

Новые долговечные материалы для шпалерных систем сохраняющие почву

Ежегодно коррозия наносит огромный ущерб народному хозяйству. В развитых странах убытки за год составляют в среднем около 3 - 5% от внутреннего валового продукта, а потери металла достигают 20%. Ущерб от коррозии складывается не только из стоимости материалов, но и из затрат на замену пришедших в негодность конструкций и оборудования.

На сегодняшний день основным методом защиты стальных конструкций от коррозии является цинкование горячим или гальваническим способом. Он достаточно эффективен. К примеру, незащищенный лист железа на кровле дома прослужит максимум 3-4 года, тогда как оцинкованный - 25 лет.

Часто, в силу сложившихся практик, мы вынуждены мириться с таким сроком эксплуатации наших конструкций и периодичностью их обновлений. Тем более, если он совпадает с производственными циклами. Так, например, виноградная лоза имеет эффективную урожайность в течении 20 лет, что совпадает с эксплуатационным сроком оцинкованных шпалерных систем. Из-за отсутствия альтернативы, стало привычным удалять с поля отжившую лозу вместе со шпалерной системой.

Часто приходится наблюдать очаговые образования ржавчины на оцинкованных конструкциях. Это обусловлено двумя факторами: качеством поверхности металла, подлежащего цинкованию, и нарушением технологии.

Давайте более детально изучим дефекты оцинкованной проволоки.

Непроцинковка – наличие на поверхности участков, не покрытых цинком. Обусловлен существованием на стальной поверхности отдельных участков с вкатанной окалиной, шлаковыми и другими различного рода металлическими включениями, жировыми загрязнениями.

Это локальное отсутствие защиты от коррозии, а значит эксплуатационный период будет снижен с 25 лет до 4 лет. После чего ржавчина очень быстро уменьшит сечение проволоки, произойдет потеря прочности и разрушение конструкции. Для этого достаточно одного дефекта на 10 километров.

Выпуклые несовершенства - покрытие с шероховатой поверхностью, различного рода наплывами, натеками, наслоениям, бугорками. Эти дефекты образуются из-за чрезмерной неровности верхнего слоя цинкуемых изделий, несоответствия скорости извлечения изделия с физико-химическими свойствами расплава цинка, насыщения расплава железозинковыми и другими соединениями, особенно в приповерхностных слоях;

«Белая ржавчина» - появление на оцинкованной поверхности объемных слоев продуктов коррозии в виде пятен белого или светло-серого цвета. Они состоят главным образом из оксида (гидроксида) цинка и углекислого цинка. Этот дефект образуется на изделиях, которые эксплуатируются во влажных средах, где создаются условия для конденсации влаги на поверхности покрытия и при применении удобрений.

Белая ржавчина в виде окислов цинка также предполагает разрушение защитного покрытия и опять возникает вопрос о возможности дальнейшей эксплуатации. Кроме этого, образцовые хозяйства, гордящиеся качеством своей продукции, любят устраивать экскурсии на свои плантации. Окисленные и ржавые конструкции естественно вызовут отторжение у посетителей.

Отслоение покрытия. Встречаются два вида этого дефекта: отделение верхнего слоя покрытия от слоя железозинкового сплава (иногда этот эффект называют «шелушением») и отделение покрытия от основного металла, включая слой железозинкового сплава. Основные причины: механические (удары, изгибы и пр.) и температурные воздействия. Еще одним виновником отслоения может быть абсорбированный стальной поверхностью водород, который при выделении приводит к

появлению вздутий (пузырей) на оцинкованной поверхности.

При дефекте отслоения покрытия основной ущерб хозяйству приносит не обрыв проволоки за счет потери защитного слоя, а попадание цинка в почву.

Согласно ГОСТ Р 70281-2022 существует 3 группы опасности химических элементов: высокоопасные, умеренно опасные и малоопасные. **Цинк** по данной классификации **относится к высокоопасным элементам**. Он приводит к снижению вкусовых качеств плодов, повышенной заболеваемости растений, а, в некоторых случаях, к их полной гибели посадок и потере урожая. Его губительное действие будет проявляться на протяжении десятилетий, и на сегодняшний день методов и технологий устранения его токсичного воздействия не существует. Частично проблему попыталась решить французская фирма Seral Optimum, предложив использовать проволоку с алюмоцинковым покрытием. У этого изделия концентрация цинка несколько снижена за счёт ввода в состав алюминия. Но он все равно попадает в почву, хотя и в меньших объёмах.

Таким образом, применяя шпалеру на основе стальной оцинкованной проволоки, Вы рискуете получить множество проблем ещё до достижения системой предельного срока эксплуатации.

