

Е. П. ОСТРОВСКИЙ

ПОЛУЧЕНИЕ МОЩНЫХ ЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ ПРИ ПОМОЩИ
МАГНИТОСТРИКЦИИ

(Представлено академиком С. И. Вавиловым 20 I 1937)

Первая работа по применению магнитострикционных свойств для получения магнитострикционных резонаторов и осцилляторов, была сделана в 1928 г. Пирсом⁽¹⁾. Пирс работал при небольших интенсивностях и интересовался главным образом вопросом о применении магнитных стержней для целей стабилизации электрических колебаний; попутно он исследовал также скорости звука в различных материалах и нашел, что при продольных колебаниях стержня и при закреплении его в центре, хорошо удовлетворяется формула:

$$f_0 = \frac{c}{2l},$$

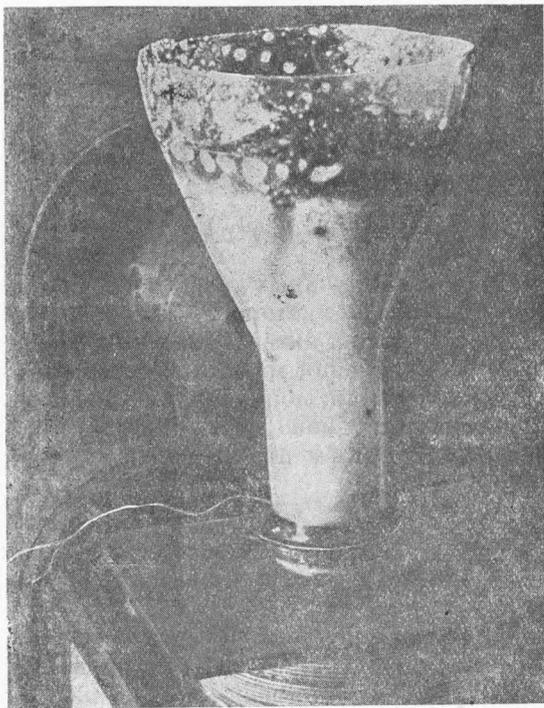
где f_0 —основная частота колебания стержня; c —скорость звука в нем и l —длина стержня.

В 1932 г. Гейнс⁽²⁾ опубликовал статью, в которой впервые указывает на возможность получения мощных магнитострикционных колебаний и передачу их в жидкость. В качестве материала он применял трубки из холодноотянутого никеля. Трубка, с которой он работал, имела в длину 26 см и давала частоту колебаний в 8500 герц. При мощных колебаниях ему удалось получить в жидкости над вибратором высокий фонтан (до 6 см) и целый ряд биологических эффектов, наблюдавшихся ранее при ультразвуковых частотах; в частности им наблюдалось эмульсионное действие, тепловые эффекты, некоторое бактерицидное действие и т. п. В виду большого интереса мы предприняли более подробное изучение явлений мощных магнитострикционных колебаний и в настоящей заметке сообщаем предварительные данные о полученных результатах.

В наших первоначальных опытах мы пользовались никелевыми трубками, полученными электролитическим способом. Электролитические трубки с толщиной стенок 0.4 мм легко возбуждались, и с ними удалось получать фонтаны высотой до 6 см. Так, очень хорошо работала трубка длиной 24 см, диаметром 10 мм, с толщиной стенок 0.1—0.2 мм, дававшая частоту 9000 герц. В дальнейшем мы перешли на никелевые трубки, изготовленные из листового анодного никеля. С подобными трубками благодаря их значительно большей массе удавалось получать значительно более мощные колебания. При сильных вибрациях удается получить фонтан в 8—10 см и отдельные брызги, вылетающие на высоту до 20 см.

К трубкам припаивались медью с одного из концов круглая пластинка диаметра, равного диаметру трубки, которая и служила излучателем. Припаивание оловом не достигает цели в виду быстрого отрыва пластинки от трубки. Поверхность пластинки при сильных колебаниях с течением времени диспергируется, причем характер диспергирования для различных металлов различен.

Генераторная часть установки для возбуждения стержней была собрана по трехточечной схеме на лампе ГК-3000. Напряжения в генераторном контуре достигали 4000 В.



