

ДЕФОРМАЦИЯ И РАЗРУШЕНИЕ МЕТАЛЛОВ

3.1 Свойства металлов и сплавов

Различают физические, химические, технологические и механические свойства.

Физические свойства определяют поведение материалов в тепловых, гравитационных и радиационных полях. К физическим свойствам относятся: плотность, теплоемкость, температура плавления, термическое расширение, магнитные характеристики, теплопроводность, электропроводность.

Под химическими свойствами понимают способность материалов вступать в химическое взаимодействие с другими веществами; сопротивляемость окислению, проникновению газов и химически активных веществ (например, коррозия).

Технологические свойства металлов и сплавов характеризуют их способность подвергаться горячей и холодной обработке. Комплекс этих свойств включает в себя технологичность при выплавке, горячем и холодном деформировании, обработке резанием, термической обработке и особенно сварке.

Целесообразность применения тех или иных материалов определяется не только их свойствами, но и относительной стоимостью.

При конструировании изделий в первую очередь руководствуются механическими свойствами материалов.

Механические свойства материалов характеризуют их способность сопротивляться деформированию и разрушению под воздействием различного рода нагрузок. Материалы, также могут подвергаться деформации и разрушению как при разных температурных условиях, так и в различных, в том числе агрессивных, средах.

3.2 Упругая и пластическая деформация

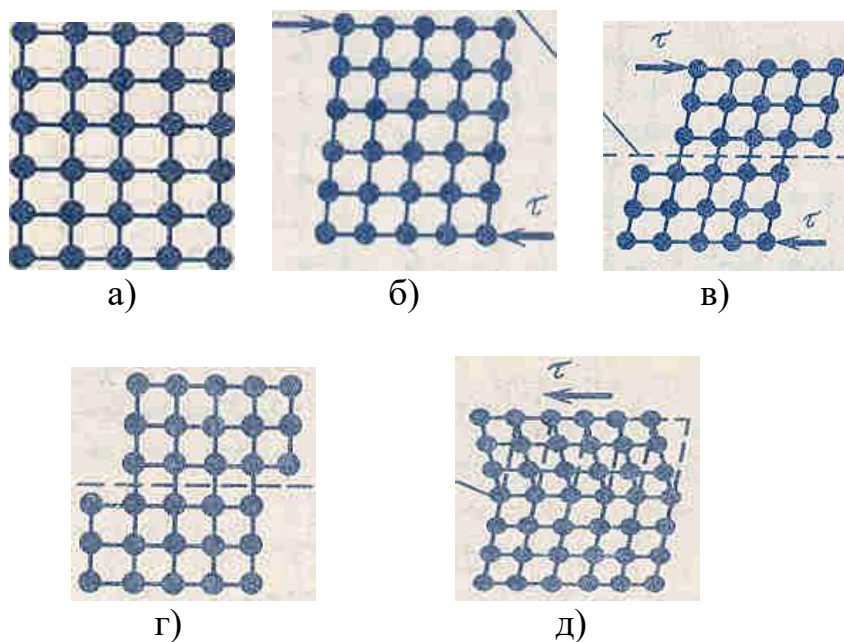
Деформацией называется изменение форм и размеров тела под действием напряжений. Деформация, возникающая при сравнительно небольших напряжениях и исчезающая после снятия нагрузки, называется **упругой**, а сохраняющаяся – остаточной или **пластической**. При увеличении напряжений деформация может заканчиваться разрушением.

При упругой деформации происходит обратимое смещение атомов из положений равновесия в кристаллической решетке. Упругая деформация не вызывает заметных остаточных изменений в структуре и свойствах металла. После снятия нагрузки сместившиеся атомы под действием сил притяжения (при растяжении) или отталкивания (при сжатии) возвращаются в исходное равновесное положение и кристаллы принимают первоначальную форму и размеры. Упругие свойства материалов определяются силами межатомного взаимодействия.

