

ном напряжённом состоянии кривую П. д. можно строить, напр., как зависимость времени до разрушения от интенсивности напряжений. Для определения характеристик П. д. при изменяющихся во времени нагрузках пользуются теорией, основанной на понятии накопления в материале микроскопич. повреждений.

Исследование П. д. важно для определения времени безопасного функционирования (ресурса) конструкции и решения проблемы наименьшего веса конструкции. См. также *Запаздывание текучести*. В. С. Ленский.

ПРОЧНОСТЬ ТВЕРДЫХ ТЕЛ — в широком смысле способность твёрдых тел сопротивляться разрушению (разделению на части), а также необратимому изменению формы (пластич. деформации) под действием внеш. нагрузок. В узком смысле — сопротивление разрушению.

В зависимости от материала, вида напряжённого состояния (растяжение, сжатие, изгиб и др.) и условий эксплуатации (температура, время действия нагрузки и др.) в технике приняты разл. меры П. т. т. (предел текучести, временное сопротивление, предел усталости и т.д.). Разрушение твёрдого тела — сложный процесс, зависящий от мн. факторов, поэтому величины, определяющие П. т. т., являются условными.

Физическая природа прочности. П. т. т. обусловлена в конечном счёте силами взаимодействия между атомами или ионами, составляющими тело. Напр., сила взаимодействия двух соседних атомов (если пренебречь влиянием окружающих атомов) зависит лишь от расстояния между ними (рис. 1). При равновесном расстоянии $r_0 \sim 0,1$ нм (1 \AA) эта сила равна нулю. При меньших

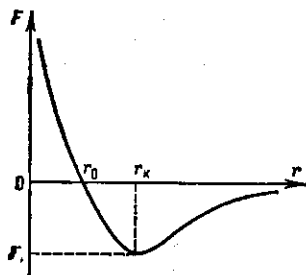


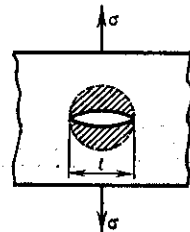
Рис. 1. Зависимость силы взаимодействия двух атомов от расстояния между ними.

расстояниях сила положительна и атомы отталкиваются, при больших — притягиваются. На критич. расстоянии r_k сила притяжения по абс. величине максимальна и равна F_T . Напр., если при растяжении цилиндрич. стержня с поперечным сечением S_0 действующая сила P , направленная вдоль его оси, такова, что приходится на данную пару атомов внеш. сила превосходит макс. силу притяжения F_T , то атомы беспрепятственно удаляются друг от друга. Однако, чтобы тело разрушилось вдоль нек-рой поверхности, необходимо, чтобы все пары атомов, расположенные по обе стороны от рассматриваемой поверхности, испытывали действие силы, превосходящей F_T . Напряжение, отвечающее силе F_T , наз. теоретич. прочностью на разрыв σ_T ($\sigma_T \approx 0,1 E$, где E — модуль Юнга). Однако на практике наблюдается разрушение при нагрузке P^* , к-рой соответствует напряжение $\sigma = P^*/S$ в 100—1000 раз меньше σ_T . Расхождение теоретич. П. т. т. с действительной объясняется неоднородностями структуры тела (границы зёрен в поликристаллич. материале, пористость включения и др.), из-за к-рых нагрузка P распределяется неравномерно по сечению тела.

Механизм разрушения. Если на участке поверхности малых размеров (но значительно превышающих сече-

ние одного атома) локальное напряжение окажется больше σ_T , вдоль этой площадки произойдёт разрыв. Края разрыва разойдутся на расстояние, большее r_k , на к-ром межатомные силы уже малы, и образуется микротрещина (рис. 2). Зарождению микротрещин при напряжении ниже σ_T способствуют термич. флуктуации.

Рис. 2. Трещина Гриффита; заштрихована область, в которой сняты напряжения. Стрелки указывают направление напряжения.



Локальные напряжения особенно велики у края образовавшейся трещины, где происходит концентрация напряжений, причём они тем больше, чем больше её размер. Если этот размер больше нек-рого критич. r_c , на атомы у края трещины действует напряжение, превосходящее σ_T , и трещина растёт дальше по всему сечению тела с большой скоростью — наступает разрушение. Величина r_c определяется из условия, что освободившаяся при росте трещины упругая энергия материала покрывает затраты энергии на образование новой поверхности трещины: $r_c \approx E\gamma/\sigma^2$ (где γ — энергия единицы поверхности материала). Прежде чем возрастущее внеш. усилие достигнет необходимого для разрушения величины, отд. группы атомов, особенно входящие в состав дефектов в кристаллах, обычно испытывают перестройки, при к-рых локальные напряжения уменьшаются («релаксируют»). В результате происходит необратимое изменение формы тела — пластич. деформация; ей также способствуют термич. флуктуации. Разрушению всегда предшествует большая или меньшая пластич. деформация. Поэтому при оценке r_c в энергию γ должна быть включена работа пластич. деформации γ^P . Если пластич. деформация велика не только вблизи поверхности разрушения, но и в объёме тела, то разрушение вязкое. Разрушение без заметных следов пластич. деформации наз. хрупким. Характер разрушения проявляется в структуре поверхности излома. В кристаллич. телах хрупкому разрушению отвечает скол по кристаллографич. плоскостям спайности, вязкому — слияние микропустот и скольжение. При низкой темп-ре разрушение преим. хрупкое, при высокой — вязкое. Темп-ра перехода от вязкого к хрупкому разрушению наз. критич. темп-рой хладноломкости.

Поскольку разрушение есть процесс зарождения и роста трещин и пор, оно характеризуется скоростью или временем τ от момента приложения нагрузки до момента разрыва, т. е. долговечностью материала. Исследования мн. кристаллич. и аморфных тел показали, что в широком интервале темп-р T и напряжений σ , приложенных к образцу, долговечность при растяжении определяется соотношением

$$\tau = \tau_0 \exp\left(\frac{U_0 - \sigma V}{kT}\right), \quad (1)$$

где τ_0 приibl. равно периоду тепловых колебаний атомов в твёрдом теле (10^{-12} с), энергия U_0 близка к энергии сублимации материала, актив. объём V составляет обычно неск. тысяч атомных объёмов и зависит от структуры материала, сформировавшейся в процессе предварительной термич. и механич. обработки и во время нагружения. При низких темп-рах долговечность очень резко падает с ростом напряжения, так что при любых важных для практики значениях τ существует почти постоянное предельное значение напряжения σ_0 , выше к-рого образец разрушается практически мгновенно, а