

# Заземлители.

## Омедненные или оцинкованные?

**Заземлители поверхностного заложения (глубина 3–5 м) из проката черных металлов, применяемые до недавнего времени, все чаще подвергаются критике как органами технического надзора и контроля, так и потребителями из-за ограниченной коррозионной стойкости и долговечности в грунтовых условиях, а также ввиду невозможности добиться заданного минимального сопротивления заземления в целом ряде случаев.**

покрытия – 0,250 мм, а в случае цинкового покрытия – 0,080 мм. Электрическое оцинкование не может быть использовано в заземлителях ввиду незначительной толщины слоя, достигаемого этим методом (макс. 0,015 мм).

В настоящей статье анализируются преимущества и недостатки двух типов защитных покрытий заземлителей. Автор знакомит читателей с новым типом заземлителей с токопроводящим антикоррозионным покрытием на основе цинка, нанесенным методом «холодного оцинкования».

### Поведение различных металлов в грунте

Почва как коррозионная среда трактуется как слабый электролит. На коррозионную стойкость заземлителя влияют такие факторы, как вид почвы, наличие воды, кислотно-щелочной баланс, наличие растворенных солей, доступ кислорода, температура.

Поведение различных металлов (цинк, сталь и медь) в грунтовых условиях обусловлено их природой.

Относительно дешевым материалом, часто используемым для заземлителей, является углеродистая сталь. Однако стойкость стали к грунтовой коррозии невелика, и сравнительно быстро на ее поверхности возникает слой окислов железа, который в присутствии влаги образует гальванические микроочаги металл/электролит/окись металла.

В таком микроочаге слой окислов имеет потенциал более низкий, нежели железа, поэтому железо становится анодом, тогда как поверхностный слой окислов – катодом. Ионы железа переходят с анода в электролит. Растворенный в электролите металл подвергается дальнейшим химическим реакциям с образованием продуктов, не имеющих электропроводности металла.

Медь и цинк в меньшей степени подвержены коррозии в грунтовых условиях, поэтому они сами могут быть использованы в качестве защитного покрытия стали. Ниже (табл. 1) приведены данные сравнительных испытаний скорости коррозии заземлителей с медным покрытием, полученным электролитическим методом,

цинковым покрытием, получаемым методом горячего оцинкования, и заземлителей из обычной низкоуглеродистой стали по критерию потери массы после 10 лет эксплуатации в конкретных грунтовых условиях.

Металл	Скорость коррозии (% потери массы)
Медь	14
Цинк	40
Сталь	54

**Таблица 1.** Скорость коррозии различных металлов после 10 лет эксплуатации в грунте

Как видно из таблицы скорость коррозии медного покрытия в 2–3 раза меньше скорости коррозии цинкового покрытия. Однако ситуация может измениться при изменении кислотно-щелочного баланса почвы. Медь целесообразно применять при значении pH  $\geq 7$ , а для pH  $< 7$  рекомендовано использование цинка. Медь не должна также использоваться в грунтах с присутствием аммиака и сульфатов.

Характер взаимодействия различных металлов в грунтовых условиях определяется их собственным электродным потенциалом (табл. 2).

Металл	Стандартные электродные потенциалы, В
Цинк	- 0,760
Железо	- 0,430
Медь	+ 0,337

**Таблица 2.** Расположение металлов по ряду напряжений

В таблице 2 металл, стоящий первым, является анодом (имеет более отрицательный потенциал) по отношению к металлу, стоящему за ним. В свою очередь последующий металл является катодом (имеет более положительный потенциал) по отношению к предыдущему.

Контакт или близкое соседство металлов, обладающих значительной разностью потенциалов (по некоторым источникам более 0,6 В), может привести к повреждению одного из них.

