



Тема:

**О качестве антикоррозионной защиты
высокопрочного крепежа с использованием
термодиффузионного цинкования**

Докладчик: Сотсков Николай Иванович, к.т.н., зав. лаборатории
ЗАО «ЦНИИПСК им. Мельникова»,

Долговечность стальных строительных конструкций (ССК) на высокопрочных болтах складывается из двух составляющих. Это качество высокопрочного крепежа, поставляемого отечественными и зарубежными метизными заводами на рынки России, и их антикоррозионная защита.

Одной из наиболее часто встречающихся причин разрушения высокопрочного крепежа, является коррозионное растрескивание (КР) при эксплуатации ССК на открытом воздухе и внутри зданий, вследствие влияния окружающей среды, степени ее агрессивного воздействия.

Склонность высокопрочных болтов к КР ограничивает объемы их использования для монтажных соединений в ССК, приводит к дополнительным трудозатратам, ухудшает условия безопасности работ.



Рис. 1. Вид разрушенных высокопрочных болтов в процессе эксплуатации

Для предотвращения таких явлений необходим жесткий контроль метизной продукции до предмонтажной сборки ССК, особенно высокопрочных болтов.

В нормативных документах (ГОСТ 32484.1-2013 и ГОСТ Р 52643-2006) прописаны методы контроля высокопрочных болтов: на замедленное хрупкое разрушение (ЗХР), критерием которого является время до разрушения образцов с резьбой М10 в 0,05 н. растворе H_2SO_4 с добавкой 20 мг/л стимулятора наводороживания SeO_2 и катодной поляризацией источником постоянного тока с плотностью 45-50 mA/cm^2 при нагрузке $0,6\sigma_B$ - 220 мин, $0,7\sigma_B$ - 150 мин, $0,85\sigma_B$ - 90 мин.

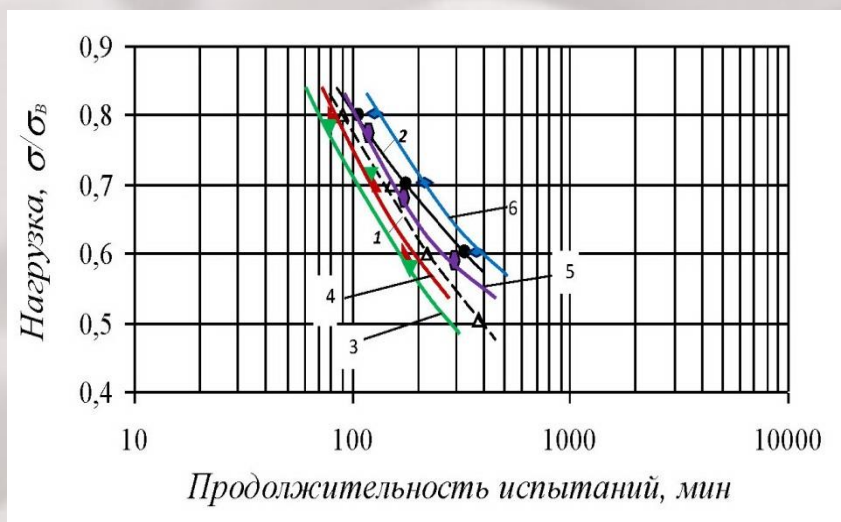


Рис. 2. Соотношение времени до разрушения образцов с резьбой М10 разных марок от приложенной нагрузки при катодной поляризации в 0,05 н. растворе H_2SO_4 с добавкой 20 мг/л SeO_2 и плотности тока 50 mA/cm^2 :

1 - нормативное значение по ГОСТ Р 52643-2006 и ГОСТ 32484-1-2013;

2 - M24x120, 40X, кл. прочности 10.9;

3 - M24x120, 32CrB4, кл. прочности 12.9;

4 - M27x220, CM435, кл. прочности 12.9;

5 - M22x80, 40X, с покрытием «Дакромет», кл. прочности 10.9;

6 - M22x75, 40X, с термодиффузионным цинковым покрытием, кл. прочности 10.9.

Испытания на трещиностойкость, критерием которого является пороговое значение коэффициента интенсивности напряжений K_{Isc} не менее **38 МПа·м^{1/2}**. Испытания проводятся на образцах с наведенной усталостной трещиной под напряжением $\sigma = 0,45-0,75\sigma_B$ в брутто-сечении при постоянном погружении их в 0,001н. раствор H_2SO_4 (рН 3). Раствор выбран на основании исследований циклических испытаний (камера влажности с сернистым газом, периодическое и полное погружение образцов в 0,001н. раствор H_2SO_4), моделирующих воздействие слабоагрессивной промышленной атмосферы с SO_2 .