Контур состоял из катушки самоиндукции, конденсаторов переменной и постоянной емкости для настройки на определенную длину волны и короткой многовитковой цилиндрической катушки, создававшей переменное магнитное поле, потребное для возбуждения стержня.

При работе трубки как вибратора средняя ее точка закреплялась в каучуковой пробке, причем последняя закупоривала перевернутую горлом книзу стеклянную колбу с обрезанным дном (фиг. 1). Верхняя часть никелевой трубки с напаянной на ее конец пластинкой помещалась в жидкость, налитую в колбу. Нижняя половина трубки вводилась внутрь многовитковой катушки. Во время работы стержень значительно разогревался, в виду чего его необходимо было

Фиг. 1.

охлаждать при помощи струи воды, бьющей через открытый нижний конец трубки. Разогревание вибратора является крайне нежелательным, так как при этом падает интенсивность колебаний и сильно изменяется собственная частота. При разогревании выше 360° (точка Кюри) магнитострикционные колебания прекращаются.

Во время работы стержня необходимо накладывать на него постоянное намагничивание; это дает возможность вибратору работать на наиболее выгодном интервале кривой магнитострикции. Проведенные измерения показали, что наиболее выгодным режимом для стержня является тот, в котором коэффициент магнитострикции наиболее резко меняется с изменением напряженности магнитного поля. В нашей установке подмагничивание осуществлялось электромагнитом, помещенным на некотором расстоянии от стержня. Измерения на постоянном токе показали, что накладываемая на стержень оптимальная подмагничивающая индукция $B_0 = 600$ гаусс. Переменная индукция, получаемая от многовитковой катушки, в которую помещался магнитный стержень, была $B_{j \max} = 4050$ гаусс.

Необходимо иметь в виду, что когда магнитное поле намагничивающей

катушки больше постоянного и меняется f раз в секунду, никелевый стержень будет испытывать периодические изменения длины (укорочения) с удвоенной частотой, т. е. $2f$ раз в секунду⁽³⁾, так как с изменением знака поля знак магнитострикции не меняется. В виду этого возбуждать вибратор необходимо с частотой, в два раза меньшей собственной частоты стержня, т. е. $\frac{f_0}{2}$.

Отступления от вычисленных значений следует отнести, возможно, за счет дополнительной массы на конце стержня, опущенном в жидкость.

Эмульсионное действие магнитострикционных колебаний

Мощные магнитострикционные колебания с частотами порядка 10.000 герц отличаются чрезвычайно сильным эмульсионным действием. Легко получаются устойчивые эмульсии трансформаторного масла, бензола и ртути в воде.

Получение эмульсии осуществляется либо в том же сосуде, в котором находится вибратор, либо в отдельном стеклянном стаканчике, в который колебания проникают через дно. В этом последнем случае весьма нередко разбивание стаканчиков действием мощных магнитострикционных колебаний, на что указывал еще Гейнс. В сосуде с вибратором нам удавалось в 1—2 мин. получать устойчивые эмульсии в количестве свыше четверти литра. Эмульсии получались более устойчивыми, чем получаемые при помощи пьезокварцевых вибраторов. Микроскопическое исследование показывает, что получаемые эмульсии довольно однородны. Эмульсия трансформаторного масла вполне сохранялась через день после озвучивания. Диаметр частиц масла около 1μ и менее. На фиг. 1 показан сосуд с никелевым вибратором, сейчас же по окончании эмульгирования. Нижняя молочнобелая жидкость—эмульсия трансформаторного масла в воде. Верхняя жидкость лимонножелтого цвета—эмульсия воды в трансформаторном масле.

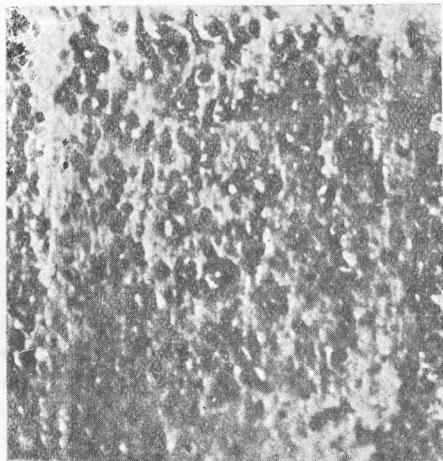
Диспергирование свинца и других металлов

Свинец под действием колебаний магнитострикционного вибратора с частотой 9405 герц энергично диспергировал в воде. Получался высокодисперсный золь свинца, имеющий голубой оттенок; одновременно получают и частицы свинца большего размера. Потери в весе свинцовой пластинки, при диспергировании рассчитанные на 1 см^2 поверхности, получились следующие: 5-минутная экспозиция в воде дала потерю в весе $137 \cdot 10^{-4} \text{ г/см}^2$. В стаканчике было 10 см^3 воды, и температура повысилась за время экспозиции от 21° до 35° .

