

Эффективность применения цинконаполненных покрытий ВМП для защиты от коррозии опор линий электропередачи

НУДЕЛЬ В.С., заслуженный строитель России, СУББОТИНА О.Ю., канд. хим. наук, ЯРОСЛАВЦЕВА О.В., канд. хим. наук, ЗАО НПП «Высокодисперсные металлические порошки», г. Екатеринбург

Опоры ВЛ - важные составляющие электросетевой инфраструктуры. В течение всего срока эксплуатации они испытывают значительные климатические нагрузки, обусловленные воздействием атмосферы с различной степенью коррозионной агрессивности и широкими пределами колебаний температуры и влажности, что в конечном результате приводит к коррозии. Поэтому одно из условий бесперебойного электроснабжения – высокая коррозионная прочность и долговечность конструкции опор, что можно обеспечить применением **коррозионностойких** материалов или качественной антикоррозионной защиты.

Широкое применение атмосферостойких низколегированных сталей сдерживается их высокой стоимостью. Кроме того, в соответствии со СНиП 2.03.11-85 «Защита строительных конструкций от коррозии» эти стали (за исключением марок 10ХНДП и 15ХСНД) даже в слабоагрессивной среде должны применяться только в сочетании с защитными покрытиями. Нарушение этого требования приводит к развитию коррозии.

Так, во время осмотра опор ВЛ 500 кВ Тобольск. Ишим при подходе к подстанции «Заря» (г. Ишим, Тюменской области) специалистами эксплуатирующей организации совместно с представителями ЗАО НПП «ВМП» были выявлены коррозионные поражения незащищенной атмосферостойкой стали уже через 8 лет после начала эксплуатации опор.

В нашей стране в качестве защитных лакокрасочных покрытий (ЛКП) для опор ВЛ традиционно использовали дешевые материалы: масляные, масляно-битумные, битумные, алкидные с наполнителями из алюминиевой пудры или железного сурика. Срок службы этих покрытий не превышает 2-8 лет. Разрушение ЛКП сопровождается интенсивной подпленочной коррозией, что приводит в конечном итоге к снижению несущей способности опор, а в особо агрессивных условиях к их преждевременному разрушению. Более того, рекомендации о применении ЛКП для защиты опор ВЛ в нормативных документах отрасли вообще отсутствуют.

В соответствии с нормативными документами, регламентирующими изготовление и контроль качества конструкций опор ВЛ свыше 1 кВ, защиту от коррозии следует выполнять в виде горячего цинкования. Действительно, горячецинковые покрытия являются достаточно надежным и испытанным методом защиты металлических элементов ВЛ в средах с низкой коррозионной нагрузкой, однако это не оптимальное решение.

Так, отраслевой стандарт ОСТ 34-29-582-82 «Покрытие защитное стальных конструкций опор воздушных линий электропередачи (ВЛ) и открытых распределительных устройств (ОРУ) высоковольтных подстанций методом горячего цинкования. Технические требования. Правила

приемки и методы контроля» устанавливает, что горячецинковое покрытие (ГЦП) толщиной 80 мкм в условиях эксплуатации опор ВЛ должно обеспечивать срок службы 20 лет. Вместе с тем развитие промышленности и растущий рост загрязнения атмосферы приводит к сокращению реального срока службы ГЦП. Известно, что скорость коррозии цинка существенно увеличивается в атмосфере с SO_2 , соответственно срок службы ГЦП в промышленной атмосфере не превышает 10-15 лет.

Этот факт наглядно демонстрируют результаты осмотров опор ВЛ 500 кВ на линиях Рефтинская ГРЭС – Тагил, Рефтинская ГРЭС – Тюмень I, Рефтинская ГРЭС – Тюмень II, Козырево – Рефтинская ГРЭС (район с развитой металлургической промышленностью), проведенных эксплуатирующей организацией. В ходе осмотров было выявлено, что ГЦП толщиной порядка 150 мкм за 20 лет полностью выработало свой ресурс. На поверхности этого покрытия имелся налет желтовато-белого цвета, свидетельствующий о коррозии слоев, обогащенных железом, прилегающих к основному металлу. Это первый признак необходимости ремонта защитного покрытия. Без проведения ремонтных работ дальнейшая эксплуатация опор может привести к коррозии стали и последующей потере несущей способности конструкции.