В основе пластической деформации лежит необратимое перемещение одних частей кристалла относительно других. Пластичность, т.е. способность металлов перед разрушением претерпевать значительную пластическую деформацию, является одним из важнейших свойств металла. Благодаря пластичности осуществляется обработка металлов давлением. Пластичность позволяет перераспределять локальные напряжения равномерно по всему объему металла, что уменьшает опасность разрушения.

Для металлов характерно большее сопротивление растяжению или сжатию, чем сдвигу. Поэтому процесс пластической деформации обычно представляет собой процесс скольжения одной части кристалла относительно другой по кристаллографической плоскости или плоскостям скольжения с более плотной упаковкой атомов. Пластическая деформация кристаллических тел осуществляется скольжением или двойникованием. В результате скольжения кристаллическое строение перемещающихся частей не меняется и остается прежним (рис.3.1).

Двойникование осуществляется также путем сдвига, только в этом случае происходит сдвиг части кристалла в положение, соответствующее зеркальному отображению несдвинутой части (рис.3.1,д). Деформация двойникованием больше наблюдается при низких температурах и высоких скоростях приложения нагрузки.



а) исходное состояние кристалла; б) упругая деформация; в) упругая и пластическая деформация; г)- деформация скольжением; д)- деформация двойникованием.

Рис. 3.1 – Виды деформации

Таким образом, пластическую деформацию можно представить как процесс скольжения за счет несовершенств строения кристаллов, а именно наличием дислокаций (рис.3.2). Искажение кристаллической решетки происходит из-за образования в ней экстраплоскости. На рисунке она

расположена выше плоскости скольжения и перпендикулярна плоскости чертежа. Передвигаясь с одной боковой поверхности к другой смещает части монокристалла на одно межатомное расстояние. В результате происходит пластическая деформация.

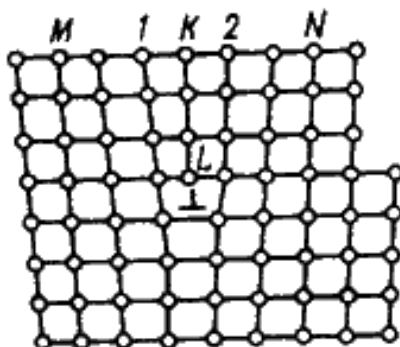


Рис.3.2 – Искажения в кристаллической решетке при наличии краевой дислокации

3.3 Хрупкое и вязкое разрушение

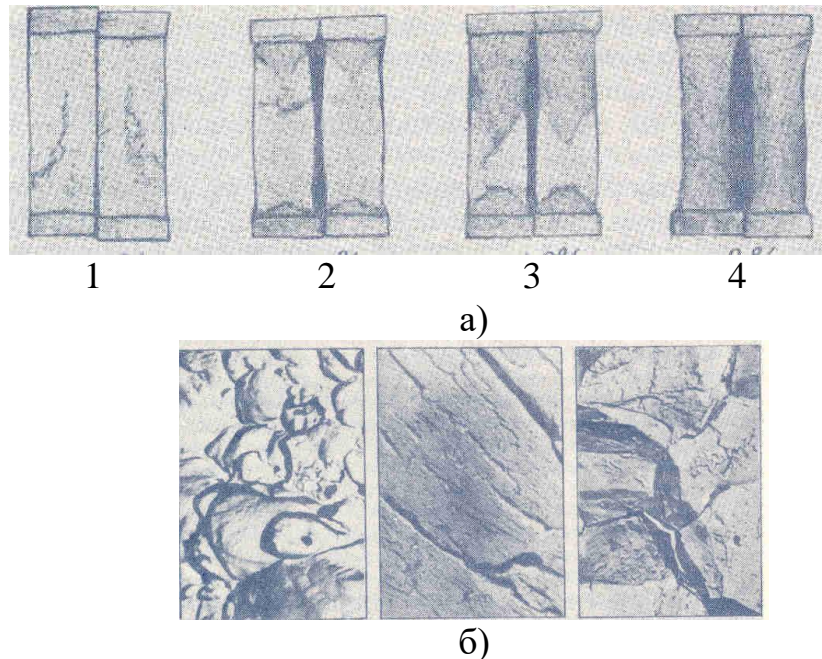
Заключительной стадией деформации материалов является разрушение. Разрушение твердого тела представляет собой процесс разделение его на части под действием нагрузок, которые также могут сопровождаться термическими, радиационными, коррозионными и другими воздействиями. Разрушение представляет собой разрыв межатомных связей с образованием новых поверхностей. При разрыве межатомных связей перпендикулярно плоскости разрушения, то происходит разрушение сколом или отрывом. Если разрыв связей идет под действием силы, приложенной параллельно плоскости разрушения, то происходит разрушение сдвигом или скольжением. В металлах может иметь место и тот и другой вид разрушения. Кроме того, характер разрушения зависит от температуры, скорости деформации, напряженного состояния, чистоты металла и т.д.

