

**Водородная хрупкость металлов  
и сплавов, щелочная хрупкость  
стали, коррозионный разрыв  
латуни и способы их  
предотвращения**

Лекция 9

# Введение: определение и причины возникновения водородной хрупкости, щелочной хрупкости и коррозионного разрыва

Водородная хрупкость это разрушение металла под действием водорода, проникшего в его структуру.

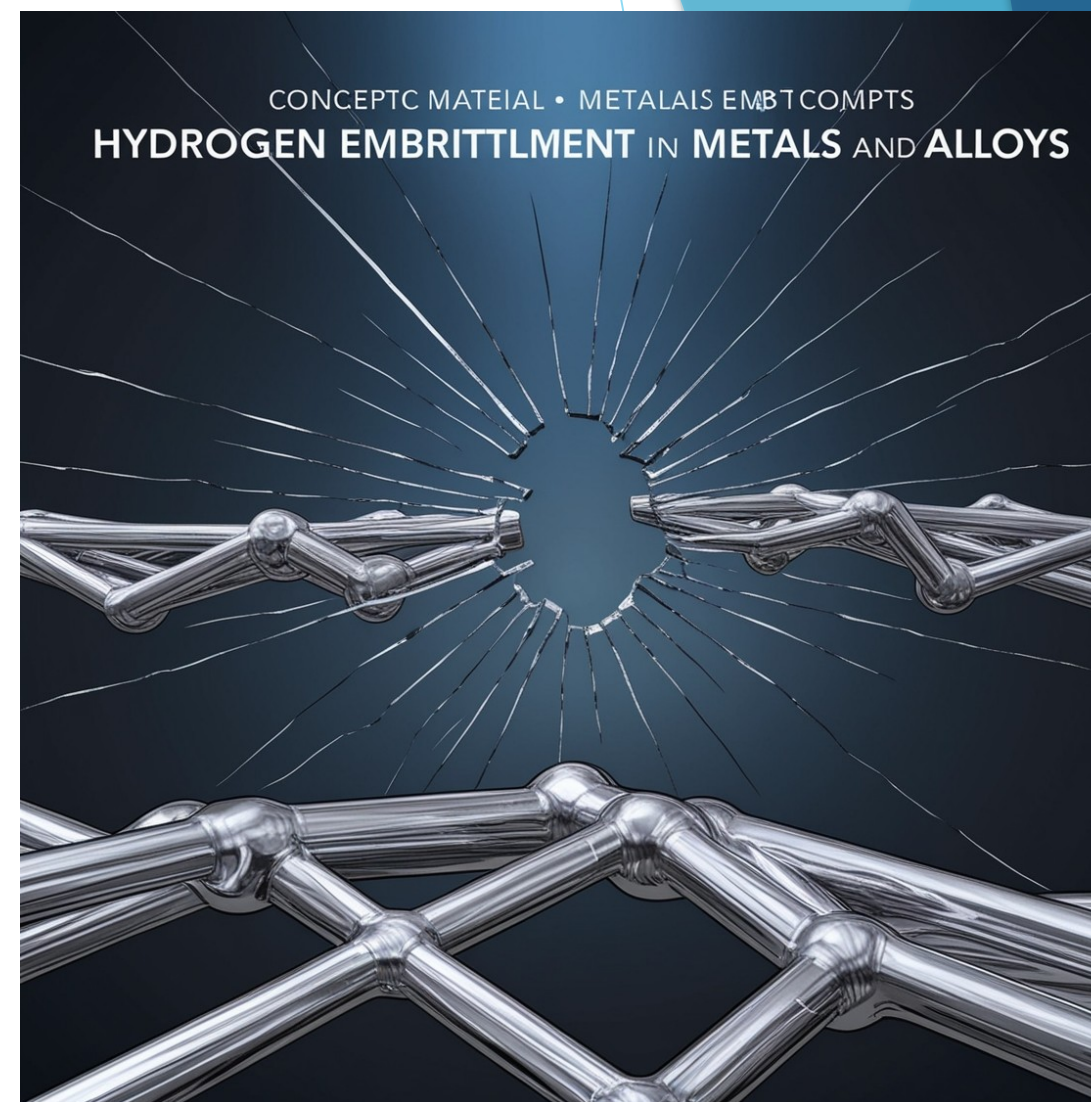
Щелочная хрупкость это ухудшение механических свойств металла при контакте со щелочными средами.

Коррозионный разрыв это Разрушение металла под воздействием коррозионной среды и механических напряжений.

