

Основы коррозии и защиты металлов



Лихачев Владислав Александрович, к.х.н.,
доцент



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Опасность локальных видов коррозии

57% всех аварий происходит из-за коррозии.

Самыми опасными видами коррозии являются:

- I. Коррозионное растрескивание (КР) – 42%
- II. Общая коррозия – 16,6 – 36,4%
- III. Язвенная и питтинговая коррозии – 14,3 – 25%
- IV. Межкристаллитная коррозия – 11,2 – 17,6%
- V. Все остальные виды коррозии – 4,8 – 13%



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Коррозионное растрескивание

Коррозионное растрескивание разделяют на два вида:

1. Коррозионное растрескивание под напряжением (КРН)
2. Коррозионную усталость (КУ)

КРН – растрескивание металла при одновременном воздействии на него коррозионной среды и **постоянных** внутренних или внешних растягивающих нагрузок.

КУ - растрескивание металла при одновременном воздействии на него коррозионной среды и **переменных** нагрузок.



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

КРН

- КРН под действием **постоянных** нагрузок подвергаются практически все металлы и сплавы в самых разнообразных средах.
- Внешне КРН проявляется следующим образом – металл в целом пассивен, на его поверхности наблюдаются очень незначительная общая коррозия либо откладываются отложения.
- Под продуктами коррозии или отложениями возникают микротрещины, которые вначале очень медленно растут.



КРН

- Потом одна из этих микротрещин превращается в **магистральную**, и начинает расти быстро за счет нескольких эффектов. (Прежде всего щелевого)
- Трещина носит **смешанный** межкристаллитный и внутрикристаллитный характер, и всегда ветвится.
- Трещина трудно диагностируется из-за того, что прикрыта продуктами коррозии или отложениями.
- Рост трещины заканчивается хрупким разрывом, когда нагрузка в сечении трещины становится больше предела прочности.



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ



Трещина часто очень узкая по ширине.

Диагностируется ультразвуковыми методами или магнитной дефектоскопией.

При КРН выделяют 2 основных периода: инициирование трещины и рост трещины.

1. Инициирование (зарождение) трещины. Оно составляет 80% времени до разрыва металла (самый длинный процесс), плохо воспроизводится. Существуют два механизма объясняющие инициирование трещины.



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Механизм зарождения трещины КРН

- ❑ **Случайный.** Пассивная пленка на металле нарушается случайно (местные нагрузки, изменение температуры и т.д.) и в месте нарушения пленки зарождается микротрещина.
- ❑ **Водородный механизм зарождения трещины.** Адсорбированный водород, получающийся при коррозии диффундирует и накапливается больше всего в дислокациях, в них растут внутренние напряжения, они вызывают упругую или пластическую деформацию металла, которая и приводит к разрыву пассивной пленки и зарождению трещины.



Механизм КРН

2. Этап роста трещины (занимает 20% времени до разрыва)

Трещина растет достаточно быстро за счет нескольких эффектов:

Щелевой эффект;

Репассивация металла на острие трещины.

при росте трещины сечение под трещиной все время меняется, нагрузка в этом сечении на металле постоянно увеличивается, что вызывает дополнительную деформацию металла (пластическую или упругую), которая разрушает пассивные пленки на острие трещины.

Снижение pH внутри трещины За счет гидролиза продуктов коррозии в трещине pH внутри трещины становится ниже и это способствует репассивации металла.



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Факторы, влияющие на КРН

КРН зависит:

- 1) от величины нагрузок на металл. Наиболее опасны нагрузки, $\sigma \geq 0,7\sigma_{0,2}$ (но иногда $0,1\sigma_{0,2}$); $\sigma_{0,2}$ - условный предел текучести
- 2) От наличия в коррозионной среде активаторов КРН: H_2S , Cl^- , концентрированная щелочь).
- 3) От температуры (обычно КРН наблюдается при высокой температуре и наибольшую опасность представляют – кипящие среды и близкие к ним).
- 4) От прочности металла или сплава (сплавы с большей прочностью более склонны к КРН)



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ





ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Методы защиты от КРН

- 1) По возможности уменьшение эксплуатационных растягивающих нагрузок (или снижение внутренних нагрузок).
- 2) Удаление из среды наиболее активных веществ.
- 3) Электрохимическая защита.
- 4) Покрытия, изолирующие металл от среды.
- 5) Ингибиторная защита, затрудняющая образование трещин.
- 6) Снижение температуры.



