

# ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ГРОЗОЗАЩИТНЫХ ТРОСОВ 110 КВ И ВЫШЕ

АВТОР:

ЗОТОВ Д.Р.,  
ООО «ЭМ-КАБЕЛЬ»

**Н**анесение методом плакирования тонкого алюминиевого слоя на стальные проволоки грозозащитного троса улучшает его коррозионной-

кость, по сравнению с широко применяемыми тросами с оцинкованными проволоками, и повышает его надежность работы на линиях электропередачи.

**Ключевые слова:** перенапряжения, грозозащита, грозозащитные тросы, антикоррозионное покрытие.

## ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день около 95% ЛЭП 110 кВ и выше защищены от атмосферных перенапряжений канатами типа ТК (оцинкованная сталь) и С (сталь, покрытая цинком), используемыми в качестве грозозащитных тросов. Достаточно часто они выходят из строя. Согласно выводам, сделанным на основе сбора статистических данных, проведенных «НИИЦ МРСК», видно, что основной причиной поврежденных грозозащитных тросов (около 40%) являются их износ и старение. Повреждения, связанные с атмосферными перенапряжениями, составляют 21%, с посторонними вмешательствами – 10,6%.

Таким образом, можно говорить о том, что канаты марок ТК и С, хоть и производятся до сих пор, но физически и морально устарели для применения их в качестве грозозащитных тросов.

В этой связи производители проводов и тросов для воздушных линий

электропередачи проводят интенсивные разработки более надежных конструкций проводов, в том числе коррозионностойких.

В частности, ООО «ЭМ-КАБЕЛЬ», входящее в ГК «ОПТИКЭНЕРГО», разработало коррозионностойкий грозозащитный трос ГТК. Конструктивно он аналогичен канатам типа ТК и С, имеет несколько разнонаправленных повивов из стальных проволок.

Главным отличием ГТК от каната является алюминиевое, антикоррозионное покрытие, нанесенное на сталь методом плакирования вместо цинкового.

Плакирование — метод нанесения тонкого защитного слоя металла на поверхность другого металла, в данном случае алюминия на стальную проволоку, при котором происходит холодная сварка металлов за счет большой сдавливающей силы. Главной особенностью этого метода является взаимная диффузия

молекул металлов без нагрева на глубину до 5 мкм (рис 1.)

Диффузия происходит под высоким давлением внутри камеры, в которую механически подается пластичный алюминий, нагретый до температуры 400 °С. Алюминий нагревается исключительно за счет трения и собственной деформации. В дальнейшем полученный продукт может быть подвергнут калибровке или волочению с суммарным обжатием до 95%, при этом диффузия гарантирует пропорциональное уменьшение диаметра стальной проволоки и алюминиевого покрытия без отслоений и сдиров. Сталь при волочении приобретает механическую прочность до 1400 МПа в готовом изделии.

## КОРРОЗИОННАЯ СТОЙКОСТЬ

Сравним коррозионную стойкость оцинкованной и плакированной алюмином проволоки.

При погружении стальной проволоки в раствор электролита происходит образование ионов на поверхности проволоки и как следствие ее коррозия. Алюминий аналогично подвергается коррозии в электролите.

Снижение массы стали, погруженной в раствор, составляет 0,2 мг/день, что примерно в 20 раз выше скорости коррозии алюминия. Однако при погружении соединенных вместе стали и алюминия в раствор электролита скорость коррозии резко изменяется. В этом случае алюминий выступает в роли катода, а сталь – в роли анода, в соответствии с их потенциалами ионизации.

Как следствие, алюминий расходуется намного быстрее, а сталь не корродирует и ее масса не изменяется даже в коррозионно-активной среде (3% хлорида натрия).

Что касается оцинкованной проволоки, то защитное действие цинкового слоя в той же среде продлилось недолго и в течение пятилетнего периода началось разрушение. Сталеалюминиевая проволока, напротив, не потеряла своей первоначальной прочности в течение 5 лет и, как ожидается, будет служить в течение длительного времени.