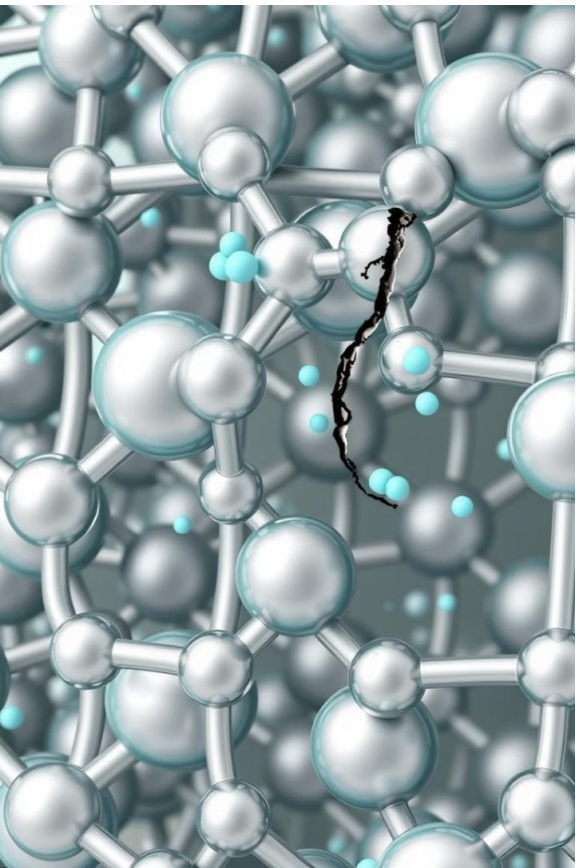
# Водородная хрупкость металлов и сплавов

Водородная хрупкость — это явление, при котором металл или сплав теряет свою механическую прочность и пластичность, становясь более подверженным образованию трещин и разрушению под воздействием водорода. Водород может проникать в металл из окружающей среды или быть результатом химических реакций

Водород, попадая в металл, может проникать в микротрещины или границы зерен, где он взаимодействует с атомами материала. Это взаимодействие может привести к образованию молекул водорода внутри структуры металла.



# Механизмы водородной хрупкости: накопление водорода, образование гидридов, снижение пластичности



- Поглощение водорода**
- 1 — Водород проникает в металл из окружающей среды, например, из процесса электрохимической коррозии.
- Образование гидридов**
- 2 — Атомы водорода взаимодействуют с атомами металла, образуя гидриды, которые могут быть хрупкими и создавать напряжения.
- Снижение пластичности**
- 3 — Гидриды нарушают структуру металла, снижая его пластичность и способность сопротивляться разрушению.



# Щелочная хрупкость

Щелочная хрупкость – это вид хрупкости металлов, который развивается при воздействии щелочных растворов (например, натриевая или калиевая гидроксиды) на материал, что приводит к его разрушению, несмотря на относительно низкие внешние нагрузки. Этот процесс часто ассоциируется с образованием трещин и потерей пластичности, особенно в условиях, когда металл находится под напряжением.

Щелочная хрупкость возникает в результате химического взаимодействия металла с щелочными растворами, что ослабляет его микроструктуру и делает его более подверженным разрушению.

Щелочная хрупкость объясняется взаимодействием металла с молекулами гидроксидов щелочных металлов, таких как гидроксид натрия ( $\text{NaOH}$ ), калия ( $\text{KOH}$ ) и других щелочей.

# Механизмы щелочной хрупкости: реакция с гидроксидными ионами, изменение микроструктуры, потеря прочности



## Реакция с гидроксидными ионами

Металл вступает в реакцию с гидроксидными ионами в щелочной среде, образуя оксиды.

## Изменение микроструктуры

Образование оксидов на поверхности металла приводит к изменениям в микроструктуре, делая ее хрупкой.

## Потеря прочности

Снижение прочности металла, вызванное изменением микроструктуры и образованием оксидов.

Коррозионный разрыв латуни – это процесс разрушения материала латунного сплава в результате взаимодействия с агрессивной средой, что приводит к образованию трещин и потере механических свойств. Латунь, как сплав меди с цинком, имеет специфические особенности, которые влияют на ее уязвимость к различным видам коррозии, включая коррозионный разрыв.

Латунь это сплав меди и цинка. Состав и содержание цинка в сплаве влияют на его коррозионные свойства. В латунях могут образовываться две основные фазы – твердая фаза меди и цинкосодержащая фаза. При определенных условиях эти фазы могут быть уязвимы к коррозионным повреждениям. Хрупкость при низком содержании цинка: Латунь с высоким содержанием цинка могут быть склонны к "цинковой хрупкости", когда материал становится более хрупким и уязвимым к разрушению в агрессивных средах.

## Уязвимость латуни к коррозионным разрушениям:

Коррозия под напряжением может происходить, если латунь подвергается воздействию агрессивных химических веществ, таких как аммиак, хлориды, сероводород и другие соединения, которые усиливают реакцию с металлом. Это часто происходит при наличии внутреннего напряжения в металле.