Так, медное покрытие может явиться причиной гальванического повреждения контактирующих с ним железосодержащих материалов. По этой причине

С введением в действие в Республике Беларусь с марта 2003 г. ГОСТ 30331.10-2001 (МЭК 364-5-54-80) «Заземляющие устройства и защитные проводники», на основании которого «материал и конструкция заземлителей должны быть устойчивыми к коррозии», потребители стали проявлять интерес к коррозионно-стойким заземлителям глубинного заложения. На рынке Беларуси появились импортные изделия вертикальных составных заземлителей с возможностью работы на значительной глубине (20–30 м), изготовленных либо из нержавеющей стали, либо из черных металлов с антикоррозионным токопроводящим покрытием. Из-за высокой цены заземлителей из нержавеющей стали, которая в 3–4 раза превышает цену заземлителей с покрытием, чаще предпочтение отдают последним.

На сегодняшний день в мировой практике используют два типа токопроводящих антикоррозионных покрытий: медное, получаемое нанесением электролитическим методом, или цинковое, где используется метод горячего оцинкования, т. е. погружением в ванны с расплавом цинка при температуре 450–620 °С. Толщина покрытия составляет в случае медного

омедненные заземлители не могут быть использованы вместе с существующими (как правило стальными) заземлителями для приведения их сопротивления к норме (ремонта заземлителя), что актуально для Беларуси, поскольку значительная часть существующих заземлителей из черной стали сегодня не отвечает требованиям, предъявляемым к заземлению современного электронного оборудования. В этом случае можно рекомендовать использование заземлителей с покрытием на основе цинка, обеспечивающего дополнительную защиту железа от коррозии.

Далее, ввиду большого собственного положительного потенциала меди (см. табл. 2), применение омедненных заземлителей ограничено для заземления оборудования, работающего в схемах с катодной защитой (например, стальные трубопроводы различного назначения), поскольку потенциал меди искажает необходимый защитный потенциал стали, создаваемый внешним источником тока.

Так, специалисты проектного института «Гипроспецгаз» г. Санкт-Петербург, разрабатывающие проекты газотранспортных систем для российской компании «Газпром», категорически возражают против применения омедненных заземлителей для заземления оборудования, находящегося в контакте с трубой газопровода. Для этих целей институтом рекомендовано покрытие на основе цинка. Известен случай, когда на строящейся газовой компрессорной станции, на территории России, французскими специалистами были применены омедненные заземлители. При осуществлении технического надзора главный инженер проекта потребовал демонтировать их и заменить на оцинкованные. В настоящее время

в проектные решения института закладываются преимущественно оцинкованные заземлители.

В наиболее типичных условиях эксплуатации при нейтральных или слабо кислых грунтах слой меди является покрытием катодным, слой цинка – анодным.

Катодное покрытие (медное) играет роль барьера, отделяющего сталь от окружающей среды. Катодное покрытие может надежно защитить сталь только в случае его полной целостности и плотности, что вынуждает применять медное покрытие большой толщины. В случае повреждения катодного покрытия, в этом месте возникает очаг коррозии Fe/электролит/Cu, в котором оголенная поверхность стали является анодом, подверженным ускоренной коррозии, распространяющейся вглубь под защитное покрытие (рис. 1а).

Мелкие повреждения анодного покрытия из цинка не столь опасны. Анодное покрытие выполняет защитные функции в результате естественной поляризации коррозионных очагов, и в этом случае коррозии подвергается защитный слой, а не сталь. Возникший в месте повреждения, очаг коррозии Fe/электролит/Zn вызывает ускоренный расход покрытия до тех пор, пока осаждающийся на катоде (на оголенной стали) окисел металла анодного покрытия не покроет достаточно толстым слоем поврежденное место (рис. 1б), тормозя дальнейшее развитие коррозии.

В конструкциях заземлителей, использующих соединительную муфту и имеющую больший диаметр по сравнению с диаметром стержня, удается свести к минимуму риск повреждения защитного покрытия стержня. Муфта принимает на себя основную истирающую нагрузку от грунта во время погружения, сохраняя от

повреждения защитное покрытие стержней. Стержень продвигается вглубь в расширенном земляном канале, образованном муфтой. Однако, по нашему мнению, при погружении стержней заземления в грунт на большую глубину (20 м и более) нельзя полностью исключить возможность случайного местного повреждения покрытий из-за воздействия острых и твердых фрагментов пород грунта.