Подтверждение изложенного можно найти в [1]. Задачей испытаний, проведенных в лаборатории испанской компании TREFINASA Trefilado de Navarra SA было определение устойчивости к воздействию соляных брызг (тумана).

Испытание проводилось по Стандарту UNE-EN-ISO 9227 (состав раствора: примеси < 0,3%, Na < 0,1%, Ni < 0,001%, Cu < 0,01%) с использованием Dycometal SSC (1000 л), код оборудования MO 02/08, концентрация хлористого натрия в дистиллированной воде – 5%. Качество воды: тип IV по ASTM D1193. Образцы подвешивались

## ОСОБЕННОСТЬ МЕТОДА ПЛАКИРОВАНИЯ ЗА СЧЕТ ДИФФУЗИИ МОЛЕКУЛ МЕТАЛЛОВ

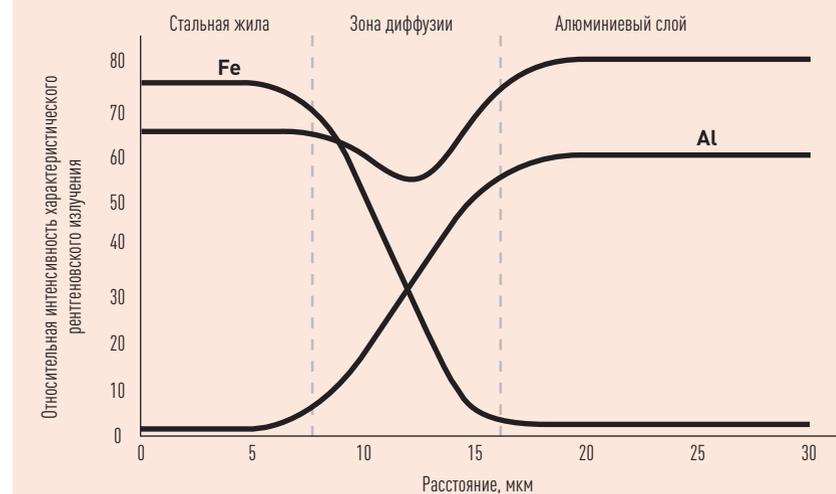


Рис. 1

вались в соляной камере так, чтобы условия испытания не изменялись.

Испытаниям были подвергнуты проволоки из:

- Оцинкованной стали ST1 класса A (3 образца);
- Стали, покрытой цинком, 5% Al MM (2 образца);
- Стали, плакированной алюминием, класс 14SA (5 образцов);
- Стали, плакированной алюминием, класс 20SA (5 образцов).

Перед испытаниями у каждого образца были определены:

- толщина покрытия оптическими методами согласно Стандарту UNE-EN 1463:2005;
- диаметр микрометром MO 03/45;
- масса согласно Стандарту UNE-EN-ISO 10244-2.

Фотографии начального состояния образцов приведены на фото 1а-г.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ

Максимальная продолжительность испытаний составила 2000 часов. Подводились промежуточные результаты.

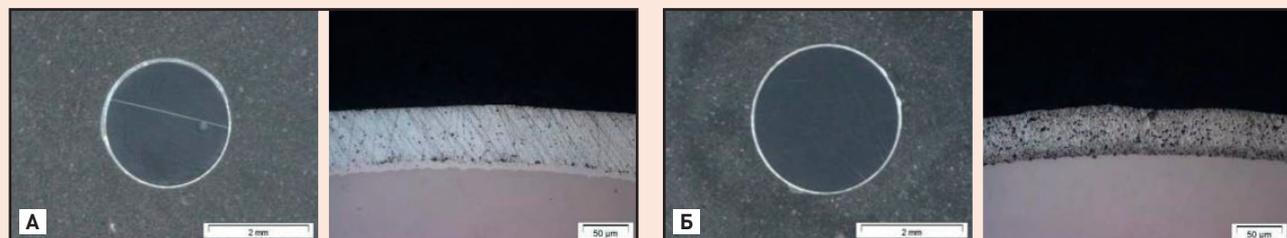
Через 144 часа белая коррозия проявилась во всех проводах из оцинкованной стали. На образце номер 3 появились признаки красной коррозии. Также белая коррозия появилась на обоих проводах из стали, покрытой цинком.

