

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

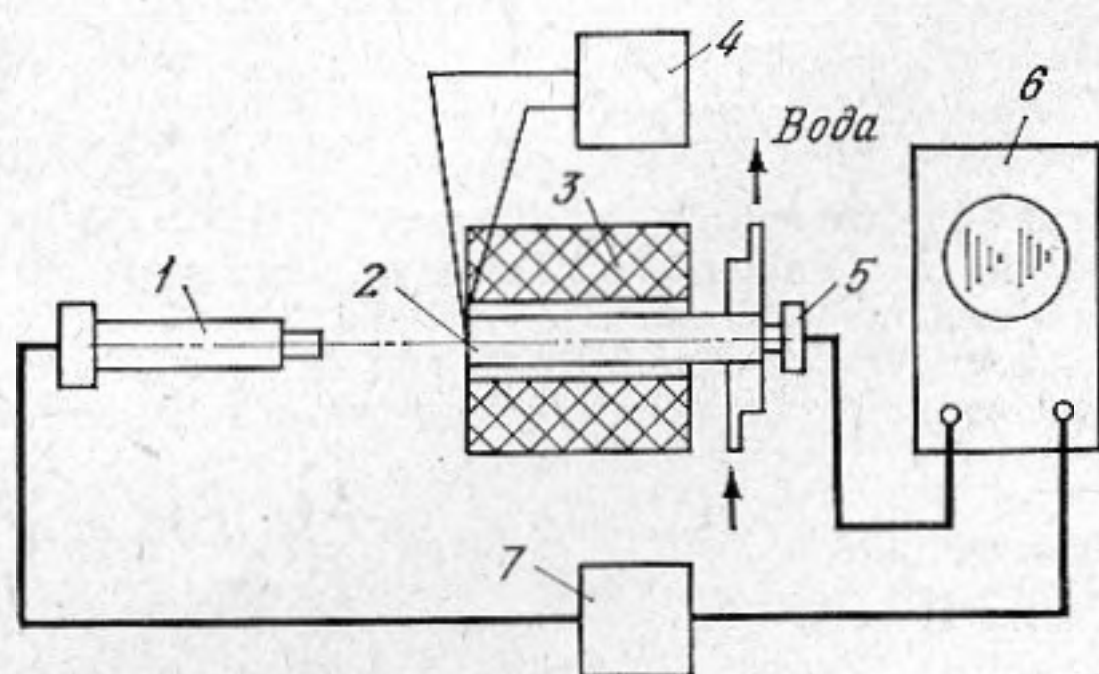
УДК 621.373.826:534.6

ВОЗБУЖДЕНИЕ УЛЬТРАЗВУКА В ЖЕЛЕЗЕ ПРИ ФАЗОВОМ ПЕРЕХОДЕ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ЛАЗЕРНЫХ ИМПУЛЬСОВ

Буденков Г. А., Гуревич С. Ю., Каунов А. Д., Маскаев А. Ф.

В настоящее время интенсивно разрабатываются бесконтактные методы генерации и регистрации ультразвука в изделиях, контроль которых невозможен с помощью традиционных методов (например, пьезоискателями) вследствие высокой температуры изделий, наличия окалины на их поверхности т. п.

Значительный интерес в этой связи представляет процесс генерации упругих колебаний ультразвуковой частоты под действием лазерных импульсов. В настоящей работе приведены результаты экспериментального исследования указанного процесса в достаточно широком температурном интервале для образцов из железа и алюминиевого сплава.