Из вышеизложенного следует, что применение омедненных стержней имеет ряд ограничений.

Заземлители с цинковым покрытием, полученным, например, методом горячего оцинкования, не имеют ограничений, присущих омедненным, однако в определенных грунтовых условиях могут уступать им в долговечности из-за меньшей коррозионной стойкости цинка, полученного горячим оцинкованием (см. табл. 1).

На этом основании современные технические нормативные и правовые акты, регламентирующие выбор материала заземлителей, содержат рекомендации по применению как омедненных заземлителей, так и оцинкованных заземлителей в зависимости от условий их эксплуатации.

В таблице 3 приведены требования нормативных актов, касающиеся материала заземлителей и их защитных покрытий.

Как видно из таблицы, оцинкованная сталь допускается к применению всеми нормами как универсальное покрытие, отвечающее требованиям, предъявляемым к заземлителям.

### Заземлители «ИГУР»

С целью устранения недостатков, присущих омедненным и горячеоцинкованным заземлителям, предприятием «ИГУР» предложен и всесторонне исследован заземлитель со специальным электропроводящим антикоррозионным цинковым покрытием, состоящим на 95 % из цинка чистотой 99,995 %, смол и летучего растворителя. Покрытие наносится на стальной стержень в виде жидкого состава с последующим отверждением. Этот способ нанесения известен как «холодное оцинкование». В настоящее время налажен выпуск заземлителей в соответствии с ТУ ВУ 200001265.001-2006.

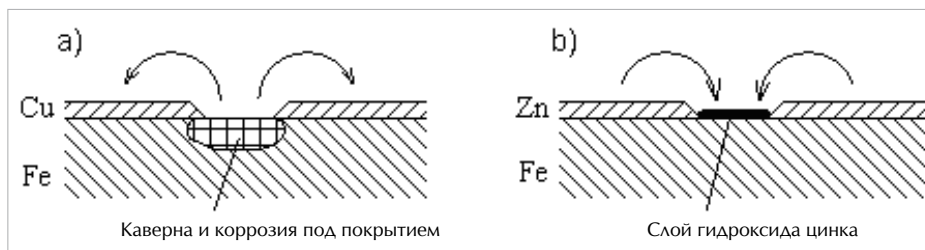


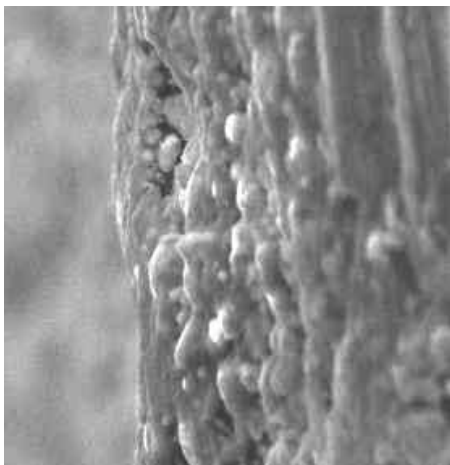
Рис. 1. Направление растекания тока в электролите в случае повреждения покрытия  
а) катодного, б) анодного

ПУЭ, 6-е изд. 2001 г., действующие в Республике Беларусь	ПУЭ, 7-е изд. 2002 г., действующие на территории России	Международный стандарт МЭК IEC 61024-1
Сталь черная Сталь оцинкованная	Сталь черная Сталь оцинкованная Медь	* Сталь оцинкованная Сталь омедненная
* В современных международных стандартах черная сталь в качестве заземлителя не рассматривается		

**Таблица 3.** Требования нормативных правовых актов по применению материала заземлителей и их защитных покрытий

Поскольку в состав предложенного покрытия входит летучий растворитель (ароматические углеводороды), испаряющийся во время твердения, покрытие имеет пористую структуру поверхностного слоя. На рисунке 2 показана структура покрытия, полученная с помощью растрового электронного микроскопа.