Технологический прогресс не стоит на месте, и сегодня цинкование уже не единственный способ защиты металла от коррозии. В 2008 году ООО «ЭМ-КАБЕЛЬ», входящее в ГК «ОПТИКЭНЕРГО, освоило уникальную технологию плакирования алюминием стальной проволоки. Она и легла в основу производства **AGROпроволоки**.

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 атомов металлов на глубину не менее 5 мкм (рис. 1).

Данное покрытие лишено дефектов, присущих оцинкованной проволоке, имеет равномерную структуру по всей длине, стабильную толщину покрытия и геометрические размеры. Процесс плакирования полностью исключает образование прострелов, выпуклостей и отслоений. Алюминиевое покрытие не подвержено разрушению при перегибах, вибрациях и термоциклировании. После плакирования отделить металлы друг от друга уже невозможно, поэтому данное изделие называют биметаллическим. К тому же AGROпроволока биоэнертна, так как алюминий согласно ГОСТ Р 70281-2022 не входит ни в одну группу опасности для почв и является абсолютно безопасным.

На графиках процентного содержания металлов по радиусу поперечного среза плакированной алюминием проволоки отчётливо видна зона диффузии алюминия в стальную проволоку составляющая 9 мкм (рис. 1). Наличие этой зоны свидетельствует о надёжной спайки двух металлов.

Рис. 1. Металлографическое исследование стальной проволоки, плакированной алюминием.

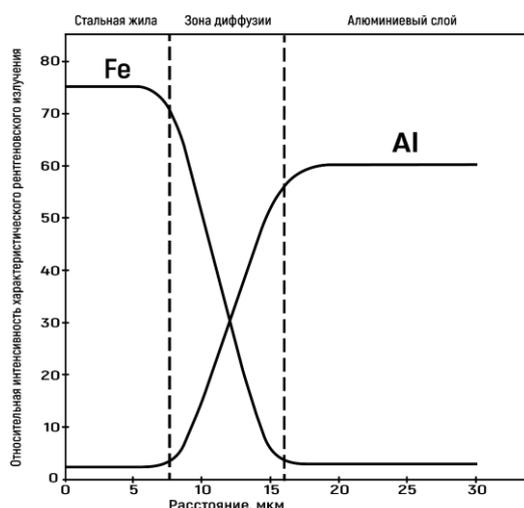
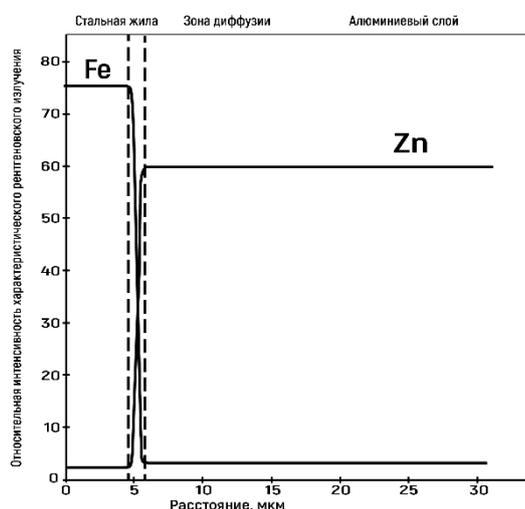


Рис. 2. Металлографическое исследование оцинкованной стальной проволоки.



На втором рисунке мы наблюдаем зону диффузии цинка в стальную проволоку. Глубина проникновения цинка находится на уровне погрешности измерения. Можно с уверенностью утверждать, что никакой связи между металлами не существует. Такое покрытие легко может отслоиться.

Известно, что технология производства оцинкованной проволоки представляет собой волочение (многократную протяжку стальной катанки через волокна с уменьшающимся диаметром до проволоки заданного диаметра) и последующее цинкование полученной проволоки. При этом, экономически было бы эффективно цинковать до волочения, но цинковое покрытие, в силу перечисленных выше факторов, не способно выдержать запредельные нагрузки при волочении.

Экструзионный метод нанесения алюминия на стальную проволоку и сопутствующая холодная сварка металлов производится до волочения, за счет чего получается значительный экономический эффект. А последующая протяжка биметаллической проволоки до нужного диаметра через волокна дает гарантию качества нанесенного покрытия, так как при наличии дефектов процесс волочения плакированной алюминием проволоки был бы невозможен.

Таким образом, сама технология производства плакированной алюминием проволоки исключает возможность отслоения покрытия.

Металлургические заводы выпускают стальную проволоку трех основных групп: низкоуглеродистую (разрывная нагрузка до 600МПа), среднеуглеродистую (600-1300МПа) и высокоуглеродистую (1300-2000МПа). Низкоуглеродистые стали характеризуются низкой механической прочностью, но высокой эластичностью и удлинением (6-20%), высокоуглеродистые наоборот имеют высокую механическую прочность и удлинение (1,5-2%).

