

ГЛАВА VIII

ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ УПРУГОСТИ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТЕЛ

§ 40. Упругие свойства тел

Любое тело под действием сил, которые уравниваются вокруг его центра массы, испытывает более или менее значительную *деформацию*.

Деформацией называют смещение частиц тела относительно друг друга, а также изменение среднего расстояния между частицами тела. Чтобы судить о деформации, мысленно разделяют твердое тело на отдельные «волокна», или «слои». Иногда для наблюдения деформации на поверхности тела рисуют сетку и обнаруживают деформацию тела по тем изменениям, которые попутно испытывает эта нарисованная на поверхности тела сетка.

Важнейшими деформациями являются: *всестороннее сжатие и всестороннее растяжение; продольное сжатие и продольное растяжение; сдвиг; кручение; поперечный и продольный изгибы*. Все эти деформации, равно как и любые другие, можно свести всего к двум основным деформациям — *продольному растяжению и сжатию*, осуществленным одновременно по разным направлениям. Как мы увидим ниже, изгиб сводится к растяжению волокон выпуклой поверхности стержня и сжатию волокон вогнутой. Сдвиг сводится к одновременному сжатию и растяжению в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

Если по устранении внешних сил деформация исчезает, то тело называют *упругим*; если же остается заметная «остаточная» деформация, тело называют *пластичным*. Степень упругости измеряют отношением работы, которая может быть произведена телом при постепенном устранении деформирующих сил, к работе, затраченной на деформацию тела.

Под упругостью в широком смысле слова подразумевают вообще приходящее телам стремление восстанавливать временно измененный внешними силами объем или временно утраченную форму. Различают объемную упругость и упругость формы. *Объемная упругость* является универсальным свойством всех тел, включая жидкости и газы, хотя газы тем и отличаются от жидкостей, что их объемная упругость односторонняя: они противодействуют сжатию, но не про-

тиводействуют расширению. *Упругость формы* присуща твердым телам. Тело пластично, если его упругость формы выражена слабо.

Одно и то же тело в зависимости от внешних условий — температуры и давления — может быть упругим или же пластичным. Такие тела, как сталь, резина, дерево, при обычных условиях упруги. Свинец, сырая глина, воск пластичны. Но под давлением в несколько тысяч атмосфер или при высокой температуре сталь становится такой же пластичной, как свинец; свинец же, замороженный в жидком воздухе, приобретает все свойства упругого материала.

Можно ли рассматривать явления упругости как чисто механическую форму движения? Смещение материальных частиц тела играет, конечно, самую существенную роль при деформации тела. Но исчерпываются ли явления, определяющие упругие свойства тел, механическим смещением частиц? Нет, *упругость представляет собой сложное сочетание разнообразных явлений*, из которых некоторые никак не могут быть отнесены к механической форме движения. Упругость газов всецело происходит вследствие теплового движения молекул газа. В твердых телах силы, возникающие при деформации и стремящиеся вернуть смещенные частицы тела в их положения равновесия, имеют электрическое происхождение. Молекулярные силы, имеющие электрическую природу, заметно влияют на упругость сжатых газов. Вместе с тем тепловое движение оказывает решающее влияние на упругость твердых тел. Таким образом, упругие свойства тел определяются взаимосвязью механических, электрических и тепловых явлений.

При исследовании, схематизируя явления упругости и следуя Гуку, рассматривают упругость как связь между деформацией и напряжением. При этом отвлекаются от молекулярного строения тел и природы упругих сил, от влияния теплового движения и т. д. Это упрощенное понимание упругости и *закон Гука*, устанавливающий, что небольшие деформации пропорциональны напряжению, приняты за основу в *математической теории упругости*. Математическая теория упругости является фундаментом для громадного количества инженерных расчетов. Применение этой теории к проблемам техники вызвало развитие учения о сопротивлении материалов, учения о вибрациях в машинах и сооружениях и других дисциплин. На математической теории упругости основано учение о звуке. Кроме того, понятия и теоремы математической теории упругости исторически сыграли большую роль в разработке оптики и учения об электричестве.

В кристаллофизике явления упругости трактуются как результат *электрических взаимодействий* частиц, расположенных в узлах кристаллической решетки (§§ 124 и 130). Применение законов электрического взаимодействия частиц в кристаллах позволило рассчитать силы упругости и выявить их зависимость от строения кристалла и электрополярных свойств частиц.

Электрическая теория сил, связующих частицы в кристалле, существенно продвинула вперед наше понимание явлений упругости. Эта теория вскрыла связь между упругостью твердых тел и кристаллообразующими процессами. А это, в свою очередь, по мере развития теоретической кристаллохимии (§ 125), привело к раскрытию зависимости механических свойств от химического строения тел.

Однако картина строго упорядоченного расположения частиц в пространстве по узлам кристаллической решетки и их электрического взаимодействия еще не является полной. Естественно, что оказалось необходимым учесть влияние теплового движения частиц. На этой основе получила свое развитие *термодинамическая теория упругости* твердых тел.

Сопоставление упомянутых теорий с опытами показало, что в действительности явления упругости еще более сложны, а именно: обнаружилось, что механические свойства тел в высокой мере зависят от *мозаической структуры* тел, т. е. от того строения, которое получается, когда вместо правильной кристаллической решетки вследствие ее глубоких повреждений образуется сочетание плотно расположенных, различно ориентированных микроскопических кристалликов. Было доказано, что механические свойства кристалла в высокой мере зависят от тех неупругих (пластических, необратимых) деформаций, которым когда-либо *ранее* подвергался кристалл.

Благодаря инерции частиц тела, пришедших в движение при деформации тела, из столкновения двух противоположных тенденций — податливости и сопротивления — порождаются *упругие колебания*. Они многообразны (колебания растяжения и сжатия, прогиба, кручения и т. п.).

Механические колебания, вызывающие периодические уплотнения или сдвиги среды, порождают в среде распространение волн упругих колебаний среды. В воздухе упругие колебания, имеющие характер чередующихся уплотнений и разрежений, проявляются как звук, а при больших частотах — как ультразвук. При внезапных больших уплотнениях воздуха картина качественно изменяется: воздух передает ударное возмущение, которое распространяется со скоростью, значительно превышающей скорость звука.

В твердых телах картина распространения упругих колебаний сложнее, чем в газах. Звуковые явления здесь связаны не только с волнами уплотнения, но и с волнами сдвига.

Затухание упругих колебаний в среде вследствие внутреннего трения приводит к преобразованию энергии деформации в энергию молекулярно-теплового движения. Процессы, в которых затрачивается работа на деформацию и на трение, составляют главное русло преобразования механического движения в молекулярно-тепловое.