

Лекция 7

Тема Лекции:

Конструкционная прочность материалов

к.ф.-м.н., PhD, ассоциированный профессор
Тулегенова Аида Тулегенкызы

Цель лекции:

Раскрыть физическую сущность конструкционной прочности материалов, особенности пластической деформации поликристаллических металлов, а также рассмотреть процессы наклёпа, возврата и рекристаллизации, определяющие восстановление и изменение структуры и свойств металлов после деформации .

Основные вопросы:

1.Конструкционная прочность материалов
2.Особенности деформации поликристаллических тел.
3.Влияние пластической деформации на структуру и свойства металла: наклеп
4.Влияние нагрева на структуру и свойства деформированного металла: возврат и рекристаллизация

Конструкционная прочность материалов

Конструкционная прочность **– комплекс прочностных свойств, которые находятся в наибольшей корреляции со служебными свойствами данного изделия, обеспечивают длительную и надежную работу материала в условиях эксплуатации.**

На конструкционную прочность влияют следующие факторы:

- **конструкционные особенности детали (форма и размеры);**
- **механизмы различных видов разрушения детали;**
- **состояние материала в поверхностном слое детали;**
- **процессы, происходящие в поверхностном слое детали, приводящие к отказам при работе.**

Необходимым условием создания качественных конструкций при экономном использовании материала является учет дополнительных критериев, влияющих на конструкционную прочность. Этими критериями являются *надежность* и *долговечность*

Надежность **– свойство изделий, выполнять заданные функции, сохраняя эксплуатационные показатели в заданных пределах в течение требуемого времени или сопротивление материала хрупкому разрушению.**

Развитие хрупкого разрушения происходит при низких температурах, при *наличии трещин*, при повышенных остаточных напряжениях, а также при *развитии усталостных процессов и коррозии*.

Критериями, определяющими надежность, являются температурные пороги *хладоломкости,* сопротивление распространению трещин, ударная вязкость, характеристики пластичности, живучесть.

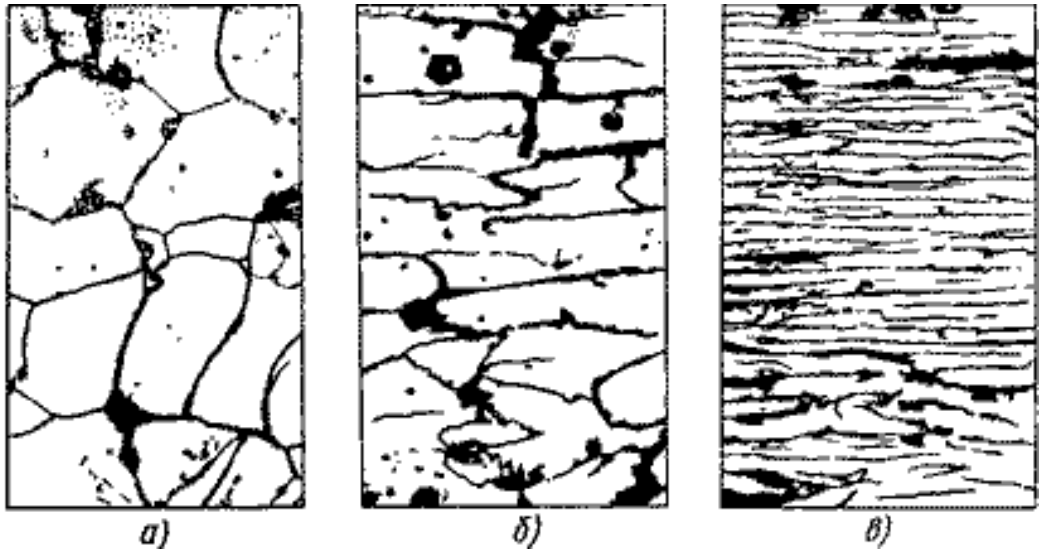
Долговечность **– способность детали сохранять работоспособность до определенного состояния.**

Долговечность определяется усталостью металла, процессами износа, коррозии и другими, которые вызывают *постепенное разрушение* и не влекут аварийных последствий, то есть условиями работы

Особенности деформации поликристаллических тел

Деформация поликристаллического тела складывается из деформации отдельных зерен и деформации в приграничных объемах.

Отдельные зерна деформируются скольжением и двойникованием, однако взаимная связь зерен и их множественность в поликристалле вносят свои особенности в *механизм деформации.*