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

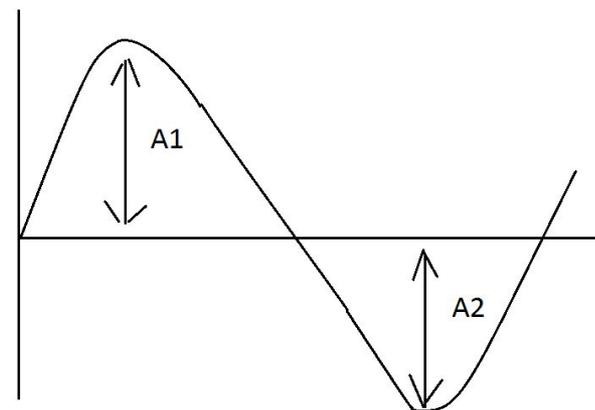
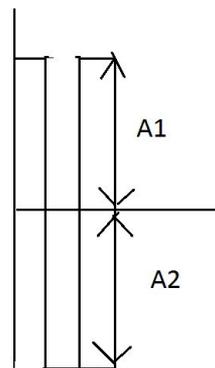
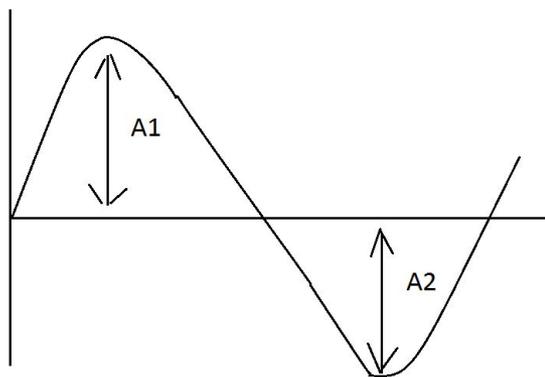
Коррозионная усталость

Подвергаются все металлы в очень многих средах **Коррозионная усталость** - растрескивание металла при одновременном воздействии на него коррозионной среды и **переменных** нагрузок.

Более часто используют другое определение КУ: – **коррозионная усталость** - это **понижение предела усталости металла**, возникающего при одновременном воздействии циклических переменных нагрузок и коррозионной среды.

Переменные нагрузки бывают двух видов:

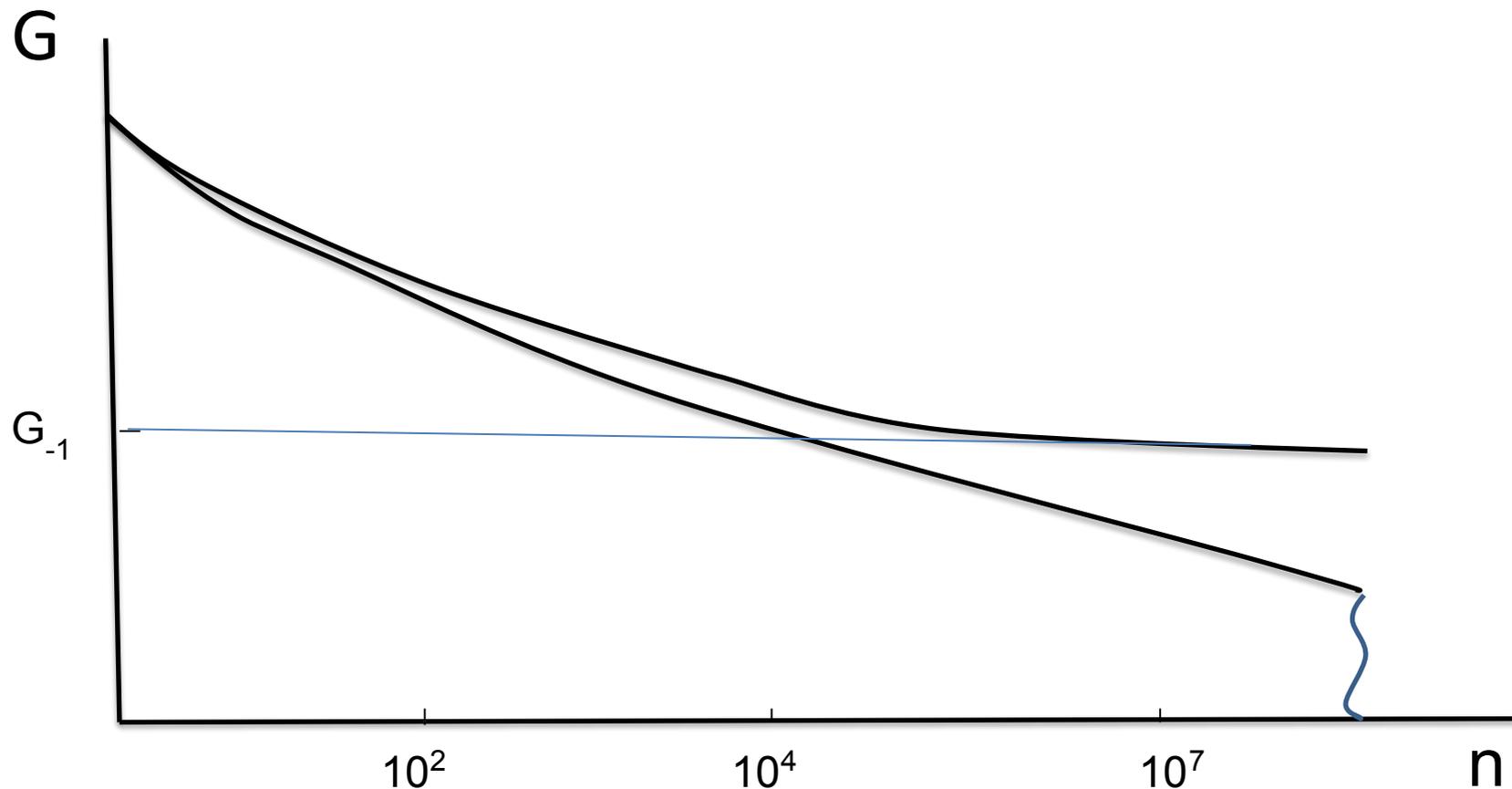
Симметрическая нагрузка $A_1=A_2$ Несимметрическая нагрузка $A_1 \neq A_2$





ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Снижение предела усталости при КУ

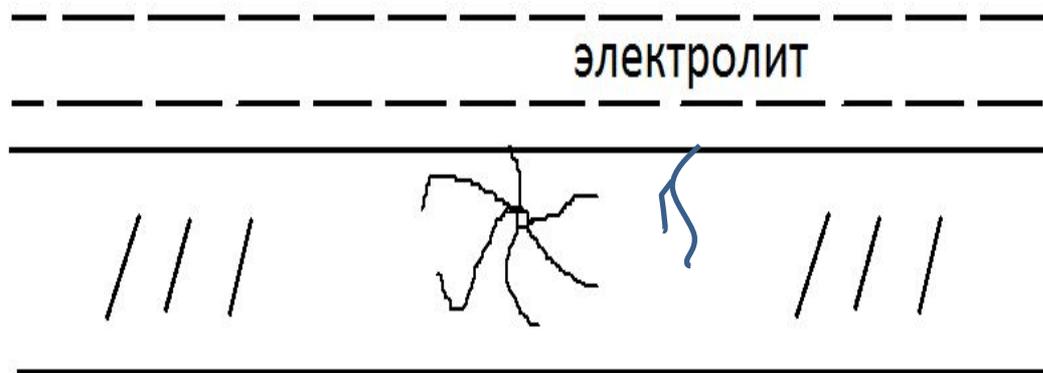




ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Коррозионная усталость

Внешне КУ похожа на КРН. В целом металл пассивен, на его поверхности есть общая коррозия или отложения, и под ними возникает и растет трещина, которая носит смешанный меж- и внутрикристаллитный характер.





ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Механизм КУ

КУ — выделяется в **специальный вид коррозии** потому, что при наложении переменных нагрузок на металл возникает другой механизм зарождения трещины. В таких условиях металл устает, в его объеме появляется усталостные трещины. Трещины обычно вначале появляются внутри металла, так как поверхность металла — более прочная, за счет наклепа (деформационного, при резании при литье), но с ростом числа циклов усталостная трещина может появиться и в поверхностных слоях, она может выйти на поверхность, в нее попадает электролит и усталостная трещина превращается в трещину коррозионной усталости, которая растет вплоть до разрыва металла за счет щелевого эффекта и эффекта постоянной деформации металла в вершине трещины и нарушения пассивной пленки.



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Факторы, влияющие на КУ

КУ зависит:

- ❖ От амплитуды переменных нагрузок (чем выше амплитуда, тем быстрее металл устает);
- ❖ От частоты переменных нагрузок (более сильно влияют нагрузки с меньшей частотой);
- ❖ Знакопеременные нагрузки влияют больше, чем знакопостоянные;
- ❖ От температуры (наиболее опасны кипящие растворы и при температурах близких к температурам кипения)
- ❖ От активности коррозионной среды (рН, солевой состав, наличие активирующих компонентов и т.д.)



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Защита от КУ

Общие методы защиты:

- 1) анодные покрытия;
- 2) изоляция металла;
- 3) электрохимическая защита;
- 4) Снижение активности коррозионной среды.

Специфические методы защиты:

- 1) по возможности снижать амплитуду нагрузок;
- 2) повышать поверхностную твердость металла:
деформационный наклеп ; введение легирующих
компонентов (азотирование, цементация).



ВЯТСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Стресс-коррозия

Часто встречающимся видом коррозионного растрескивания является коррозионное растрескивание газовых трубопроводов в 30 км зоне после компрессорной станции. Такая коррозия получила даже специальное название - **стресс-коррозия**.

КР чаще бывает снаружи под изоляционным покрытием и при наличии катодной защиты. **Причины стресс-коррозии:**

- на трубопроводе есть за счет давления растягивающие напряжения (КРН), и в 30км зоне есть вибрация, то есть возникают переменные нагрузки (КУ);
- компрессор сжимает газ – это приводит к выделению тепла, т.е трубопровод работает при повышенной температуре.
- Вибрация способствует отслоению и возникновению вздутий покрытий и гофр и катодная защита под ними перестает действовать.