Метод «холодного» цинкования для предотвращения коррозии опор ВЛ

Научно-производственное предприятие «Высокодисперсные металлические порошки (ВМП)» бо-

лее 20 лет разрабатывает, производит и внедряет современные материалы для «холодного» цинкования. Технология последнего заключается в нанесении лакокрасочными методами композиций, содержащих в качестве антикоррозионного пигмента высокодисперсный цинковый порошок специального качества. Полученные таким образом цинкнаполненные покрытия (ЦНП) сочетают в себе достоинства традиционных лакокрасочных и металлических покрытий и обладают рядом неоспоримых преимуществ, приведенных в табл. 1.

Кроме того, расчет технико-экономических показателей получения ЦНП, представленных в табл. 2, наглядно демонстрирует экономическую выгоду. Применение «холодного» цинкования взамен «горячего» дает экономию 30-40 % на 1 т металлоконструкций без учета транспортных расходов. Экономический эффект от применения ЦНП по сравнению с традиционными ЛКП следует рассматривать с точки зрения запланированных затрат на ремонт. За счет того, что системы на основе ЦНП обладают в 2-3 раза большим сроком службы, стоимость эксплуатации покрытия в расчете на год оказывается ниже.

Данные табл. 1 и 2 позволяют отметить очевидную перспективность метода «холодного» цинкования для решения современных задач электроэнергетики. В частности, применение «горячего» цинкования для опор на вновь строящихся ВЛ в настоящее время оказывается экономически невыгодным из-за географической удаленности основных производственных мощностей по «горячему» цинкованию, расположенных в европейской части России (Домодедово, Белгород, Конаково) от основных строительных площадок (территории восточнее Урала).

Проблема применения ГЦП на осваиваемых территориях усугубляется также традиционно сложившейся промышленной специализацией регионов (металлургической и химической, вредные выбросы которых содержат значи-

тельные количества SO_2). То есть срок службы ГЦП без дополнительной защиты ЛКП может оказаться ниже нормативного. Нанесение же ЛКП на оцинкованную поверхность имеет определенные технические трудности.

Кроме того, эксперты отмечают участвовавшие случаи заводского брака в ГЦП, что свидетельствует об отсутствии должного контроля за соблюдением технологии на производстве, что неизбежно влечет преждевременное разрушение покрытия.

Согласно Правилам эксплуатации электрических станций и сетей техническое обслуживание ВЛ предполагает проверку антикоррозионного покрытия металлических опор ВЛ не реже 1 раза в 6 лет и при необходимости незамедлительный его ремонт. Возобновление покрытия методом «горячего» цинкования в условиях действующего объекта зачастую имеет технические сложности и экономически нецелесообразно.

В мировой практике при восстановлении защитного покрытия опор ВЛ, в том числе и горячецинкового, широкое применение находит технология, включающая гидроструйную очистку поверхности от солей и других загрязнений, гидроабразивную очистку металла от ржавчины с последующим нанесением кистью цинкнаполненного грунта и винилового покрывного слоя. Применение «холодного» цинкования для ремонта бракованного и/или исчерпавшего свой ресурс ГЦП на опорах ВЛ также принято рядом российских отраслевых ведомств.

В связи с тем, что ВЛ на территории России имеют протяженность на сотни километров и проведение ремонтных работ зачастую сопряжено с невозможностью применения высокопроизводительных агрегатов, лакокрасочные материалы, используемые для ремонта окрашенной поверхности опор ВЛ, должны обеспечивать (помимо требований коррозионной стой-

кости в атмосфере с высокой степенью загрязнения, хорошей адгезии и эластичности покрытий) простоту проведения восстановительных работ с использованием ручных методов.

Лакокрасочные материалы должны качественно защищать острые кромки и углы, иметь высокую степень проникновения в щели конструкции, быть толерантны к недостаточно очищенной поверхности, допускать возможность нанесения кистью и образовывать при этом равномерную по толщине пленку, обеспечивать быстрое отверждение покрытия. Всем перечисленным требованиям отвечает система покрытий ВМП на основе метода «холодного» цинкования.