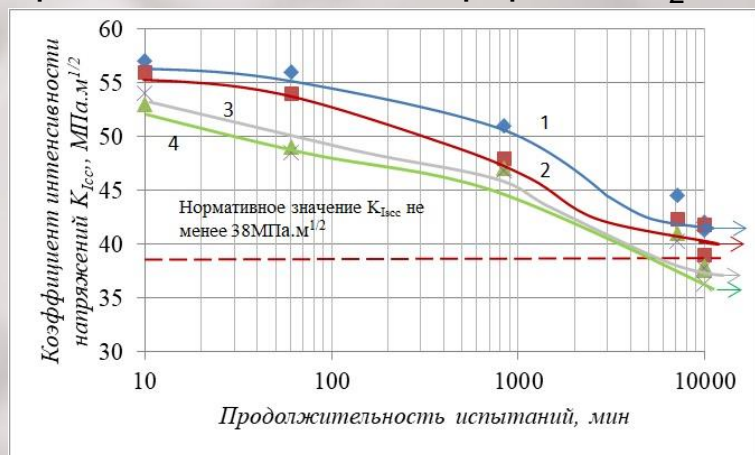


Рис.3. Зависимость времени до разрушения образцов от коэффициента интенсивности напряжений:

- 1 - M24x120, 40X, кл. прочности 10.9, с ТДЦ покрытием;
 - 2 - M24x120, 40X, кл. прочности 10.9;
 - 3 - M24x120, 32CrV4, кл. прочности 12.9;
 - 4 - M27x220, CM435, кл. прочности 12.9;
- образцы не разрушились

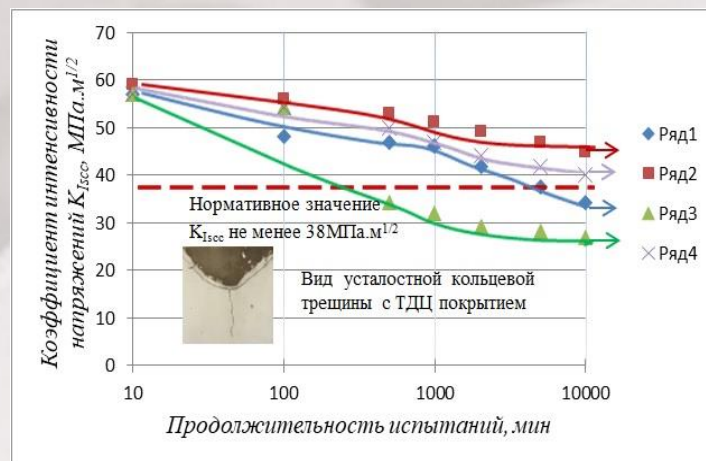


Рис. 4. Зависимость времени до разрушения образцов от коэффициента интенсивности напряжений:

- 1 - образец M10, выточенный из болта M24x120, 30X3МФ;
 - 2 - образец M10, выточенный из болта M24x120, ХС, с ТДЦ покрытием;
 - 3 - образец M10, выточенный из болта M24x120, 30X3МФ, с ТДЦ покрытием;
 - 4 - образец M10, выточенный из болта M24x120, 38ХС
- образцы не разрушились

Термодиффузионное цинкование высокопрочных болтов повышает их трещиностойкость значительно выше порогового значения коэффициента интенсивности напряжений K_{Isc} , что дает основание применять их в ССК.

Однако эти методы испытаний не достаточно характеризуют поведение высокопрочных болтов под напряжением в процессе их эксплуатации в различных коррозионных средах.

Поэтому для полного контроля необходимо проведение ускоренных коррозионных испытаний болтов или образцов с резьбой М10, выточенных из готовых болтов под напряжением $(0,6-0,85) \sigma_B$.

Методика циклических ускоренных испытаний, моделирующая слабоагрессивную промышленную атмосферу с сернистым газом прописана в ГОСТ 9.911.