В зависимости от степени пластической деформации перед разрушением различают два основных вида разрушений: *хрупкое и вязкое*. При вязком разрушении металл претерпевает перед разрушением не только упругую, но и значительную пластическую деформацию. При отсутствии пластической деформации или при ее незначительном развитии происходит хрупкое разрушение...

Хрупкое разрушение происходит путем отрыва или скола, под действием нормальных напряжений (рис.3.4). Разрушение начинается от какого-либо дефекта, вблизи которого развивается концентрация напряжений, превосходящих теоретическую прочность металла. Макроанализ при хрупком разрушении имеет блестящую гладкую поверхность (рис.3.3 -1), на электронном микроскопе - «кристаллическое-ручьистое» строение – «речные узоры».

Вязкое разрушение происходит путем сдвига под действием касательных напряжений. Излом при вязком разрушении имеет матовый

волокнистый характер без металлического блеска (рис.3.3 -4, на электронном микроскопе - «чашечное или ямочное» строение).

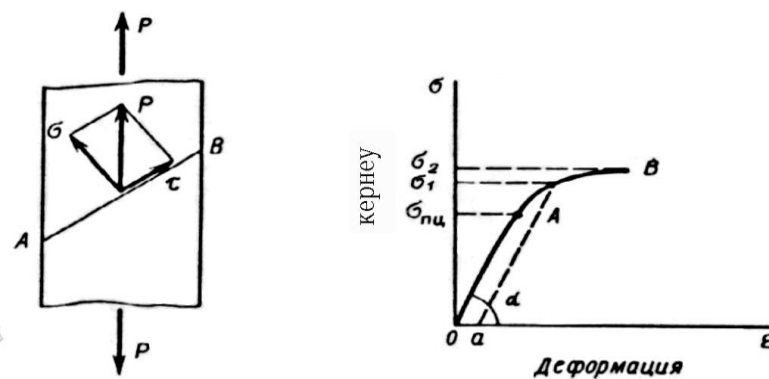


а) виды изломов: 1- хрупкий; 2 – 3 – хрупкий и вязкий; 4 – вязкий. б) микрофрактограммы (слева направо) вязкий, хрупкий, интеркристаллический хрупкий излом (x5000).

Рис.3.3 – Изломы сталей

Характерными признаками вязкого и хрупкого разрушения являются: энергоемкость, т.е. величина работы разрушения, вид трещины и поверхности излома и скорость распространения трещины.

Меры борьбы с вязким и хрупким разрушением различны. В случае вязкого разрушения необходимо повышать прочность материала, при хрупком надо увеличивать вязкость, пластичность, даже снижая прочность при необходимости. Наиболее опасно хрупкое разрушение.



Нормальное (σ) и касательное (τ) напряжения, возникшие в металлах под действием сил;

Рис.3.4 - Диаграмма зависимости деформации и напряжения

Некоторые металлы в зависимости от температуры могут перейти из вязкого состояния в хрупкое. Температурный интервал изменения характера разрушения или температура перехода материала из вязкого в хрупкое состояние называется *порогом хладноломкости*. Порог хладноломкости, характеризует сопротивление материала к хрупкому разрушению. Чем ниже положение порога, тем более надежен материал. Порог хладноломкости принято обозначать через $t_{п.х}$ или по цифровой величине T_{50} (температура, при которой 50% волокна в изломе, или величина ударной вязкости уменьшилась вполовину).