Эта система включает в себя два слоя Цинола и слой Алпола общей толщиной 120 – 140 мкм. Покрытие Цинол содержит до 96 % цинка и по своим электрохимическим свойствам аналогично цинковому металлическому покрытию (рис. 1), благодаря чему осуществляет эффективную протекторную защиту стали. Покрытие Алпол на основе алюминиевой пудры придает типичный для металлических покрытий декоративный вид. Частицы алюминиевого пигмента чешуйчатой формы дополнительно экранируют поверхность покрытия Цинол, замедляя окисление цинка. Сочетание активной и пассивной защиты (протекторного и барьерного механизмов) в комплексном покрытии Цинол + Алпол – залог его повышенной надежности и долговечности.

Коррозионный износ ГЦП подчиняется в процессе эксплуатации нормальному закону уменьшения толщины слоя (рис.2). То есть долговечность покрытия является функцией отношения исходной толщины к скорости коррозии в данной среде и может быть легко рассчитана (см. статью Актуганов А.Н. и др. // Практика противокоррозионной защиты. 1998. №2). В случае применения ЦНП убыли толщины не наблюдается, напротив происходит уплотнение покрытия продуктами коррозии цинка в микропорах (см. рис.2).

Из-за своеобразия коррозионно-защитного действия ЦНП опре-

деление срока службы покрытия – весьма непростая задача. На практике для этого используют традиционные методы с ЛКП. В табл. 3 выборочно представлены результаты испытаний покрытия Цинол + Алпол ведущими исследовательскими институтами Госстроя. По этим данным специалисты сделали вывод, что покрытие Цинол и системы на его основе могут применяться для тех же условий эксплуатации и объектов, что и «горячее» цинкование, а в ряде случаев (повышенная загрязненность атмосферы кислотообразующими газами или содержание в воздухе аэрозолей хорошо растворимых солей) применение ЦНП бывает предпочтительней.

Что касается технологических свойств ЛКП, рекомендуемых для опор ВЛ, следует отметить, что оба материала одноупаковочные, т.е. не требуют смешения компонентов при применении; допускают широкий диапазон погодных условий при нанесении (температура от -15 до +40 °С и относительная влажность до 90%); время сушки при +20 °С не превышает 30 мин.

Для обеспечения максимального срока службы рекомендуется абразивоструйная подготовка поверхности до степени Sa 2,5 по нормам ИСО 8501. В случае ремонтной окраски приемлемой считается гидроструйная очистка, допускается также ручная обработка металлическими щетками и пр. для удаления отслаивающихся слоев старого покрытия и ржавчины с последующим обезжириванием органическим растворителем.

Простота и относительная экологичность технологии нанесения покрытий, их высокое качество и долговечность позволили рекомендовать композиции Цинол и Алпол для защиты металлоконструкций мостов, антенно-мачтовых сооружений, закладных деталей в строительстве, промышленных зданий и сооружений, гидросооружений. Указанные рекомендации приведены в ряде отраслевых документов, например, «Руководство по применению цинкнаполненных покрытий» Р 1-2004, раз-

работанное в дополнение к СНиП 2.03.11-85 специалистами ЦНИИ ПСК им. Мельникова и НИИЖБ и одобренное Госстроем России.

Покрытие Цинол + Алпол в электроэнергетике

Системы на основе метода «холодного» цинкования активно внедряются в электроэнергетике с 1995 г. Так, производство материалов ЦИНОЛ и АЛПОЛ и их применение для антикоррозионной защиты объектов электрических сетей (как вновь строящихся, так и ремонтируемых) аттестованы Межведомственной комиссией ОАО «ФСК ЕЭС». Система Цинол + Алпол внесена во вновь разработанные «Технологические нормы проектирования ВЛ напряжением 35 кВ и выше», а также ТП и ОРУ ПС, разработанные институтом «Энергосетьпроект» (г.Москва) и утвержденные ОАО ФСК «ЕЭС».

По запросу ОАО «ФСК ЕЭС» Ростехнадзор в комментарии к ПУЭ (7 изд.) обозначил свою позицию о возможности использования метода «холодного» цинкования с применением антикоррозионных цинкнаполненных систем покрытий в дополнение к СНиП 2.03.11-85 «Защита строительных конструкций от коррозии», раздел 5 «Металлические конструкции», для защиты металлических элементов опор ВЛ и металлоконструкций РУ.