Рис. 5. Общий вид нагруженных образцов и болтов в упругих динамометрах

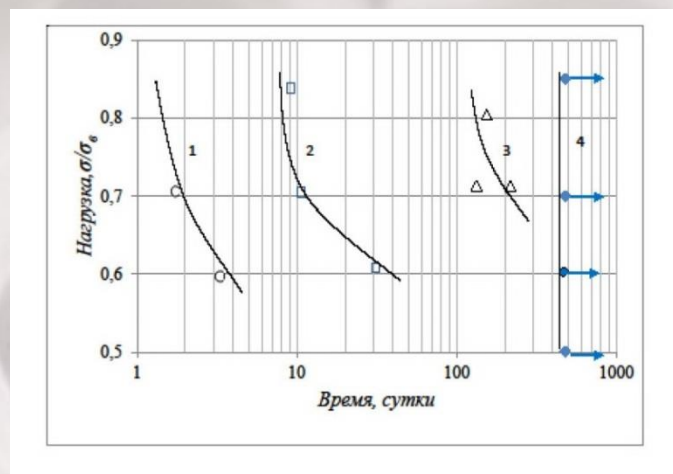


Рис. 6. Соотношение минимального времени до разрушения образцов с резьбой М10 из высокопрочной стали исходных и с ТДЦ покрытием и приложенной нагрузки при ускоренных испытаниях, имитирующих воздействие слабоагрессивной промышленной атмосферы с SO_2 (ГОСТ 26294-84):

1 - образцы из стали 38ХС без покрытия;

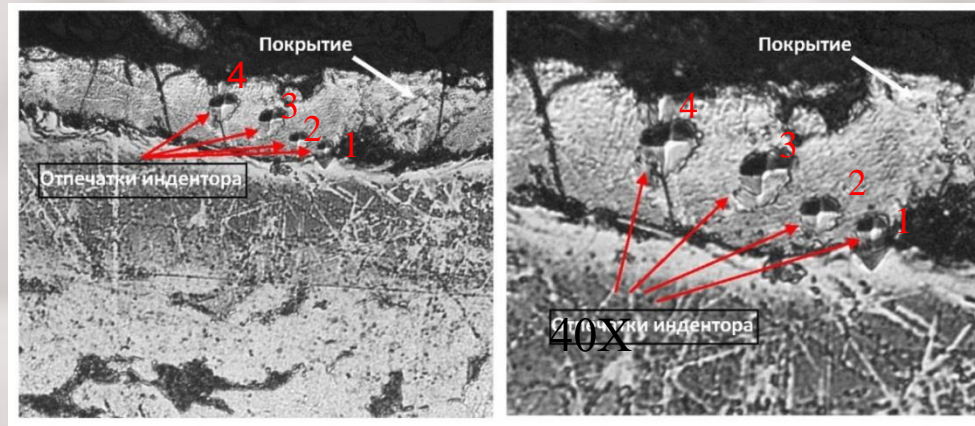
2 - образцы из стали 40Х2Ф без покрытия;

3 - образцы из стали 40Х без покрытия;

4 - образцы из стали 38ХС, 40Х2Ф, 40Х с термодиффузионным цинковым покрытием; залитые точки со стрелкой – образцы не разрушались.

Для контроля ТДЦ и других защитных покрытий на болтах можно использовать методы определения качества за мерами микротвердости и проведения рентгеноспектрального микроанализа.

Измерение микротвердости на болте М16х70 с ТДЦ покрытием на микроскопе ПМТ-3М

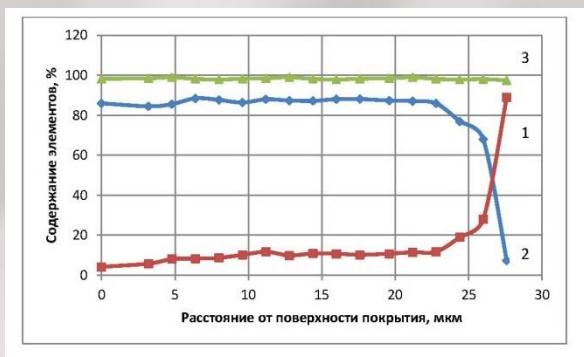


x200

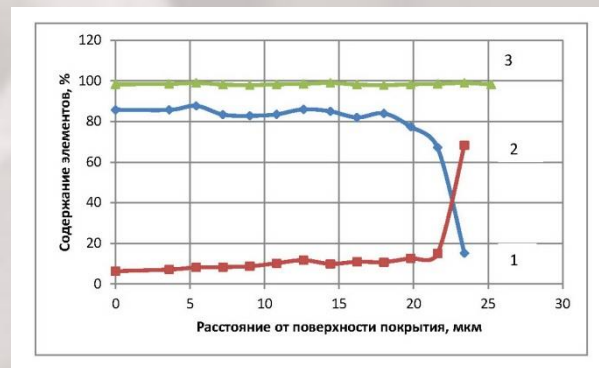
x500.