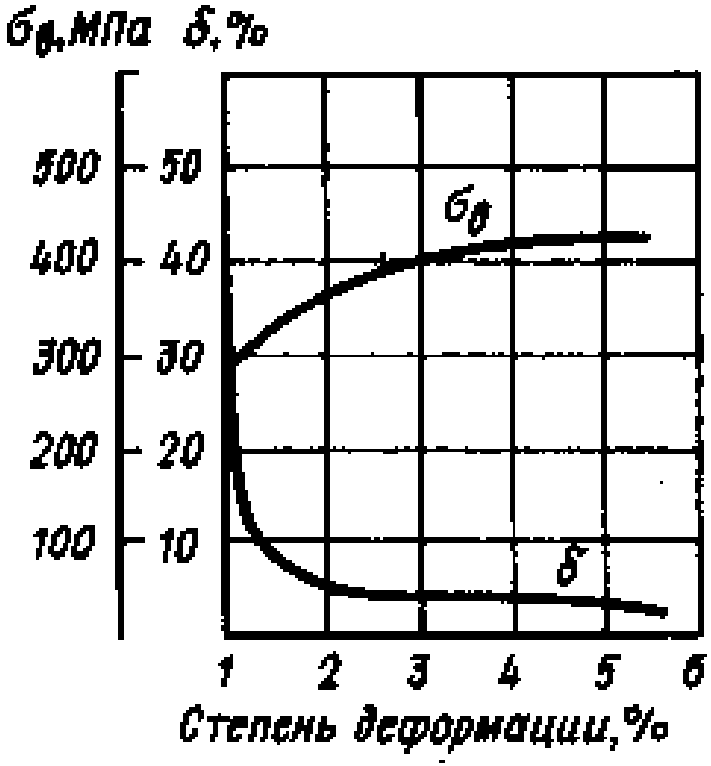


а) до деформации;
б) после обжатия на 35%;
в) после обжатия на 90%.

Текстура деформации **создает кристаллическую анизотропию, при которой наибольшая разница свойств проявляется для направлений, расположенных под** ***углом 45°*** **друг к другу.**

С увеличением степени деформации характеристики ***пластичности*** **(относительное удлинение, относительное сужение) и** ***вязкости*** **(ударная вязкость) уменьшаются, а прочностные характеристики (предел упругости, предел текучести, предел прочности) и** ***твердость увеличиваются*****. Также повышается электросопротивление, снижаются сопротивление коррозии, теплопроводность, магнитная проницаемость.**

Совокупность явлений, связанных с изменением механических, физических и других свойств металлов в процессе пластической деформации называют *деформационным упрочнением* или *наклепом*



Влияние холодной пластической деформации на механические свойства металла

Упрочнение при наклепе объясняется возрастанием на несколько порядков плотности дислокаций:

$$\rho = 10^{6} \ldots 10^{8} \rightarrow 10^{11} - 10^{12} \, см^{2}$$

Их свободное перемещение затрудняется взаимным влиянием, также торможением дислокаций в связи с измельчением блоков и зерен, искажениями решетки металлов, возникновением напряжений

Влияние нагрева на структуру и свойства деформированного металла: возврат и рекристаллизация

При повышении температуры металла в процессе нагрева после пластической деформации диффузия атомов увеличивается и начинают действовать процессы разупрочнения, приводящие металл в более равновесное состояние – *возврат* и *рекристаллизация.*

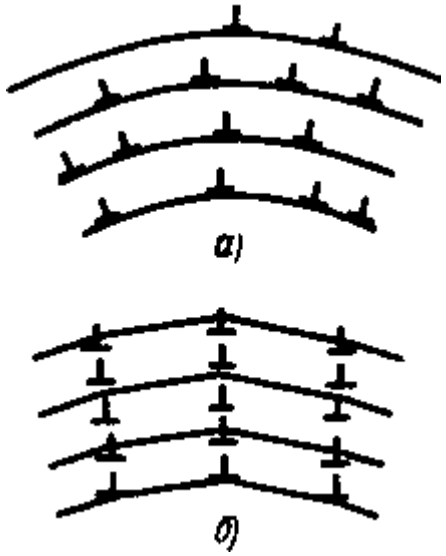


Схема полигонизации: *а* – хаотическое расположение краевых дислокаций в деформированном металле; *б* – дислокационные стенки после полигонизации.

Выводы лекции:

Конструкционная прочность: Надёжность деталей в реальных условиях определяется комплексом прочности, пластичности и вязкости, зависящим от структуры материала и технологии его обработки.

Деформация поликристаллов: В отличие от монокристаллов, пластическая деформация поликристаллических металлов протекает неравномерно и сопровождается межзёренным скольжением и разворотом зёрен.

Явление наклёпа: Холодная пластическая деформация искажает кристаллическую решётку и увеличивает плотность дислокаций, что повышает прочность и твёрдость металла при одновременном снижении пластичности и вязкости.

Возврат и рекристаллизация: Нагрев наклёпанного металла снимает внутренние напряжения (возврат) и формирует новые равноосные зёрна без искажений (рекристаллизация), полностью восстанавливая исходную пластичность материала.

Вопросы для контроля изучаемого материала:

1.Что понимается под конструкционной прочностью материала?
2.Почему поликристаллические металлы прочнее монокристаллов?
3.В чём заключается физическая природа наклёпа?
4.Что происходит в металле при возврате и рекристаллизации?
5.Как можно управлять прочностью и пластичностью металлов с помощью термической обработки?

Список литературных источников:

1.Улицкий А. Р. Физика материалов. — М.: Физматлит, 2021.
2.Новиков И. И. Материаловедение. — М.: Металлургия, 2019.
3. Callister W. D., Rethwisch D. G. Materials Science and Engineering: An Introduction. — Wiley, 2022.
4.Ashby M., Jones D. Engineering Materials 1–2. — Elsevier, 2021.
5.Лившиц Б.Г., Краношин В.С., Липеций Я.Л. Физические свойства металлов и сплавов. М.: Металлургия, 1980, -320 с