**Межкристаллитная коррозия:** При некоторых условиях, например, в морской воде или в кислотных средах, может происходить межкристаллитная коррозия, при которой разрушение материала начинается вдоль границ зерен. Это может ослабить сплав и привести к его растрескиванию.

**Гальваническая коррозия:** Латунь, как и другие сплавы, может подвергаться гальванической коррозии в случае контакта с другими металлами, если разность потенциалов между ними велика. Это может привести к разрушению одной из составляющих — меди или цинка.

**Коррозия в условиях влажной среды:** В водных средах, особенно в присутствии кислорода и солей, латунь может подвергаться локализованной коррозии, что вызывает разрушение на поверхности материала, а также развитие трещин и других дефектов.



Признаки коррозионного разрыва латуни:

- Образование трещин в области коррозионного повреждения, которые могут распространяться по направлению, перпендикулярному к напряжению.
- Повреждения, напоминающие "петли", которые могут возникать из-за циклической нагрузки.
- Образование коррозионных пятен или изменений на поверхности, свидетельствующих о локализованной коррозии.

Для предотвращения коррозионных разрушений латуни необходимо учитывать ее состав, окружающую среду и эксплуатационные условия, а также применять защитные покрытия или выбор материалов с улучшенными антикоррозийными свойствами.

# Механизмы коррозионного разрыва латуни: межкристаллитная коррозия, растрескивание под напряжением

1

## Межкристаллитная коррозия

Коррозия вдоль границ зерен латуни, разрушающая ее структуру.

2

## Растрескивание под напряжением

Разрушение металла под воздействием коррозионной среды и механических напряжений.

3

## Образование трещин

Сочетание межкристаллитной коррозии и напряжений приводит к образованию трещин.

# Факторы, влияющие на возникновение водородной и щелочной хрупкости, коррозионного разрыва

Фактор	Водородная хрупкость	Щелочная хрупкость	Коррозионный разрыв
Концентрация водорода	Повышенная концентрация увеличивает риск	Не влияет	Может усиливать коррозию
Температура	Повышенные температуры ускоряют диффузию водорода	Повышенные температуры увеличивают скорость реакции	Повышенные температуры ускоряют коррозию
Напряжения	Напряжения повышают риск хрупкого разрушения	Не влияют напрямую, но могут способствовать растрескиванию	Напряжения увеличивают риск коррозионного разрыва



# Методы предотвращения водородной хрупкости: термообработка, легирование, контроль содержания водорода



## Термообработка

Удаление водорода из металла путем нагревания.



## Легирование

Добавление легирующих элементов, которые снижают растворимость водорода в металле.



## Контроль содержания водорода

Снижение содержания водорода в процессе производства и эксплуатации.



# Методы предотвращения щелочной хрупкости: подбор сталей, легирование, защитные покрытия

## Подбор сталей

Использование сталей, устойчивых к воздействию щелочей.

## Легирование

Введение легирующих элементов, которые повышают устойчивость стали к щелочам.

## Защитные покрытия

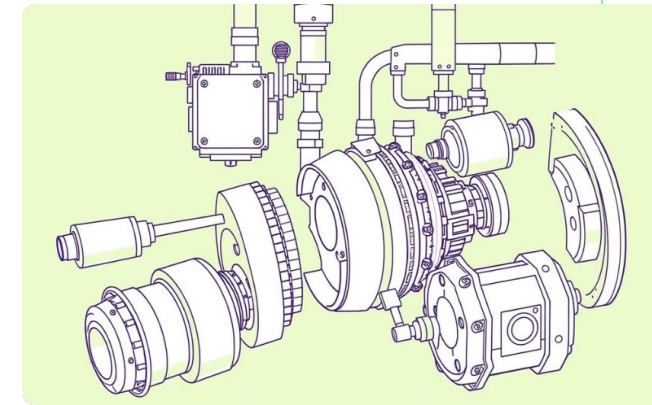
Применение защитных покрытий, которые изолируют сталь от щелочных сред.

# Рекомендации для улучшения долговечности и прочности металлов и сплавов в агрессивных средах



## Контроль качества

Соблюдение технологических процессов и контроль качества материалов для предотвращения дефектов.



## Защита от коррозии

Применение защитных покрытий, ингибиторов коррозии и других методов.



## Заключение

Понимание причин и механизмов водородной хрупкости, щелочной хрупкости и коррозионного разрыва является ключом к предотвращению этих явлений. Применение технологий защиты от водорода, щелочей и коррозионных агентов, а также разработка новых материалов с улучшенными свойствами и устойчивостью к разрушению позволит создавать более долговечные и надежные конструкции.