Рис. 7. Микроструктура с отпечатками измерения микротвердости термодиффузионного цинкового покрытия на крепеже с разным увеличением: справа - налево: 1 - 540 (Г- фаза); 2 - 494 (Г- δ_1 - фазы); 3 - 369 (δ_1 - фаза); 4 - 348 (δ_1 - фаза)- кгс/мм²

Определение содержания цинка и железа в ТДЦ покрытия рентгеноспектральным микроанализом на электронном растровом микроскопе с приставкой Oxford instrument

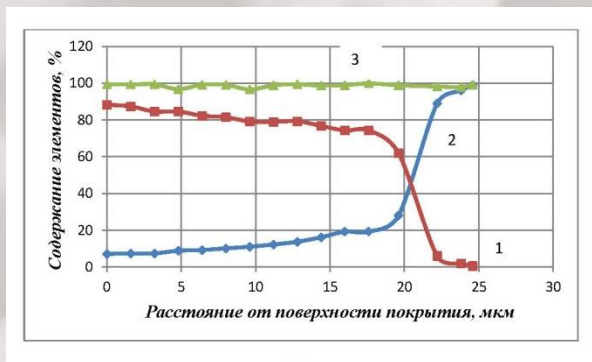


а

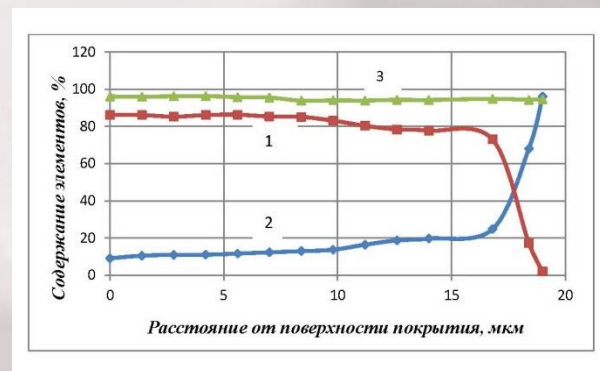


б

Рис. 3. Зависимость содержания Zn и Fe в покрытии болта M16x70 (а) и гайки M16 (б) от поверхности вглубь матрицы стали: 1- Fe; 2- Zn; 3-общее кол-во. Коррозионностойкая δ_1 - фаза - более 60 %, что соответствует (ГОСТ Р 9.316-2006)



а



б

Рис. 4. Зависимость содержания Zn и Fe в покрытии болта M16x70 (а) и гайки M16 (б) от поверхности вглубь матрицы стали: 1- Zn; 2- Fe; 3-общее кол-во. Коррозионностойкая δ_1 - фаза на болте - до 45 %, на гайке - до 38,4 %, что ограничено защищает крепеж от коррозии

Часто встречаемые нарушения на крепежных изделиях исходных и с антикоррозионным покрытием:

- некачественная подготовка поверхности перед цинкованием, особенно резьбовой части крепежа;
- снижение толщины покрытия до 3-го класса без учета шероховатости поверхности;
- использование в процессе цинкования насыщающей смеси без нормативной документации, как следствие, снижение коррозионной стойкости;
- цинкование при повышенных температурах, приводящее к потере механических свойств;
- некоторые фирмы рекламируют на болтах и шпильках ТДЦ покрытие серого цвета, в реальности, наблюдается темно-серый или темный цвет, что указывает на окисление поверхности при цинковании или превышение содержания железа в покрытии по ГОСТ Р 9.316-2006.

Таким образом можно заключить, чтобы качественный крепеж поставлялся на монтажную площадку для сборки ССК, необходимо включить в разрабатываемые нормативные документы на контроль высокопрочный крепеж исходный и с антикоррозионными цинковыми и другими покрытиями, кроме определения механических и технологических (Кз) свойств, следующих параметров:

- испытания болтов на ЗХР и трещиностойкость;
- ускоренные коррозионные испытания болтов под напряжением $(0,6-0,85) \sigma_{в}$;
- определение микротвердости защитного покрытия;
- определение состава покрытия на содержание цинка и железа методом рентгеноспектрального микроанализа.

The background of the image is a dense, out-of-focus field of white hexagonal nuts. The nuts are scattered across the entire frame, with some in sharp focus in the foreground and others blurred in the background, creating a sense of depth and texture. The lighting is soft and even, highlighting the metallic sheen of the nuts.

Спасибо за внимание