

Основные процессы, возникающие в твердых материалах при действии на них внешней нагрузки

Студенты группы 10405521 Бобкович М.П., Козлова А.В.

Научный руководитель – Корнеева Е.К.

Белорусский национальный технический университет
г. Минск

Деформация стали – это изменение формы или размера стали под воздействием механических сил. Она может происходить как при обработке стали (например, при прокатке или штамповке), так и в результате внешних нагрузок, например при деформации конструкций. Основные виды деформации представлены на рисунке 1. Все материалы под нагрузкой деформируются, т. е. меняют форму и размеры [1].

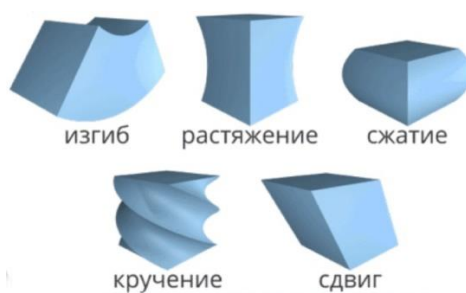


Рисунок 1 – Виды деформации

Одним из основных примеров деформации является изгиб – вид деформации, при котором нарушается прямолинейность главной оси тела (рисунок 2). Деформации изгиба испытывают все тела, подвешенные на одной или нескольких опорах. Каждый материал способен воспринимать определённый уровень нагрузки, а твёрдые тела в большинстве случаев способны выдерживать не только свой вес, но и заданную нагрузку [2].

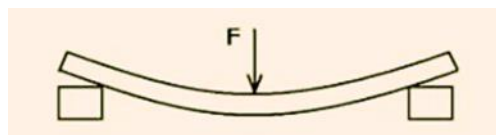


Рисунок 2 – Схема изгиба образца

Кручение – вид сопротивления (деформирования), при котором из шести внутренних усилий не равно нулю одно – крутящий момент. Кручение возникает при действии внешних сил, образующих момент относительно его продольной оси. Например, возьмём вал, который передает крутящий момент от одного механизма к другому: при воздействии крутящего момента на стальной вал он подвергнется кручению и изменит свою форму и свойства, чтобы передать механическую энергию.

Растяжение-сжатие – это вид деформации, при котором в поперечном сечении возникает только продольная сила N . Чтобы вызвать растяжение-сжатие нужно приложить внешнюю силу вдоль продольной оси к центру тяжести сечения (рисунок 3). Если, например, стальной стержень расположить вертикально и приложить определённую сжимающую силу сверху, то под воздействием этой силы стержень будет сжиматься. При сжатии возникнут внутренние напряжения, которые могут привести к тому, что стержень изменит свою форму или свой размер.

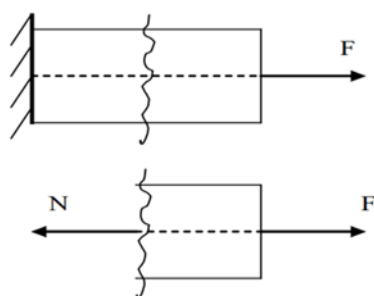


Рисунок 3 – Схема растяжения образца

Характер деформации легко проследить при испытании материалов на растяжение. Перед испытаниями цилиндрический образец закрепляется в захватах разрывной машины, растягивается и доводится до разрушения. При этом записывается график зависимости между приложенным усилием и деформацией, который называется диаграммой растяжения. В качестве примера на рисунке 4 представлена диаграмма растяжения малоуглеродистой стали.



Рисунок 4 – График зависимости между приложенной силой и деформацией при растяжении

На диаграмме можно выделить особые точки: от точки 0 до точки 1 – деформация прямо пропорциональна нагрузке. Если прервать испытания до точки 2, то образец вернется к исходным размерам – эта область называется областью упругих деформаций.

Известны 3 вида реакций твердого тела на нагружение:

1. Упругая деформация.
2. Пластическая деформация.
3. Разрушение.

Упругая деформация – это обратимое изменение формы и размеров тела, которое является следствием обратимого смещения атомов из положения равновесия. Упругая деформация существует только во время приложения внешнего усилия, а при снятии его – исчезает. Упругая деформация в чистом виде проявляется в эластичных материалах, когда силы взаимодействия, определяющие целостность материала, сохраняются при значительном изменении расстояния между частицами (атомами) и пропорциональны этому расстоянию.

Благодаря упругой деформации все связи в материале восстанавливаются после напряжения. Постепенно данные свойства металла ослабевают, иногда он даже утрачивает пластичность, становится хрупким.