Пористая поверхность имеет более развитую площадь контакта с окружающей средой (грунтом) по сравнению с однородной, консолидированной, гладкой (стекловидной) поверхностью, которую образует медное покрытие, нанесенное гальваническим путем. Это обстоятельство приводит к увеличению электропроводности пористого цинкового покрытия за счет возрастания числа электрических контактов с частицами грунта. Полученные результаты не вписываются в сложившиеся границы знаний в этой области техники, поскольку известно, что удельное сопротивление медного покрытия составляет  $1,68 \times 10^{-8}$  Ом/м. Для цинкового же покрытия удельное сопротивление составляет  $5,75 \times 10^{-8}$  Ом/м т.е. в 3,4 раза больше. Нами же впервые экспериментально зафиксировано уменьшение сопротивления растекания электрического тока заземлителя с предложенным цинковым покрытием по сравнению с заземлителем, где в качестве



**Рис. 2.** Структура поверхности покрытия. Размер кадра 30x30 мкм.

токопроводящего покрытия применяется медь. Это уникальное свойство предложенного покрытия, используемое в заземлителе, явилось предметом патентования, и предприятием «ИГУР» был получен патент на изобретение, подтверждающий мировую новизну разработки.

Что касается коррозионной стойкости и долговечности предложенного покрытия.

Как было показано выше (см. таблицу 1) в конкретных грунтовых условиях скорость коррозии медного покрытия, может быть в 2-3 раза меньше скорости коррозии цинкового покрытия, полученного горячим оцинкованием.

С другой стороны, данные Центра технологии материалов Фулмер (Великобритания) при сравнении предлагаемого покрытия с покрытием, полученным при горячем оцинковании показали, что в высококоррозионном растворе, использованном для опытов, сталь с новым покрытием корродировала в 3 раза медленнее, чем в случае горячего оцинкования.

Таким образом, коррозионная стойкость и долговечность предложенного покрытия практически одинаковы в сравнении с медным покрытием. Вообще же стойкость применяемого нами покрытия оценивается в пределах 25-50 лет в зависимости от агрессивности окружающей среды.

Оцинкованный заземлитель имеет такую же конструкцию, что и составной заземлитель из омедненных стержней (для соединения стержней используется аналогичная резьбовая муфта), а по долговечности не уступает омедненному. Таким образом, можно сказать, что новый заземлитель обладает следующими преимуществами:

– Значительно упрощен и стал дешевле процесс нанесения защитного токопроводящего покрытия на заземлитель. Нанесение покрытия в виде жидкого состава так же просто, как нанесение краски. Как следствие, расчетная цена нового стержня заземлителя с пористым цинковым покрытием на 40 % ниже омедненного стержня.

– Уменьшилось сопротивление растеканию электрического тока заземлителя, ввиду более развитого контакта его пористого покрытия с грунтом.

– Более широкая область применения заземлителя, допускающая использование его для заземления оборудования, работающего в системе катодной защиты.

Новый заземлитель выбрал лучшие качества известных заземлителей. Так, надежное сцепление с поверхностью стального стержня и пластичность, характерные для медного покрытия, присущи и новому заземлителю. Изгиб стержня заземления ИГУР даже на  $180^\circ$  не вызывает растрескивания и отслоения правильно выполненного покрытия (рис. 3), повторяя известный опыт с омедненными стержнями.



**Рис. 3.** Изгиб стержня заземлителя ИГУР на  $180^\circ$  без растрескивания и отслоения цинкового защитного слоя

### Выводы

– Омеднение и оцинкование являются равнозначными покрытиями, рекомендованными для применения в заземлителях в зависимости от условий их эксплуатации.

– При отсутствии специальных эксплуатационных требований и имея практически равные возможности, предпочтение, как правило, отдается более дешевым и доступным заземлителям.

– В Республике Беларусь разработан и производится вертикальный составной заземлитель с токопроводящим антикоррозионным покрытием на основе цинка, отвечающий требованиям современных отечественных и зарубежных норм.

Урбанович И.Н., к.т.н.  
УП «ИГУР»  
ул. Орджоникидзе, 37  
224016, Брест, Беларусь  
тел./факс (0162) 23-01-74, 23-08-24  
GSM (029) 729-56-98  
e-mail: info@ igur.by  
www.igur.by