3.4 Влияние пластической деформации на свойства металлов

С ростом степени деформации механические свойства (σ_b , $\sigma_{0,2}$, НВ), характеризующие сопротивление деформации повышаются, происходит деформационное упрочнение, а способность к пластической деформации (δ , ψ) падает. Упрочнение при наклепе происходит за счет повышения плотности дислокаций, характерным для пластической деформации. После холодной пластической деформации плотность дислокаций составляет 10^{11} - 10^{12} см⁻². Увеличивается количество точечных несовершенств. Все эти факторы приводит к упрочнению металла при наклепе. Изменяются физико-химические свойства металлов: уменьшается плотность, повышается электросопротивление, уменьшается теплопроводность, снижается коррозионностойкость.

3.4.1 Формирование величины зерна

При больших степенях деформации зерна металла вытягиваются в направлении действия сил, образуя *волокнистую* или слоистую структуру (рис.5,б). Еще большая степень деформации способствует образованию ориентированных зерен по отношению к нагшрузкам. Кристаллографическая ориентировка зерен вдоль направления деформации называется **текстурой** металла. Волокнистая структура и текстура деформации приводит к анизотропии.

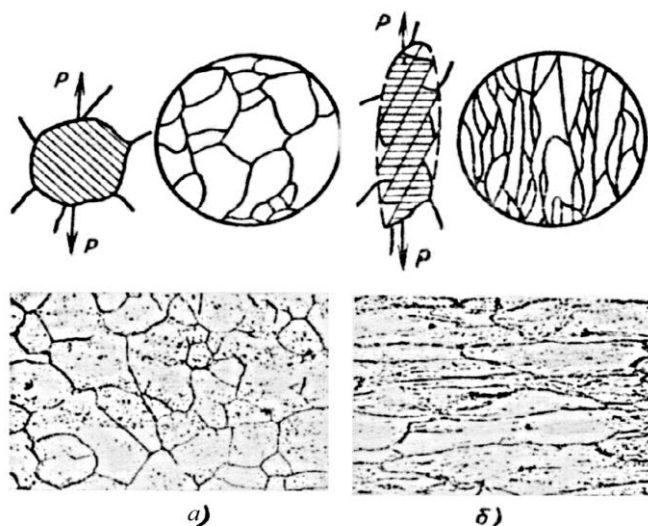
3.4.2 Рекристаллизация

Металл, подвергнутый пластическому деформированию, характеризуется термодинамическим неустойчивым состоянием. Нагрев может вернуть ему исходные свойства. При небольшом нагреве (до 400⁰С для железа) происходит снятие искажений кристаллической решетки, уменьшение плотности дислокаций, количества вакансий, снижение внутренних напряжений. Однако, видимых изменений структуры не происходит и вытянутая форма зерен сохраняется. Частичное восстановление свойств при небольшой температуре нагрева называется **возвратом** металла. С ростом температуры подвижность атомов растет и образуются новые зерна вместо ориентированной волокнистой структуры. Образование новых равноосных зерен называется *рекристаллизацией*.

Температура начала рекристаллизации зависит от температуры плавления и определяется по формуле Бочвара А.А.:

$$T_{рек} = \alpha \cdot T_{пл}$$

где, $T_{пл}$ - температура плавления металла; α - коэффициент, зависящий от чистоты металла, для технических чистых металлов $\alpha = 0,3- 0,4$, для сплавов $\alpha = 0,7- 0,8$.



а) – структура и схема монокристалла до деформации; б) – структура после деформации; волокнистая структура и схема.

Рис.3.5- Влияние пластической деформации на структуру металла.

Деформация при температуре ниже температуры рекристаллизации называется *холодной деформацией*. При холодной деформации повышается прочность, уменьшается пластичность металла. Упрочнение металлов путем холодной деформации называется *наклепом*.

Деформация при температуре выше температуры рекристаллизации называется *горячей деформацией*. Упрочнение, получаемое в процессе горячей деформации тут же полностью или частично снимается за счет рекристаллизации, что снижает сопротивление деформации и повышает пластичность металлов.