Для производства шпалер, как правило, выбирают среднеуглеродистые стали, обладающие достаточно хорошей эластичностью для выполнения изгибов при монтаже, и механической прочностью достаточной для удержания растений. Стандартные значения такой проволоки 1300МПа механической прочности и 6% удлинения. Данный параметр означает, что проволока длиной 1000 метров при приложении нагрузки вытянется до 1060 метров. Произойдет так называемое провисание, которое каждые два года нужно будет устранять, подтягивая каждую проволоку удаляя лишнюю длину.

Проволока, плакированная алюминием, имеет удлинение 1,5%, значит работы по подтяжке нужно производить не через 2 года, а через 8 лет. При этом снижение удлинения не влияет на эластичность, так как проволока на 25% состоит из мягкого алюминия.

Диаметр проволоки, мм	Разрывное усилие, не менее, МПа			Относительное удлинение, %		
	Старал	Оцинкованная	AGRO проволока	Старал	Оцинкованная	AGRO проволока
1,8	1300/1500	1300/1500	1340/1500	12	6	1,5
2	1300/1500	1300/1500	1340/1500	12	6	1,5
2,2	1300/1500	1300/1500	1340/1500	12	6	1,5
2,5	1300/1500	1300/1500	1340/1500	12	6	1,5
2,6	1300/1500	1300/1500	1340/1500	12	6	1,5
2,8	1300/1500	1300/1500	1340/1500	12	6	1,5
3	1300/1500	1300/1500	1340/1500	12	6	1,5
3,2	1300/1500	1300/1500	1340/1500	12	6	1,5

Содержание алюминия влияет и на вес проволоки. Алюминий почти в 3 раза легче стали. Вес оцинкованной проволоки диаметром 1,8 мм на 1 км составляет 19,9 кг, в то время как AGRO проволока, при том же диаметре имеет вес – 16,76 кг на 1 км. Длины в 1 тонне AGRO проволоки на 16% больше, чем в оцинкованной.

Диаметр проволоки, мм	Вес 1 метра проволоки, гр			Количество метров в тонне, м			Нагрузка, кг		
	Старал	Оцинкованная	AGRO проволока	Старал	Оцинкованная	AGRO проволока	Старал	Оцинкованная	AGRO проволока
1,8	19,9	19,9	16,76	50 086	50 252	59 632	330	330	383,7
2	24,6	24,6	20,69	40 570	40 570	48 326	380	380	448,4
2,2	29,8	29,7	25,04	33 529	33 529	39 939	460	460	542,6
2,5	38,5	38,4	32,33	25 965	25 965	30 929	590	590	645,7
2,6	41,6	41,5	34,97	24 006	24 006	28 596	640	640	757,8
2,8	48,3	48,2	40,56	20 669	20 669	24 656	740	740	878,8
3	55,4	55,3	46,56	18 031	18 031	21 478	850	850	1008,9
3,2	63,1	63,1	52,97	15 878	15 878	18 878	935	935	1147,9

Испытания коррозионной стойкости

Сравним коррозионную стойкость оцинкованной и плакированной алюминием проволоки.

При контакте стальной проволоки с раствором электролита (3% хлорида натрия) в камере соляного тумана, 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 на стали процесс коррозии полностью прекращается, и ее масса при воздействии коррозионно-активной среды не изменяется.

Что касается оцинкованной проволоки, то защитное действие цинкового слоя в той же среде продлилось недолго и в течение короткого периода началось разрушение. Сталеалюминевая проволока, напротив, не потеряла своей первоначальной прочности в течение всего исследования.

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 в соляной камере так, чтобы условия испытания не изменялись.

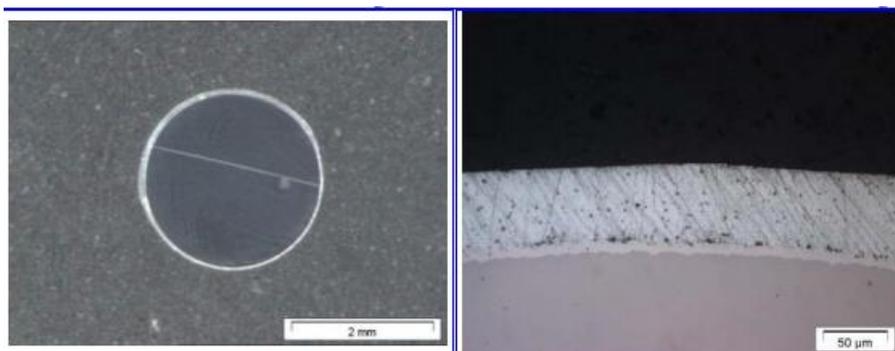
Испытаниям были подвернуты проволоки из:

- Оцинкованной стали ST1 класса A (2 образца);
- Стали, плакированной алюминием, класс 14SA (5 образцов);
- Стали, плакированной алюминием, класс 20SA (5 образцов).