Департаментом электрификации и электроснабжения ОАО РЖД составлено «Техническое указание № 05/06 о порядке выбора антикоррозионных покрытий металлоконструкций в хозяйстве электроснабжения ОАО РЖД», в котором применение «горячего» цинкования как самостоятельного покрытия допускается только в слабоагрессивных средах. В среднеагрессивных средах рекомендуется использовать «горячее» цинкование совместно с ЛКП, в сильноагрессивных средах «горячее» цинкование запрещено. В свою очередь «холодное» цинкование разрешено во всех средах с любой степенью агрессивности.

К настоящему времени технология «холодного» цинкования металлоконструкций опор ВЛ освоена многими заводами металлоконструкций. Челябинским ЗМК, Южно-Уральским ЗМК, Омским ЗМК, Иркутским заводом сборного железобетона, Новокузнецким ЗМК и др. Наиболее крупные проекты нового строительства, на которых использовались материалы ВМП, ВЛ 500 кВ Ишим – Тобольск, Тюменская область (рис.3); ВЛ 500 кВ ПримГРЭС – Хабаровск, Дальний Восток; ВЛ 500 кВ Барабинск – Таврическая ПС Щучанская, Западная Сибирь; ВЛ 500 кВ Приваловская – Златоуст, Южный Урал и др.

Имеется опыт ремонтной окраски материалами ВМП действующих опор ВЛ в полевых условиях. В период апрель-май 2003 г. в районе г. Ишим по заказу ОАО Тюменьэнерго (Имшские электросети) окрашены 94 опоры ВЛ 220 кВ (рис.4). Следует отметить, что за рубежом ремонт действующих опор ВЛ широко практикуется специальными организациями, имеющими в своем составе промышленных альпинистов.

В целом за десятилетний период работы в данной отрасли нет ни одной обоснованной и подтвержденной претензии на качество покрытий ВМП на опорах ВЛ. Таким образом, результаты использования и эксплуатации системы покрытий Цинол + Алпол полностью подтверждают целесообразность ее применения для защиты опор ВЛ взамен традиционных методов.

Высокая технологичность материалов ВМП применительно к условиям окрашивания как на заводе, так и в поле, указывает на большие перспективы метода «холодного» цинкования для решения актуальных вопросов защиты от коррозии в электроэнергетике. Безусловно, более широкое применение этой технологии позволит качественно повысить уровень технического состояния оборудования электросетевого хозяйства, а в конечном итоге надежность работы всей системы в целом.