312 часов. Изолированные точки красной коррозии наблюдаются на образцах № 1 и № 3 из оцинкованной стали. На образце № 2 наблюдалась только коррозия белого цвета.

456 часов. Точка красной коррозии появилась на образце № 1 из стали, плакированной алюминием, класс 14SA.

648 часов. Красная коррозия наблюдается главным образом на образце

## НАЧАЛЬНЫЕ СОСТОЯНИЯ ОБРАЗЦОВ ПРОВОЛОК



Оцинкованная сталь ST1, класс А.

Сталь, покрытая цинком, 5% Al MM.



Плакированная алюминием проволока, класс 14SA.

Сталь, плакированная алюминием, класс 20SA.

Фото 1

№ 3 из оцинкованной стали. Красная точка на образце № 1 из стали, плакированной алюминием, класс 14SA, не изменилась.

792 часа. Красная коррозия усилилась на образцах № 1 и № 3 из оцинкованной стали. На образце № 2 появились признаки красной коррозии. Появилась одна точка красной коррозии на образце № 3 из стали, плакированной алюминием, класс 20SA.

864 часа. Красная коррозия трех образцов из оцинкованной стали усиливается. На образце № 2 из стали, по-

крытой цинком, присутствуют признаки красной коррозии. На образце № 1 наблюдается только белая коррозия.

1000 часов. Красная коррозия наблюдается на всех образцах из оцинкованной стали (фото 2). По этой причине испытание для них было остановлено. Красная коррозия усиливается на образце № 2 из стали, покрытой цинком. На образце № 1 красная коррозия не наблюдается.

1336 часов. Красная коррозия продолжает усиливаться на образце № 2 из стали, покрытой цинком. На об-

разце № 1 появляется изолированная точка красной коррозии.

1500 часов. Наблюдается значительное развитие красной коррозии на образце № 2 из стали, покрытой цинком. Продолжается небольшое развитие красной коррозии на образце № 1 по сравнению с его состоянием после 1336 ч испытания.

1840 часов. Образец № 2 из стали, покрытой цинком полностью корродировал. На образце № 1 наблюдается значительное развитие красной коррозии по сравнению с его состо-



Фото 2. Провода со следами красной коррозии на образцах из оцинкованной стали ST1, класс А, после 1000 ч испытаний



Фото 3. Провода со следами красной коррозии на образцах из стали, покрытой цинком, 5% Al MM, после 1840 ч испытаний.



Фото 4. Провода из стали, плакированной алюминием, класс 14SA, после 1840 ч испытаний.

## УЧАСТКИ ТРОСА ГТК ПОСЛЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ МОЛНИИ С ПЕРЕНОСИМЫМ РАЗРЯДОМ 40 КЛ И 100 КЛ.

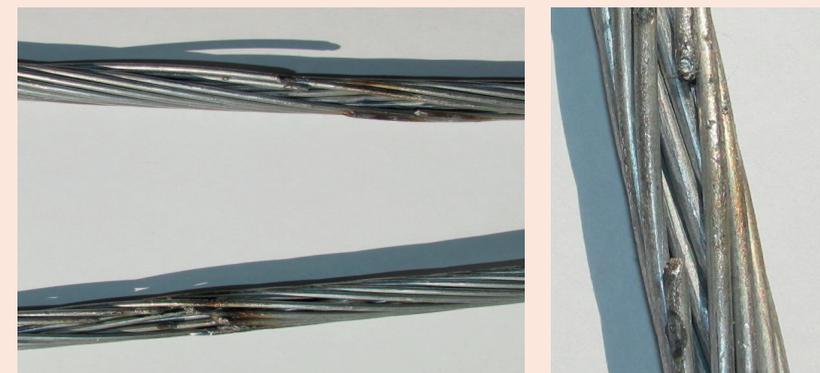


Фото 5

янием после 1500 часов испытания (фото 3).