Диспергирование зависит (при одной и той же интенсивности колебаний) не только от свойств металла, но и от свойств жидкой среды, в которой он диспергируется. Та же 5-минутная экспозиция для 5% раствора сахара в воде дала потерю на тот же объем воды $111.7 \cdot 10^{-4} \text{ г/см}^2$; 5-минутная экспозиция в вазелиновом масле (неполярная жидкость) дала $20.8 \cdot 10^{-4} \text{ г/см}^2$.

По данным Л. Р. Соловьевой, полученным в нашей лаборатории с пьезо-кварцевым вибратором при частоте 400 000 герц, найдена потеря в весе свинца вследствие диспергирования, равная $234 \cdot 10^{-4} \text{ г/см}^2$, за время в 40 мин. Так как диспергирование в этом интервале приблизительно пропорционально времени, то за 5 мин. была бы потеря в весе приблизительно $29.25 \cdot 10^{-4} \text{ г/см}^2$.

Как видим, потеря в весе при действии магнитострикционного вибратора превышает при том же времени экспозиции потерю на высокой частоте в 4.7 раза. Имеются данные, чтобы сравнить мощность в обоих случаях. Если судить по тепловому эффекту, то в случае высокочастотных колебаний с кварцевой пластинкой (частота 400 000 герц) выделяемая мощность в озвучиваемом стаканчике была 13 W на объем 5 см³, т. е. 2.6 W/см³. В случае магнитострикционных колебаний мощность была 0.27 W/см³, т. е. почти в 10 раз меньше, чем с кварцевым излучателем.



Фиг. 2.

Поверхности свинцовых пластин, подвергавшиеся воздействию мощных магнитострикционных колебаний, сильно корродируются. По внешнему виду поверхность пластины имеет изъеденный вид и как бы глубоко проколота иголкой по всей поверхности. Края этих проколов приподняты, имеют блестящий вид и напоминают свежеплавленную поверхность. Вид этих отверстий напоминает поверхность лунных кратеров.

На фиг. 2 дан снимок свинцовой пластинки в результате воздействия магнитострикционного вибратора. Если составить сплавы свинца с оловом различного процентного содержания от 0 до 100% и озвучивать их в водной среде при одинаковых условиях, то легко наблюдать, как постепенно меняется характер коррозии поверхности металла. Наиболее сильно корродируется поверхность чистого свинца и сплава свинца с 2% олова. При дальнейшем увеличении процентного содержания олова получается ослабление коррозии поверхности. Коррозия особенно мала для 50 и 60% олова (50 и 40% свинца), т. е. для сплавов, которые в этом ряду отличаются наиболее высокой твердостью⁽⁵⁾.

Помимо свинца и сплавов свинца с оловом наблюдается также диспергирование и других металлов и сплавов. Мы наблюдали слабые диспергирования алюминия, меди и никеля, а также сплавов Вуда и Липовица. Поверхности всех этих металлов корродируются, что можно наблюдать невооруженным глазом.

Выражаю благодарность заведующему лабораторией высокой частоты проф. С. Н. Ржевкину за ряд весьма ценных указаний в процессе выполнения настоящей работы. Весьма признателен также научной сотруднице Физико-химического института им. Карпова Л. Ф. Неньковой за любезное изготовление никелевых электролитических трубок.

Лаборатория высокой частоты.
Центральный институт
рентгенологии и радиологии.
Москва.

Поступило
20 I 1937.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ G. W. Pierce, Proc. Am. Acad., 63, 1 (1928). ² Newton Gaines, Physics, 3, 209 (1932). ³ Н. Малов, В. Митяев и С. Ржевкин, Сборн., посвящ. 10-летию Моск. магн. лабор., Москва (1930). ⁴ Справочник «Технич. Энцикл.», т. II, стр. 412—413.