Пластическая деформация – это необратимое изменение формы и размеров тела. Пластическая деформация сохраняется, в отличие от упругой, после снятия нагрузки, и является следствием необратимого смещения атомов (а точнее группы атомов). Известно, что пластическая деформация – это результат движения в металлах специфических дефектов кристаллического строения – дислокаций.

Чтобы объяснить суть пластической деформации, нужно подробно рассмотреть процессы кристаллографической природы – перемещения кристаллов (рисунок 5). Двигаться кристаллы могут по-разному, что зависит от приложенного усилия.

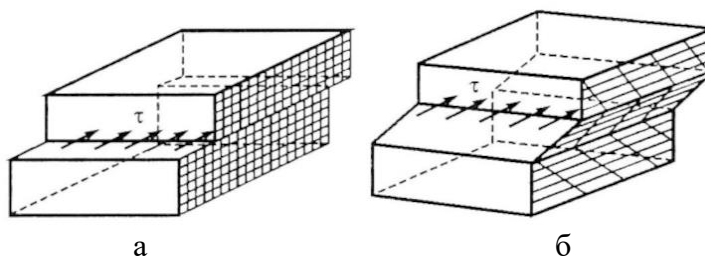


Рисунок 5 – Схемы пластической деформации:
а – скольжение; б – двойникование

В случае скольжения перемещение (смещение) кристаллов происходит из-за касательного напряжения. То есть части кристалла смещаются относительно друг друга по касательной. Изменения, которые протекают в одном кристалле, называют линейными. Но как только на кристаллической поверхности появляются выступы, размер которых равен периоду решетки, значит, процесс затронул весь материал. Скольжение вызывает напряжение. Возникают новые ступеньки атомов со сдвигами. Появление дополнительных атомных плоскостей приводит к нарушению только крайних частей дислокации. Кроме того, связи между атомами остаются, они все не разрываются.

В металлических кристаллах могут возникать зоны, где происходит закономерное изменение ориентации кристаллической структуры. В этом случае говорят о двойниковании. Такие изменения не сильно деформируют материал. Двойникование возникает в металлах с гексагональными и объемно-центрированными атомными решетками. Явление характерно для железа, молибдена, цинка, титана и так далее.

Разрушение – это разделение металлического объекта как минимум на 2 части (рисунок 6). Разрушение является следствием зарождения и распространения трещин.

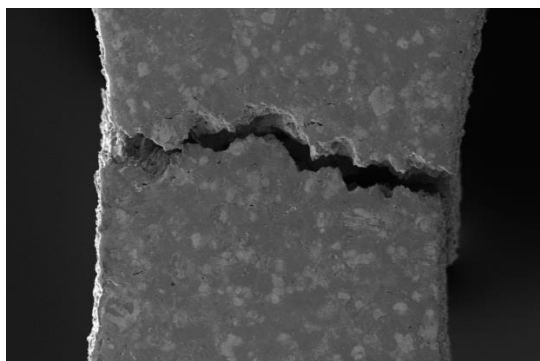


Рисунок 6 – Пример разрушения металлического объекта

Причиной появления трещин является концентрация движущихся дислокаций, на пути которых возникают определенные препятствия. Когда кристаллическая дислокация двигается и встречается с зоной, через которую не может пройти, усиливается напряжение. Постепенно конфликт зон возрастает, что приводит к появлению трещин. Дефект растет, и когда достигает максимума, трещина начинает разрастаться в произвольном направлении. Для хрупких материалов характерны острые трещины с большим количеством разветвлений. Такой дефект будет расти очень быстро. Целостность поверхности нарушается моментально.

Важно понимать, что появление трещин в большинстве случаев – это результат пластической деформации. Явление возникает, когда между пределами текучести и прочности металла прослеживается разница. Если между показателями разница большая, сталь будет обладать высокой пластичностью. У непластичных сплавов текучесть и прочности равны. Поэтому, когда непластичные (хрупкие) металлы разрушаются, это не связано с пластическими изменениями.

Деформация стали – важный аспект при проектировании и изготовлении различных конструкций и машин. Понимание ее свойств и поведения позволяет инженерам создавать более надежные и безопасные изделия [3].

Список использованных источников

1. Эльяш Н. Н. Теоретическая и прикладная механика: Электронное учебное пособие : в 2 ч. / Н. Н. Эльяш. – Екатеринбург : ФГАОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т, 2015. – Ч. 2. – 44 с.
2. Интернет-портал по оборудованию и технологиям обработки металлов, дерева и камня [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://sterbrust.tech>. – Дата доступа: 05.04.2024.
3. Водопьянов, В. И. Курс сопротивления материалов с примерами и задачами : учеб. пособие / В. И. Водопьянов, А. Н. Савкин, О. В. Кондратьев. – Волгоград : ВолгГТУ, 2012. – 136 с.