

УДК 534.8+548 : 537.611.46

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФЕРРОМАГНИТНОЙ ЖИДКОСТИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ АКУСТИЧЕСКОГО КОНТАКТА ПРИ ИССЛЕДОВАНИЯХ НА ПРОДОЛЬНЫХ И ПОПЕРЕЧНЫХ ВОЛНАХ

Анцилис Л. В., Кострюкова Н. К., Новиков В. Ф.

Исследована ферромагнитная жидкость как среда для акустического контакта при измерениях на продольных и поперечных ультразвуковых волнах. Показано, что такой контакт позволяет значительно быстрее и точнее измерять скорость звуковых волн, не требуя тонкой обработки поверхностей образцов.

При измерении скорости распространения упругих колебаний в твердых телах акустический контакт между излучателем, образцом и приемником звукового сигнала обычно достигается с помощью слоя масла или глицерина (в случае продольных волн) или с помощью передающих сдвиговые колебания вязких склеивающих сред, таких, как эпоксидная смола, раствор канифоли в спирте (в случае поперечных волн) [1]. Недостатком такого рода сред является, во-первых, необходимость длительной (5–30 мин) выдержки системы излучатель — образец — приемник под нагрузкой для достижения минимальной толщины контактного слоя, во-вторых, их неспособность надежно передавать сигнал в случае, когда существует большой зазор между образцом и излучателем или приемником.

Целью данной работы явилось изучение возможностей применения ферромагнитной жидкости (ФМЖ) как среды для акустического контакта. Используемая ФМЖ имела плотность $1,64 \text{ г/см}^3$, намагниченность насыщения 44 кА/м и представляла собой керосиновую суспензию однодоменных частиц магнетита (Fe_3O_4), стабилизированных олеиновой кислотой, с размерами $50\text{--}150 \text{ \AA}$ [2, 3]. Достоинством ФМЖ является ее способность хорошо смачивать металлы и быстро образовывать вследствие малой вязкости тончайшие контактные пленки, тем самым уменьшая погрешности в определении скорости, вносимые контактным слоем. Необходимо заметить, что малые размеры частиц взвеси позволяют ФМЖ заполнять весьма тонкие несовершенства (трещины, поры), выходящие на поверхность образца. Проводились измерения скорости продольных c_l и поперечных c_t волн в ФМЖ. При этом ФМЖ заливалась в кварцевую кювету высотой 10 и диаметром 15 мм, дно которой приклеивалось к приемнику звука; поверхность жидкости приводилась в акустический контакт с излучателем. Для c_l было получено значение 1168 м/с , что близко к значению c_l в работе [2], а для c_t — 879 м/с . Влияния магнитного поля вплоть до $28 \cdot 10^5 \text{ А/м}$ на скорость поперечных волн замечено не было.

Для сравнения акустического контакта, создаваемого посредством ФМЖ, с контактами на основе других сред, были проведены измерения скоростей продольной и поперечной ультразвуковой волны частотой 1,67 МГц на установке УЗИС-76 в эталонных образцах меди и железа в форме цилиндров диаметром $d=7,5-8$ мм и высотой $h=10-13$ мм. Акустический контакт обеспечивался эпоксидной смолой без отвердителя, спиртовым раствором канифоли и ФМЖ.

Исследования показали, что применение ФМЖ позволяет быстрее и точнее измерять скорость продольных и поперечных волн. В таблице приведены данные для скорости поперечных волн, измерение которой представляет большую трудность и связано с большими ошибками, чем измерение продольных волн. Из таблицы видно, что результаты, полученные с ФМЖ, заметно лучше согласуются с табличными данными.

Таблица

Контактная среда Образец	Скорость поперечных волн, м/с			
	Канифоль в спирте	ЭДП	ФМЖ	По данным [4]
Fe	3238	3247	3229	3230
Cu	2128	2137	2125	2123

Включение магнитного поля, создаваемого с помощью катушек, надетых на излучатель и приемник ультразвука в установке УЗИС-76, не сказывалось на результатах измерения скорости поперечных волн с применением контактной среды — ФМЖ; при этом, однако, несколько возросла амплитуда сигнала, как и в случае применения немагнитных жидкостей.

Способность ФМЖ пропускать как продольные, так и поперечные волны дает возможность использовать ее как среду для акустического контакта при исследовании упругости и магнитоупругости магнестрикционных материалов в магнитном поле. В этом случае между приемником звука и образцом целесообразно оставлять заполненный контактной жидкостью зазор.

На образцах железа размером $h=12,3$ мм, $d=8$ мм и соединения с «большой» магнито-стрикцией $Tb(Fe_{0,95}V_{0,05})_2$ с $h=10,04$; $d=8$ мм проводилось измерение скорости поперечных волн при наличии зазора. Зазор создавался проволоочной петлей, помещенной между торцом образца и звукопроводом приемника, и заполнялся ФМЖ. Было установлено, что при зазоре в 0,1 мм и более применение ФМЖ позволяет уверенно получать результаты. При прямом контакте образца с приемником для железа было получено значение $c_t=3229$ м/с, а при наличии зазора — 3222 м/с; для $Tb(Fe_{0,95}V_{0,05})_2$ без зазора и с зазором соответственно величина c_t равнялась 3450 и 3440 м/с. Введение поправки на время прохождения звука в зазоре привело к сближению полученных значений.

Таким образом, можно считать, что применение ФМЖ в качестве среды для акустического контакта при наличии зазора позволяет измерять с помощью стандартной ультразвуковой аппаратуры, излучателя и приемника которой монтируются между полюсами электромагнита, такие магнитоупругие характеристики, как ΔE и ΔG -эффект.

Применение ФМЖ было опробовано и на образцах с плохо подготовленной и даже специально испорченной поверхностью торцов; например, торцы поверхности железных образцов обрабатывались грубой шкуркой и при этом несколько нарушалась геометрия прямого цилиндра. Однако использование ФМЖ позволило и в этих условиях уверенно измерять скорость поперечных волн. Естественно, что ошибка возросла и составила 3-4%.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Щукин В. А., Яковлев Л. А.* Влияние контактирующих слоев на точность измерения скорости ультразвука в твердых телах.— Акуст. ж., 1963, т. 9, № 3, с. 391—392.
2. *Шлиомис М. И.* Магнитные жидкости.— Успехи физ. наук, 1974, т. 112, № 3, с. 427—458.
3. *Бибик Е. Е., Бузунов О. В., Скобочкин В. Е., Шумилов В. Н.* Магнитометрический метод исследования дисперсных ферромагнетиков.— Заводск. лабор., 1980, т. 46, № 7, с. 618—619.
4. Справочник по элементарной физике/Под ред. Кошкина Н. И., Ширкевича М. Г. М.: Наука, 1966.
5. *Полунин В. М., Игнатенко Н. М.* О зависимости скорости ультразвука в ферромагнитной жидкости от концентрации твердой фазы.— Научн. тр. Курского пед. ин-та, 1980, т. 203, вып. 14, с. 223—228.
6. *Popplewell J., Stuart Ch.* Magnetic liquids — the new technology.— New Sci., 1980, v. 87, № 1220, p. 932—934.

Тюменский индустриальный
институт им. Ленинского комсомола

Поступила в редакцию
14.VIII.1981