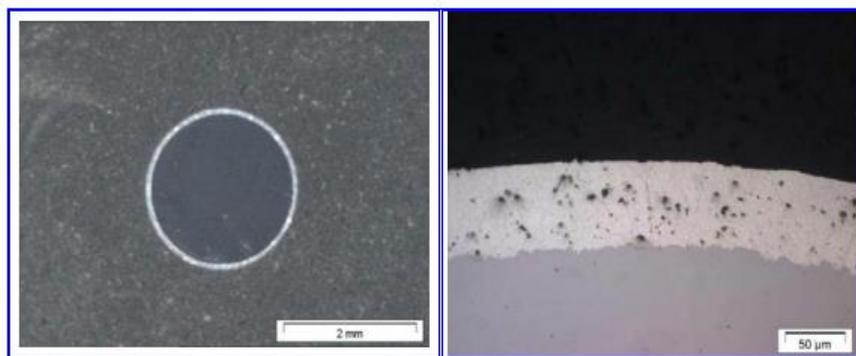
Перед испытаниями у каждого образца были определены:

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

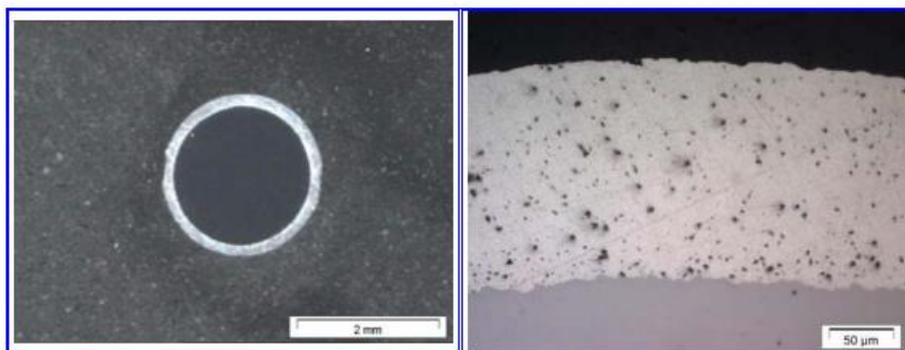
Фотографии начального состояния образцов приведены на фото 1а-г.



а) Оцинкованная сталь ST1, класс А.



в) Плакированная алюминием проволока, класс 14SA.



г) Сталь, плакированная алюминием, класс 20SA.

Фото 1. Начальные состояния образцов проволоки.

Результаты испытаний

Максимальная продолжительность испытаний составила 3000 часов. Подводились промежуточные результаты.

Через 144 часа белая коррозия проявилась на всех образцах из оцинкованной стали. На образце номер 1 появились признаки красной коррозии.

312 часов. Изолированные точки красной коррозии наблюдаются на образцах № 1 и № 2 из оцинкованной стали.

792 часа. Красная коррозия усилилась на всех образцах из оцинкованной стали.



864 часа. Красная коррозия двух образцов из оцинкованной стали усиливается.

1000 часов. Красная коррозия наблюдается на всех образцах из оцинкованной стали. По этой причине испытание для них было остановлено. На образцах стали плакированной алюминием красная коррозия не наблюдается.



2000 часов. Образцы из стали, покрытой цинком, полностью корродировали. На всех образцах из стали, плакированной алюминием, обоих классов никаких изменений не произошло

3000 часов. Полностью корродировал образец № 2 из стали, покрытой цинком.

На всех образцах из стали, плакированной алюминием, обоих классов никаких изменений не произошло



Результаты эксперимента наглядно показали, что плакированная алюминием сталь значительно превышает оцинкованную сталь по стойкости к коррозии.

Приведём результаты испытаний к реальным условиям эксплуатации. Оцинкованная проволока в камере соляного тумана корродировала через 1000 часов, в реальных условиях это произошло бы через 25 лет. Соответственно, плакированная алюминием проволока выдержала 3000 часов, это соответствует 75-ти годам эксплуатации.

Провода и тросы, изготовленные из стальной проволоки, плакированной алюминием, активно применяются в энергетике, строительстве и других отраслях. Согласно положению о единой технической политике ПАО «Россети», при защите высоковольтных линий электропередач от атмосферных перенапряжений (молниезащита) должны применяться только тросы из стали, плакированной алюминием. Энергетические компании уже полностью отказались от закупок морально устаревших оцинкованных тросов в пользу инновационных, плакированных алюминием.

С целью поиска наилучших решений, плакированный алюминием трос был внесен в Реестр новых и наилучших технологий (РННТ) Минтранса РФ, на основании протокола № 42 от 26 декабря 2022 г.

В современном мире многие отрасли народного хозяйства увеличивают эксплуатационный срок металлоконструкций благодаря применению технологии плакирования алюминием.