

с различным скоростью звука для этих волн, так и с тем, что в П. з. для продольной и сдвиговой волн могут давать вклад разл. механизмы. Для определения α в твёрдом теле, как правило, ф-лой (1) не пользуются,

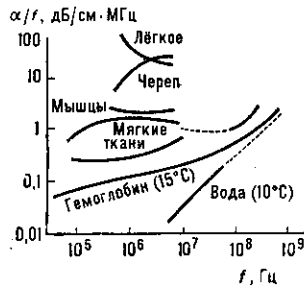


Рис. 5. Поглощение звука в тканях биологического происхождения.

т. к. в этом случае П. з. может определяться механизмами, не укладывающимися в простую схему, на основании к-рой выведена эта ф-ла. П. з. в твёрдых телах вызывается в основном внутренним трением и теплопроводностью среды, а на ВЧ и при низких темп-рах — разл. процессами взаимодействия УЗ- и гиперзвуковых волн с возбуждениями в твёрдом теле, такими, как тепловые колебания решётки (фононы), электроны, спиновые волны и пр. На поглощение сдвиговых волн в однородных твёрдых телах теплопроводность и др. объёмные эффекты не влияют, т. к. сдвиговые волны не связаны с изменением объёма.

П. з. в твёрдом теле зависит от кристаллич. состояния вещества (в монокристаллах коэф. П. з. обычно меньше, чем в поликристаллах), от наличия дефектов и примесей, от предварит. обработки, к-рой был подвергнут материал (для металлов — ковка, прокат, отжиг, закалка) и т. п. Внутр. трение в кристаллах при комнатной темп-ре сильно зависит от наличия дислокаций. Под действием звука в кристалле возникают переменные упругие напряжения, к-рые возбуждают колебл. движения дислокаций. Взаимодействие этих колебаний с фононами решётки приводит к дополнит. П. з. Различаются три осн. механизма дислокац. П. з.: струнный, при к-ром дислокация рассматривается как струна длиной l , закреплённая в двух точках и колеблющаяся под действием звука в вязкой среде (рис. 6, а); гистерезисный, обусловленный отрывом дислокаций от их точек закрепления при больших амплитудах колебаний (рис. 6, б, в); релаксационный, связанный

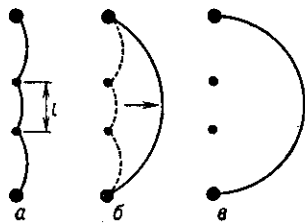


Рис. 6. Положение дислокационной линии под действием механических напряжений в звуковой волне: а — струна длиной l колеблется в вязкой среде; б и в — отрыв дислокаций от точек закрепления при больших амплитудах механических напряжений.

с дефектами, возникающими в самом процессе деформации и проявляющийся гл. обр. в металлах с гранецентрир. решёткой — меди, свинце, никеле и др.

Дислокац. П. з. зависит от амплитуды звуковой волны. Изучение дислокац. поглощения позволяет исследовать дислокац. структуру кристалла и её изменения при различных внеш. воздействиях — нагревании, ковке, прокате, ионизирующих излучениях и др.

Во мн. твёрдых телах при не очень высоких частотах коэф. П. з. изменяется пропорц. частоте и поэтому величина добротности Q от частоты не зависит. В табл. 4 приведены значения $\epsilon = 1/Q$ для нек-рых материалов.

Табл. 4.—Поглощение ультразвука в твёрдых телах

Материал	Диапазон частот f	Коэффициент потерь $10^4 \cdot \epsilon$	Тип волны
Плавленый кварц	5—19 МГц	0,225	сдвиговая
Алюминий поликристаллический	3,5—4,5 МГц	0,515	сдвиговая
Свинец	3,1—7,5 МГц	1,7	продольная
	1,6—15 кГц	280	продольная
	1,0—8 кГц	290	сдвиговая
Стекло крон	4—7,5 МГц	2,38	сдвиговая
Нержавеющая сталь 1X1 8Н9Т	18—25 кГц	4,4	продольная
Титан ВТ1	18—25 кГц	1,4	продольная
Медь М2	—	5,2	продольная
Латунь Л59	—	2,4	продольная
Алюминиевый сплав АМГ	—	3,0	продольная

Роль теплопроводности для продольных волн в однородном твёрдом теле идентична роли теплопроводности в жидкости и газе. Вклад теплопроводности составляет примерно половину от полного поглощения в металлах, в к-рых велики коэф. теплового расширения и теплопроводности, и всего лишь неск. процентов от полного поглощения в диэлектриках.

Другой механизм поглощения, также имеющий место в большинстве веществ, связан с нелинейным взаимодействием звуковой волны и тепловых колебаний кристаллич. решётки, т. е. с взаимодействием звуковых и тепловых фононов. Такое П. з. поэтому часто наз. «решёточным» или «фононным». Оно проявляется на ВЧ в достаточно чистых и бездефектных кристаллах. В зависимости от частоты и соотношения длины волны УЗ и длины свободного пробега тепловых фононов в кристалле (определяемой темп-рой) рассматриваются разл. модели фононного поглощения. На сравнительно низких частотах действует т. н. механизм Ахнезера. Он заключается в том, что звуковая волна, представляющая собой когерентный пучок фононов, нарушает равновесное распределение тепловых фононов, и вызывает его перераспределение энергии между фононами приводит к необратимому процессу диссипации энергии. Этот механизм имеет релаксационный характер, причём роль времени релаксации играет время жизни фонона, равное $\tau = l/c = 3\lambda/cv^2$, где l — длина свободного пробега фонона, \bar{c} — средняя скорость звука. В этом случае коэф. П. з.

$$\alpha = 1,1c_V T \gamma^2 \frac{\omega^2 \tau}{\rho c^3 (1 + \omega^2 \tau^2)}, \quad (3)$$

где γ — постоянная Грюнайзена, T — абс. темп-ра. Этот механизм П. з. даёт вклад в поглощение как продольных, так и сдвиговых волн. Он является доминирующим при комнатных темп-рах, при к-рых выполняется условие $\omega \tau \ll 1$. В области гиперзвуковых частот ($10^{10} - 10^{11}$ Гц) и при низких темп-рах, близких темп-ре жидкого гелия, когда $\omega \tau \gtrsim 1$, П. з. является результатом трёхчастичного взаимодействия когерентных звуковых фононов с тепловыми: взаимодействие когерентного и теплового фононов приводит к появлению третьего, также теплового, фонона и, следовательно, с учётом законов сохранения энергии и импульса — к уменьшению звуковой энергии, т. е. к П. з. Этот механизм поглощения наз. механизмом Ландау — Румера.

Решёточное П. з. является осн. механизмом поглощения в чистых бездислокац. кристаллах диэлектриков, в к-рых др. механизмы проявляются слабо. Такие кристаллы могут обладать очень малым коэф. П. з.; так, весьма малое поглощение при комнатной темп-ре было обнаружено в топазе, берилле, сапфире (табл. 5). Температурная зависимость коэф. П. з. в диэлектриках имеет характерный вид, показанный на рис. 7 для кристалла Al_2O_3 .