

3. Z. Pawlowski. Internal friction of metal and the problem of damage cumulation with static and variable loadings. Proc. vibr. probl., 1963, 4, 1, 43.
4. A. Nicata, R. Truell, A. Granato, B. Chick, K. Lucke. Sensitivity of ultrasonic attenuation and velocity changes to plastic deformation and recovery in aluminium. J. Appl. Phys., 1956, 27, 4, 396.
5. И. Г. Полоцкий, В. Ф. Таборов. Влияние термообработки и пластической деформации на поглощение ультразвука в монокристаллах меди. Акуст. ж., 1961, 7, 4, 470—474.
6. И. Д. Гиц, В. В. Гуцин, Б. А. Конюхов. О возможности исследования усталости металлов методами ультразвуковой спектрометрии. Тр. IV межвуз. конф. по вопросам ультразвуков. спектрометрии. Каунас, 1969.

Всесоюзный н.-и. институт  
по нормализации в машиностроении  
Горький

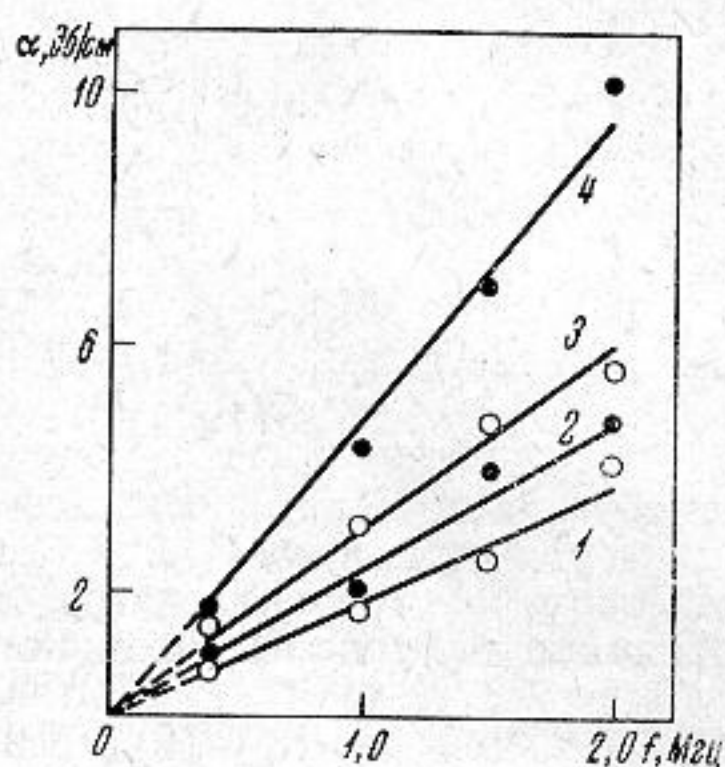
Поступило в редакцию  
6 января 1970 г.

УДК 534.21—8:678.067.4

## О РАСПРОСТРАНЕНИИ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ВОЛН ВО ФРИКЦИОННЫХ ПЛАСТМАССАХ

В. А. Кузнецов

В последние годы все большее внимание исследователей привлекают твердые гетерогенные среды. Изучению механизмов распространения и затухания звуковых волн в таких средах и их акустических свойств посвящено сравнительно небольшое число работ, особенно мало экспериментальных исследований [1—5]. Особый интерес представляют твердые полимеры гетерогенной структуры (наполненные полимеры).



Обычно затухание звука в таких средах в мегагерцевом диапазоне частот объясняется рэлеевским рассеянием [5]. С целью выяснения механизма затухания нами проведено исследование частотной зависимости коэффициента затухания ультразвука во фрикционных пластмассах, являющихся твердыми гетерогенными средами. Они состоят из полимерного связующего (смола, каучуки), частичек порошковых наполнителей (средний размер частиц около 0,1 мкм) и волокон асбеста.

На фигуре приведены результаты измерений коэффициента затухания в диапазоне частот 0,4—2,0 МГц при комнатной температуре (20°) на установке, описанной в работах [6, 7], во фрикционных пластмассах следующего состава: кривая 1 — окись цинка 20% вес, смола 236 — 80% вес; 2 — окись свинца 20% вес, смола 236 — 80% вес; 3 — окись цинка 40% вес, смола 236 — 60% вес; 4 — ретинакс ФК-24а (ГОСТ 10851-64). Коэффициент затухания

(с учетом диффракционной поправки) [8—10] линейно зависит от частоты. Результаты измерения объясняются на основе спектральной релаксационной теории, развитой Куном и др. [11] и Гроссом [12]. Используя измерения крипа (вида  $s(t) = a + b \ln t$ ) и предположив функцию распределения времен запаздывания деформации в виде прямоугольного спектра, они получили частотные зависимости для динамической вязкости  $\eta(\omega)$  и динамического модуля упругости  $E(\omega)$ , обычно наблюдаемые на опыте. Подставляя выражение  $\eta(\omega)$  в формулу для коэффициента затухания  $\alpha$ , приводимую в работе [13], получаем, что  $\alpha \sim \omega$ . Из общей теории упругости и распространения звуковых волн, развитой Гоголадзе [14] для среды с наследственной упругостью, к которой относятся полимерные материалы, также следует эта зависимость для  $\alpha$ .