2000 часов. Полностью корродировал образец № 2 из стали, покрытой цинком.

На всех образцах из стали, плакированной алюминием, обоих классов никаких изменений (даже в точке красной коррозии, появившейся в одном из образцов из стали, плакированной алюминием, класс 14SA, через 648 часов после начала испытаний) не произошло (фото 4).

Результаты эксперимента наглядно показали, что плакированная алюминием сталь значительно более коррозионно-стойкая, чем оцинкованная сталь.

## СТОЙКОСТЬ К ВЫСОКИМ ТЕМПЕРАТУРАМ

Нельзя не отметить ещё один существенный недостаток оцинкованной стали, а именно низкую стойкость к высоким температурам. Перегрев оцинкованного троса свыше 100 °С неизбежно приводит к отслоению цинка. Перегрев может произойти как при разрядах молний, так и при протекании токов

короткого замыкания или плавке гололеда. В результате трос остаётся без антикоррозионного покрытия, что приводит к его обрыву и возникновению аварийной ситуации.

Посмотрим как в подобной ситуации ведёт себя трос ГТК после воздействия тока молнии.

На фото 5 показаны участки троса после воздействия молнии с переносимым разрядом 40 Кл и 100 Кл, подверженные воздействию коррозионно-активной среды (3% хлорида натрия).

Отчетливо видно отсутствие коррозии как на соседних с поврежденными проволоками, так и на внутреннем повиве. Дополнительно стоит отметить, что повреждённые проволоки не расплетаются, а благодаря особой преформации остаются в повиве, что является еще одним преимуществом.

Молниестойкость троса ГТК исследовалась в Московском энергетическом институте. Образец растягивался на специальном натяжном устройстве с помощью натяжных зажимов НКК-2-1 с усилием, равным среднеэксплуатационной нагрузке 4380 кг. На рас-

стоянии 50 мм от троса располагался высоковольтный электрод. Обратные токопроводы крепились симметрично на расстоянии 0,5-0,75 м от электрода. На высоковольтный электрод с помощью генератора тока формировался импульс тока молнии:

Составляющая А (импульс тока первого обратного разряда) амплитудой  $35 \pm 10\%$  кА и временем воздействия не более 500 мкс.

Составляющая В (промежуточный ток) со средней амплитудой  $2 \pm 10\%$  кА, длительностью до 5 мкс и с переносимым зарядом до  $200 \pm 10\%$  Кл.

Составляющая С (постоянный ток) амплитудой 200 А, длительностью до 1 с и с переносимым зарядом до  $200 \pm 10\%$  Кл.

По результатам исследований специалистами МЭИ было сделано заключение, что грозозащитный трос ГТК является стойким к воздействию тока молнии с переносимым зарядом 100 Кл, суммарная вероятность появления которого в отрицательной и положительной молнии составляет 4,45%. Потеря прочности образца грозозащитного троса после воздействия тока молнии с переносимым зарядом 100 Кл составляет 10,5% при допустимой потере 25%.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования, проведенные испанскими и российскими учеными, показали, что грозозащитные тросы ГТК по своим характеристикам значительно превосходят широко применяемые в настоящее время канаты типа ТК и С.

## ЛИТЕРАТУРА

1. TREFINASA Trefilado de Navarra SA. Polígono Sargaitz, P3 31840 UHARTE ARAQUIL Spain. Informe Nº 9080438-F.