Рис. 1

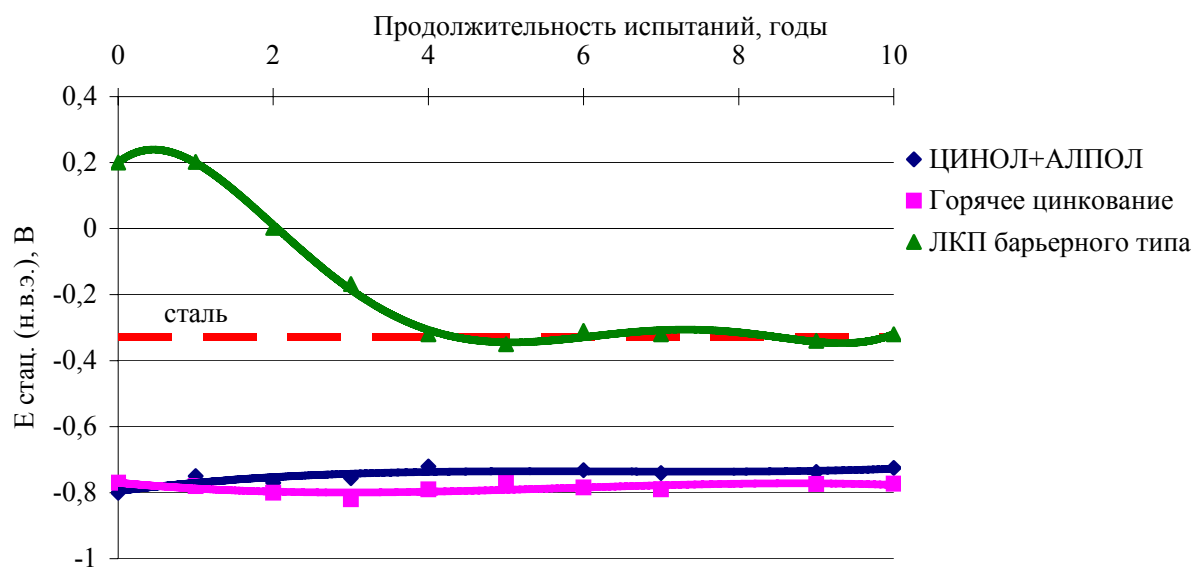


Рис. 1. Изменение электрохимических характеристик покрытий, полученных методами «холодного» (Цинол + Алпол) и «горячего» цинкования, а также методом ЛКП в ходе натурных стендовых испытаний в промышленной атмосфере умеренно-холодного климата: ... Цинол + Алпол; . . . «горячее» цинкование; ▲ . . ЛКП барьерного типа