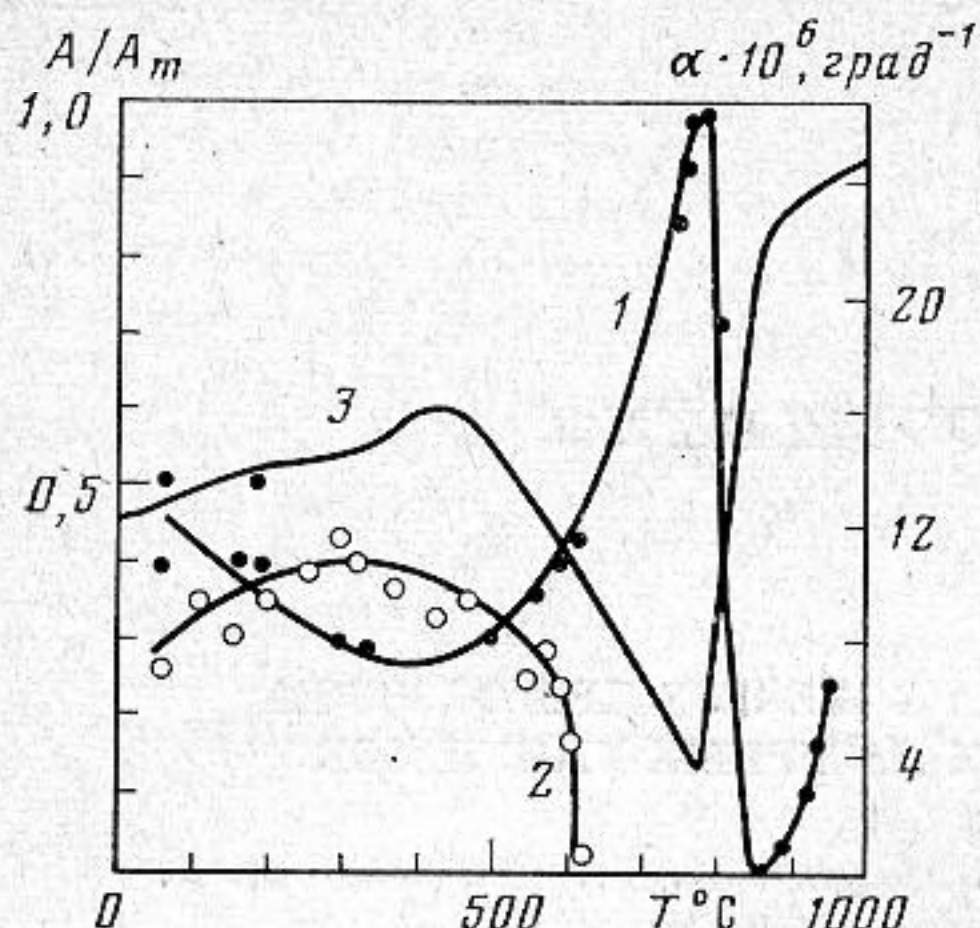


Фиг. 1. Схема экспериментальной установки для исследования возбуждения ультразвука в железе лазерными импульсами

На фиг. 1 показана схема экспериментальной установки. Источником импульсов служил рубиновый лазер 1 марки ОГМ-20. Образец 2 диаметром 50 и длиной 300 мм помещался в печь 3, служащую для подогрева образца. Температура облучаемого торца образца измерялась термопарой с потенциометром 4 марки ПП-63. Импульсы продольной волны, возбуждаемые в поверхностном слое облучаемого торца образца под воздействием лазерных импульсов, достигают противоположного водоохлаждаемого торца образца и регистрируются с помощью пьезопреобразователя 5, резонансная частота которого составляла 1,8 МГц. Визуализация импульсов упругой волны осуществлялась с помощью «запоминающего» осциллографа 6 марки С8-9А, синхронизированного при помощи блока 7 электронно-оптической синхронизации. Относительная погрешность измерения нормированной амплитуды составляла 10%, а для температурных измерений — 12%.

На фиг. 2 представлены результаты измерения температурной зависимости амплитуды импульсов упругой волны, возбуждаемых в ферромагнитных образцах из железа (кривая 1) и неферромагнитных образцах из алюминиевого сплава Д16 (кривая 2). Анализ приведенных графиков показывает, что для неферромагнитного образца амплитуда импульсов практически не зависит от температуры вплоть до температуры размягчения алюминиевого сплава. Совершенно иной вид имеет график температурной зависимости для ферромагнитного образца. Кривая имеет ярко выраженный резонансный характер с максимумом в точке Кюри (770° С для железа), причем нормированная амплитуда сигнала возрастает почти в 2 раза. Аномальный рост нормированной амплитуды сигнала объясняется, по-видимому, аномалией теплового расширения железа [1, 2] в районе температуры магнитного фазового пере-

хода, т. е. в районе точки Кюри. При взаимодействии лазерного импульса с поверхностью образца происходит скачок температуры поверхностной пленки образца.