С молекулярной точки зрения затухание ультразвука во фрикционных пластмассах на смоляном связующем в твердом стеклообразном состоянии обусловлено, по-видимому, движением метиленовых групп  $\text{CH}_2$ .

### ЛИТЕРАТУРА

1. C. F. Ying, R. Truell. Scattering of a plane longitudinal wave by spherical obstacle in an isotropically elastic solid. J. Appl. Phys., 1956, 27, 9, 1086—1097.
2. И. М. Лифшиц и Г. Д. Пархомовский. К теории распространения ультразвуковых волн в поликристаллах. Ж. эксп. и теор. физ., 1950, 20, 2, 175—182.



3. Г. Д. Пархомовский. Распространение ультразвуковых волн в неоднородных средах (канд. диссертация). ХГУ, 1948.
4. Д. В. Сивухин. Дифракция плоской звуковой волны на сферической полости. Акуст. ж., 1955, 1, 1, 78—88.
5. В. М. Меркулова. Акустические свойства некоторых твердых гетерогенных сред на ультразвуковых частотах. Акуст. ж., 1965, 11, 1, 68—73.
6. В. А. Кузнецов. Исследование упругих свойств фрикционных пластмасс ультразвуком. Мех. полим., 1965, 2, 152—158.
7. Н. А. Борделиус, В. К. Семенченко. Исследование акустических свойств некоторых полимеров. Сб. «Применен. ультраакуст. к исслед. вещества», МОПИ, 1965, 21, 145—148.
8. H. Seki, A. Granato, R. Truell. Diffraction effects in the ultrasonic field of a piston source and their importance in the accurate measurement of attenuation. J. Acoust. Soc. America, 1956, 28, 2, 230—238.
9. R. Bass. Diffraction effects in the ultrasonic field of a piston source. J. Acoust. Soc. America, 1958, 30, 7, 602—605.
10. М. Б. Гитис, А. С. Химунин. О дифракционных эффектах в ультразвуковых полях. Акуст. ж., 1968, 14, 4, 489—513.
11. W. Kuhn, O. Künzle, A. Preissmann. Relaxationszeitspectrum, elastizität und viskosität von kautschuk. Helv. Chim. Acta, 1947, 30, 307—328; 464—493; 839—858.
12. B. Gross. Mathematical structure of the theories of viscoelasticity. Paris, 1953.
13. И. Г. Михайлов, В. А. Соловьев, Ю. П. Сырников. Основы молекулярной акустики, М., «Наука», 1964.
14. В. Г. Гоголадзе. Некоторые задачи теории наследственной упругости. Тр. сейсмологич. ин-та АН СССР, 1938, 87, 1—28.

Всесоюзный н.-и. институт асбестовых  
технических изделий  
Ярославль

Поступило в редакцию  
3 декабря 1969 г.

УДК 534.8.081.7

## К ВОПРОСУ ОБ АКУСТИЧЕСКОМ КОНТРОЛЕ СВОЙСТВ СРЕДЫ НА ОСНОВЕ ИЗМЕРЕНИЯ ЕЕ ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКОГО ИМПЕДАНЦА

*П. О. Липовко, В. М. Лубэ*

Применяемые в настоящее время ультразвуковые методы исследования веществ основаны, как правило, на измерении скорости или затухания ультразвуковых волн в исследуемой среде [1]. Гораздо меньшее приложение находят методы измерения удельного акустического импеданца изучаемой среды. Они используются обычно в тех случаях, когда поглощение ультразвука настолько велико, что прямое измерение скорости и затухания звука становится невозможным, например при изучении сдвигово-вязких свойств жидких полимеров с помощью поперечных волн [2].

Однако методы измерения характеристического импеданца, по-видимому, могут иметь самостоятельное значение при контроле, особенно в тех случаях, когда применение других ультразвуковых методов затруднено или невозможно: 1) если доступ к исследуемому объекту возможен только с одной стороны, и длина акустического пути в нем не поддается учету; 2) если в исследуемом объекте не может быть обеспечено условие плоскопараллельности границ; 3) если условия распространения прошедших в объект волн неизвестны или сложным образом варьируют; и в ряде других случаев.

При разработке методов импедансного контроля в диапазоне 1—100 Мгц решающее значение имеет проектирование преобразователей, чувствительных к импеданцу контролируемой среды. При этой проблеме согласования преобразователей с акустической нагрузкой предстает в новом аспекте, отличном от задачи передачи максимальной энергии в нагрузку.

Рассмотрим влияние акустического согласования на чувствительность импедансного контроля по методу Мэсона и Мак-Скимина [2]. При этом способе импеданца определяется путем измерения комплексного коэффициента отражения плоской ультразвуковой волны на границе раздела двух сред — эталонной (плавленый кварц) и исследуемой (некоторые жидкие полимеры и эластомерные материалы):

$$R = re^{-j\theta} = \frac{Z_x - Z_0}{Z_x + Z_0}, \quad Z_x = Z_0 \frac{1 - r^2 + 2jr \sin \theta}{1 + r^2 + 2r \cos \theta},$$

где  $R$  — коэффициент отражения по амплитуде на границе раздела,  $Z_x$  и  $Z_0$  — импедансы исследуемой и эталонной сред соответственно.