический слой.

К указанным Тарноцци факторам было необходимо добавить амплитуду колебаний, ускорение, колебательную скорость и колебание температуры, связанное с адиабатическим сжатием и расширением среды. Исследование было проведено путем последовательного исключения перечисленных выше факторов.

Прежде всего была произведена оценка влияния акустического ветра. Действие акустического ветра устранилось тонкой звукопроницаемой пленкой, расположенной перед фотослоем на расстоянии 2,5 мм. Опыты показали, что при устранении ветра почернение уменьшалось лишь на 3% *, поэтому стало ясно, что акустический ветер не является основной причиной исследуемого эффекта.

Влияние кавитации было оценено путем постепенного увеличения интенсивности до кавитационного порога (в нашем случае, при частоте 3 мгц, около 1 вт/см²). При этом было установлено, что возникновение кавитации не увеличивает заметно общей плотности почернения и, таким образом, кавитацию можно было исключить из дальнейшего рассмотрения.

Влияние частотно-зависимых факторов можно оценить по частотной зависимости контраста звукового изображения ΔD от частоты, что было нами сделано при постоянных интенсивности звука (0,7 вт/см²), концентрации проявляющей среды ($K = 0,25$) и звуковой экспозиции ($t = 30$ сек). Из фигуры видно, что во всяком случае какой-либо систематической зависимости ΔD от частоты не существует; поэтому частотно-зависимые факторы, такие как градиент звукового давления, амплитуда колебаний и колебательное ускорение могут быть исключены из числа факторов, оказывающих определяющее влияние на почернение.

Влияние местного нагрева фотоматериала в ультразвуковом поле оценивалось косвенным путем. С помощью термопары, приведенной в контакт с эмульсионным слоем (в случае фотопластинки) или введенной в подложку (в случае фотобумаги), измерялось локальное повышение температуры при воздействии ультразвука. Затем, при отсутствии ультразвукового облучения, определялась зависимость плотности почернения D от искусственно изменяемой температуры T проявляющей среды. На основании этих опытов можно было оценить влияние местного нагрева. Оно составило для фотопластинки 5% и для фотобумаги 20%.

Сравнительная оценка влияния звукового давления и колебательной скорости была произведена путем звукографирования поля стоячей волны [6]. Для этого фотопластинка помещалась в проявляющую среду параллельно звуковому лучу между излучателем звука и отражателем. На ней получалась картина чередующихся темных и светлых полос, расположенных друг от друга на расстоянии $\lambda/4$ (λ — длина звуковой волны), причем максимальная плотность почернения равнялась плотности почернения фотопластинки при нормальном падении звуковой волны при таких же услови-

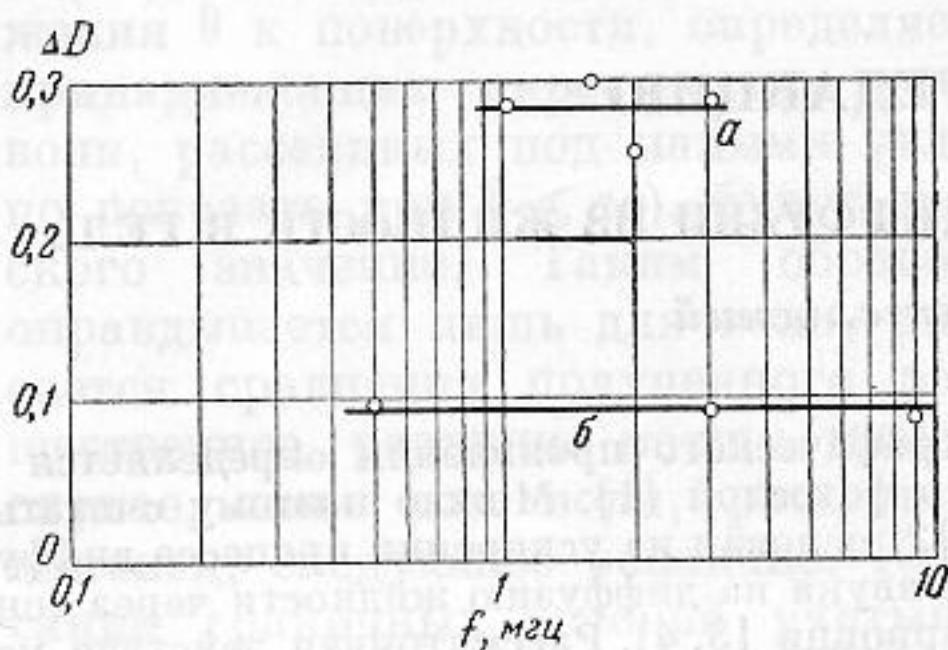
* Оценка влияния каждого фактора осуществлялась на основании процентного уменьшения плотности почернения при исключении данного фактора по сравнению с плотностью почернения при совокупном действии всех факторов.