Фиг. 2. Температурные зависимости амплитуды импульсов возбуждаемой лазером продольной волны в образцах из железа (1) и алюминиевого сплава (2). Кривая 3 представляет температурную зависимость коэффициента линейного расширения железа по данным работы [2]

с помощью бесконтактных электромагнитоакустических искателей.

Элементарную оценку величины этого скачка можно произвести, решив уравнение теплопроводности для теплового удара на поверхности полупространства [3].

В итоге получается, что для поверхности образца скачок температуры равен $\Delta T = q\sqrt{a/\lambda 2\sqrt{\tau}/\pi} \approx 10^2$ К. Здесь q — плотность теплового потока ($q = 0,7 \cdot 10^{10}$ Вт·м $^{-2}$), a — коэффициент температуропроводности ($a = 1,7 \cdot 10^{-5}$ м 2 ·с $^{-1}$), τ — длительность лазерного импульса ($\tau = 3 \cdot 10^{-8}$ с), λ — коэффициент теплопроводности ($\lambda = 0,42 \cdot 10^2$ Вт·м $^{-1}$ К $^{-1}$) [4]. Поэтому приблизительно за 100° до точки Кюри величина скачка температуры оказывается достаточной для перевода образца из ферромагнитного в парамагнитное состояние, т. е. для осуществления магнитного фазового перехода.

Таким образом, результаты проведенного исследования могут быть использованы при изучении магнитных фазовых переходов и для разработки ультразвукового бесконтактного метода контроля горячих ферромагнитных изделий в процессе производства. В последнем случае регистрацию ультразвуковых импульсов можно осуществить

ЛИТЕРАТУРА

1. Белов К. П. Магнитные превращения. М.: Физматгиз, 1959. 259 с.
2. Ларионов Л. Н., Усов Ю. В. Тепловые свойства железоникелевых сплавов. — Металлофизика. Респ. межвед. сб., 1977, вып. 68, с. 3–14.
3. Коваленко А. Д. Термоупругость. Киев: Вища школа, 1975, с. 215.
4. Таблицы физических величин. Справочник/Под ред. Кикоина И. К. М.: Атомиздат, 1976, с. 1008.

Челябинский политехнический институт им. Ленинского комсомола

Поступила в редакцию 3.II.1982

УДК 534.83

О РАСПРОСТРАНЕНИИ ВИБРАЦИОННОЙ И ЗВУКОВОЙ ЭНЕРГИИ ВДОЛЬ СТРУКТУРЫ С ПОТЕРЯМИ

Бутлицкая И. А., Вялышев А. И., Тартаковский Б. Д.

Изучение точными методами распространения вибрационной и звуковой энергии по сложным структурам с неоднородностями и поглощением является сложной задачей. Неоднократно указывалась возможность решения такого рода задач с использованием статистических методов [1–7]. Примером такого рода подхода при распространении изгибных и продольных колебаний в структурах с поглощением энергии в энергетическом приближении является работа [8].

На практике особый интерес представляет случай одновременного распространения вдоль различных структур вибраций и звуковых волн в широкой полосе частот. Такие ситуации встречаются в строительной акустике, при распространении звука по вентиляционным каналам и т. д.

Рассмотрим задачу о совместном распространении вибрационных и звуковых волн вдоль структуры, обладающей вибропоглощением. Примем следующую расчетную модель. По двум параллельным каналам распространяются потоки вибрационной (изгибной) и звуковой энергии. На протяжении всей длины каждого канала происходит переход энергии звукового поля в энергию вибрационного поля и наоборот. Изгибные колебания распространяются по структуре, характеризуемой большим коэффициентом пространственного затухания, звуковая энергия распространяется в канале, обладающем малым коэффициентом пространственного затухания.