Рис. 2

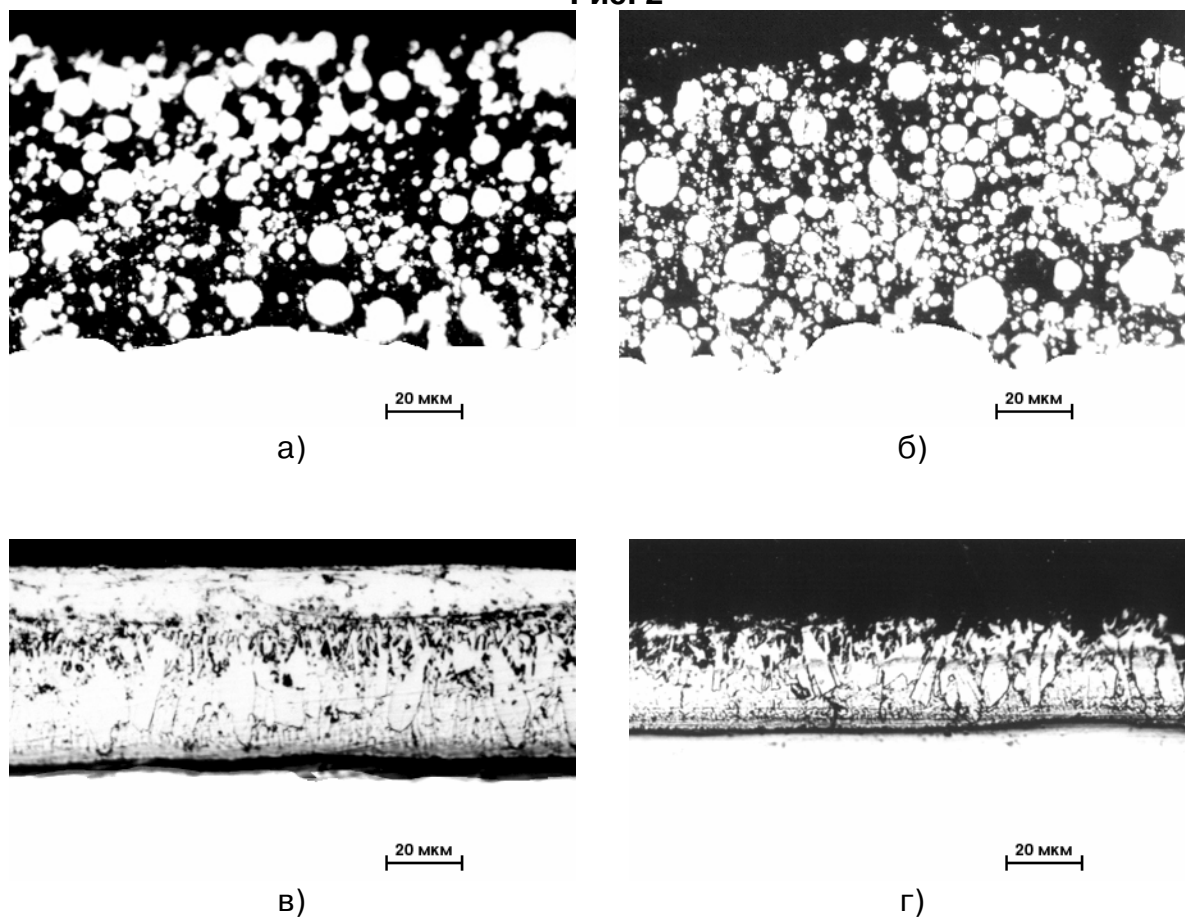


Рис. 2. Микрофотографии шлифов покрытий Цинол (а, б) и горячецинкового покрытия (в, г): а, в – до испытаний; б, г – после 5 лет натурных стендовых испытаний в промышленной атмосфере умеренно-холодного климата

Рис. 3

Рис. 3. Общий вид опор ВЛ 500 кВ Ишим . Тобольск (после 5 лет эксплуатации) с заводским покрытием, полученным методом «холодного» цинкования по схеме Цинол + Алпол

Рис. 4

Рис. 4. Окраска материалами Цинол и Алпол опор ВЛ в полевых условиях с привлечением промышленных альпинистов во время ремонта

Таблица 1

Защита от коррозии	Характеристики методов защиты от коррозии опор ВЛ						Общие
	Условия нанесения	Оборудование для нанесения покрытий	Требования к защищаемым конструкциям	Механизм действия	Прогноз срока службы в условиях производства, лет	Использование метода для ремонта	

«Горячее» цинкование	Только на заводе	Специальные технологические линии	Ограничения по размерам и типам	Катодный (протекторный), способствующий «залечиванию» повреждений	Не более 12	Не приведен в полевых условиях	Ряд технологических ограничений и непродолжительный срок службы в условиях производства
ЛКП	Завод, строительная площадка, полевые условия	Стандартное	Любые	Барьерный, механически экранирующий от коррозионной среды	2 – 4	Допустим	Непродолжительный срок службы
«Холодное» цинкование по схеме Цинол + Алпол	То же	То же	То же	Комбинированный (катодный и барьерный)	Более 15	То же	Простота, доступность, универсальность, большой срок службы

Таблица 2

Метод защиты от коррозии	Стоимость защиты конструкций, тыс.руб/т	Дополнительные расходы, тыс. руб/т
«Холодное» цинкование по схеме Цинол + Алпол	13	-
«Горячее» цинкование	16	Транспортные (среднее расстояние 2000 км по железной дороге) - 2

Таблица 3

Организация, проводившая испытания	ГОСТ (метод) испытаний	Результаты испытаний	
		«Холодное» цинкование с применением композиции Цинол	«Горячее» цинкование
ЦНИИПСК им. Мельникова	ГОСТ 9.401 (метод 3,5)	После 120 циклов коррозия стали отсутствует. Прогноз срока службы - более 15 лет в условиях условно-чистой атмосферы, холодного климата и промышленной среды с умеренным климатом	Не проводились
ВНИИ ЖТ	«Соляной туман» ГОСТ 9.305 (метод 1)	Через 3000 часов коррозия стали отсутствует	Через 510 ч более 50 % поверхности покрыто ржавчиной
НИИЦИАМТ	«Морской туман» (методика НИИЦИАМТ)	Коррозионные повреждения покрытия в виде белого налета на 45 - 50 % поверхности. Коррозия стали отсутствует.	Коррозионные повреждения покрытия в виде белого налета на 95% поверхности. Язвенная коррозия стали.
НИИ ЖБ	ГОСТ 9.403 (метод А, раствор соляной кислоты)	Начало коррозионных поражений стали через 50 сут	Начало коррозионных поражений стали через 30 сут

* Срок службы 15 лет. наилучший из возможных результатов, полученных по окончании испытаний по методике лакокрасочного стандарта.

** В соответствии с ИСО 12944-6:1998, покрытия со сроком службы более 15 лет должны выдерживать испытания «соляной туман» для разных условий эксплуатации в течение 720 ч для промышленных зон и прибрежные области с умеренной засоленностью и 1440 ч в промышленной зоне с большой влажностью и агрессивной атмосферой, а также прибрежных районах с большой засоленностью