ях. Темные полосы всегда совпадали с пучностями давления, откуда следует, что колебательная скорость не оказывает влияния на диффузию проявляющей среды в фотослой.

Постоянное во времени радиационное давление можно считать подобным статическому давлению. Поэтому оценку влияния радиационного давления можно было осуществить, используя эквивалентное гидростатическое давление. Применявшиеся в данных опытах интенсивности звука не превосходили $3 \text{ вт}/\text{см}^2$, что соответствует радиационному давлению в $0,4 \text{ Г/см}^2$. Нами было произведено проявление фотоматериала при гидростатическом давлении, в шесть раз превышающем эту величину, что не привело к повышению плотности почернения.

Наконец, влияние колебательной температуры ΔT может быть оценено расчетным путем из соотношения [7]:

$$\Delta T = \frac{10^{-7} p \cdot \beta \cdot T}{4,19 \cdot C_p \cdot \rho},$$



a — фотобумага, б — фотопластинка

где p — звуковое давление, β — коэффициент объемного расширения, T — температура среды, C_p — удельная теплоемкость при постоянном давлении, ρ — плотность среды. Для воды (или проявляющей среды) при интенсивности звука в $1 \text{ вт}/\text{см}^2$ ($p \approx 1,7 \text{ атм}$) $T \approx 293^\circ$, $\beta \approx 0,2 \cdot 10^{-3} 1/\text{град}$ и $C_p \approx 1 \text{ кал}/\text{град} \cdot \text{г}$, изменение температуры составляет $\Delta T \approx 0,005^\circ$, что не может привести к заметному ускорению процесса диффузии.

На основании всего изложенного можно заключить, что основным [фактором, вызывающим ускорение проявления экспонированного фотослоя в ультразвуковом поле, является переменное звуковое давление. Вторым по значимости фактором является местное повышение температуры фотослоя (особенно для фотобумаг).

Механизм ускорения диффузии проявляющей среды в фотослой при воздействии ультразвука можно представить себе следующим образом: звуковое давление в один из полупериодов способствует проникновению жидкости в «поры» геля и изменяет сами «поры». Проникшая жидкость связывается гелем адсорбционными или какими-либо другими силами и поэтому не выносится из него за второй полупериод.

ЛИТЕРАТУРА

1. Т. Джеймс. Зависимость скорости проявления поверхностного скрытого изображения от температур проявляющего раствора. Сб. перевод. «Фотографические материалы и процессы их обработки», М., ИЛ, 1957, 207.
2. М. Архангельский, Б. Афанасьев. Исследование фотодиффузионного метода визуализации ультразвуковых полей. Акуст. ж., 1957, 3, 3, 214.
3. Т. Тарножи, Г. Тамас. Újabb vizsgálatok az ultrahang diffúzióvelo; hatására. Magyar Fiz. Folyóirat 1957, 5, 3, 237—243.
4. Г. Тамас, Т. Тарножи. Hártýák átereszto képességenek megváltozása ultrahang hatására. Magyar Fiz. Folyóirat, 1955, 3, 543—552.
5. В. Фридман. Звуковые и ультразвуковые колебания и их применение в легкой промышленности. М., Гизлэгпром, 1956, стр. 128—144.
6. Г. Кек. Sichtbarmachung von stehenden ultraschallfeldern und akustisch — optische bildwandlung. Acustica, 1956, 6, 6, 543.
7. Л. Ландау, Е. Лифшиц. Механика сплошных сред. М., Гостехиздат, 1944, 303.

Акустический институт АН СССР
Москва

Поступило в редакцию
16 мая 1959 г.

УЛЬЗАЗВУКОВАЯ УСТАНОВКА С ЗАПИСЬЮ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЕФЕКТОВ В МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЛИСТАХ

В. М. Веревкин, Н. А. Евдокимов, К. В. Жарков, Л. Г. Меркулов

Данное сообщение посвящено краткому описанию ультразвуковой установки для промышленного контроля листового проката, разработанной в Ленинградском электротехническом институте им. В. И. Ульянова (Ленина). Действие установки, упрощен-