

# 14

## ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ нормативных требований к силикатно-эмалевому покрытию труб и соединительных деталей ДЛЯ ОБЪЕКТОВ ТЭК

П.О. Ревин, ОАО «Гипротрубопровод»

Уже несколько десятилетий в нашей стране широко применяются трубы и соединительные детали с силикатно-эмалевым покрытием. Они нашли применение в топливно-энергетическом комплексе при строительстве магистральных и промысловых трубопроводов, в химической промышленности для транспортировки агрессивных жидкостей, и наконец, самое широкое применение они получили в коммунальном хозяйстве для транспортировки питьевой и технической воды.

Среди многообразия антикоррозионных покрытий труб силикатно-эмалевое покрытие занимает особое место. Оно обладает набором совершенно уникальных качеств и вместе с тем рядом очевидных недостатков.

В основополагающем документе ГОСТ Р 51164-98 «Трубопроводы стальные магистральные. Общие требования к защите от коррозии» наружное силикатно-эмалевое покрытие упоминается, однако конкретные технические требования к этому виду покрытия не

приведены. Таким образом, создалась ситуация, в которой силикатно-эмалевое покрытие применяется на объектах топливно-энергетического комплекса, но при этом требования к нему не разработаны и не закреплены на государственном уровне.

В настоящем обзоре представлен анализ результатов испытаний силикатно-эмалевого покрытия. Показатели свойств покрытия были получены на основании лабораторных испытаний образцов разных марок эмали, изготовленных на

нескольких российских заводах. В исследованиях применялись методы, традиционно используемые для испытаний эпоксидных, полиуретановых и полиэтиленовых покрытий, описанные в ГОСТ Р 51164-98.

### МЕТОДЫ НАНЕСЕНИЯ ПОКРЫТИЯ

Силикатно-эмалевое покрытие наносится на поверхность изделий одним из следующих методов:

- «сухим» методом электростатического напыления;
- «мокрым» методом с использованием шликера.

При методе напыления нанесение эмалевого порошка на подготовленную внутреннюю поверхность труб производится пистолетом-распылителем, в который с помощью очищенного воздуха подается эмалевый порошок с одновременным созданием напряжения до 90 кВ. Частицы порошка при коронном разряде приобретают отрицательный электрический заряд, диспергируются в потоке воздуха и оседают на поверхности положительно заряженной трубы. Затем труба подвергается обжигу при температуре 780-920°C.

При «мокрым» методе эмалевый шликер наносит на подготовленную поверхность труб и соединительных деталей методом окунания или методом наполнения вертикально расположенных изделий с последующим сливом излишков. Затем изделие подвергается сушке при температуре 100-150°C обжигу при температуре 780-920°C.

### ИСПЫТАНИЯ ПОКРЫТИЯ

#### • Ударная прочность

Силикатно-эмалевое покрытие обладает весьма низкой ударной прочностью. Как показали испытания, при прямом ударе оно выдерживает удар энергией 1 Дж, что существенно ниже по сравнению с другими антикоррозионными материалами на основе полиолефинов, полиуретанов и эпоксидов.

Таким образом, использование наружного силикатно-эмалевого покрытия сильно затрудняется из-за необходимости соблюдать повышенные меры безопасности при транспортировке и монтаже эмалированных изделий. Особо следует отметить проблему засыпки эмалированных труб твердым грунтом, при которой неизбежно будут возникать повреждения покрытия.

Были проведены исследования на стойкость покрытия при обратном ударе, когда ударному воздействию подвергалась обратная сторона изделия. Обнаружено, что покрытие выдерживает удар энергией 4 Дж без растрескивания и нарушения сплошности. Из этих данных видно, что при транспортировке и

эксплуатации труб и соединительных деталей с внутренним покрытием риск разрушения покрытия будет существенно снижен по сравнению с наружным покрытием.

Тем не менее для труб с силикатно-эмалевым покрытием крайне важно неукоснительное соблюдение правил транспортировки и монтажа. Перемещение и укладка труб должна осуществляться только с использованием специальных захватов или мягких полотенец, исключающих повреждение внутреннего силикатно-эмалевого покрытия. Перевозка труб и соединительных деталей должна осуществляться транспортом, оборудованным специальными приспособлениями, исключающими перемещение изделий и повреждение покрытия.

Особенно жестко правила транспортировки необходимо соблюдать для промышленных труб, поскольку эксплуатация покрытия с трещинами в сероводородсодержащей среде приведет к наводороживанию металла и последующим серьезным авариям.

#### • Диэлектрическая сплошность

Особенностью всех силикатно-эмалевых покрытий является наличие закрытых пор внутри слоя эмали. Они хорошо видны при отслоении верхнего слоя покрытия.

Это связано с особенностью производства покрытия: для оплавления эмали металлическое изделие подвергают нагреву выше 780°C. При этом происходит выделение водорода из структуры металла и образование газовых пузырьков при застывании эмали. Таким образом, любое силикатно-эмалевое покрытие имеет большое количество закрытых и некоторое количество открытых пор. Испытания показывают, что нормативное значение 200 В/мм является достаточно жестким требованием к силикатно-эмалевому покрытию. Для сравнения, у большинства полимерных покрытий оно превышает 20 кВ/мм.

Другим перспективным методом оценки диэлектрических свойств покрытия является определение емкости и тангенса угла диэлектрических потерь при различных частотах переменного тока по ГОСТ 9.509-89 и ГОСТ 9.409-88. Испытания показали малое изменение емкости в зависимости от частоты тока, а также тангенс



Силикатно-эмалевое покрытие при прямом ударе



Силикатно-эмалевое покрытие при обратном ударе



Закрытые поры в силикатно-эмалевом покрытии

угла диэлектрических потерь, близкий к нулю, что свидетельствует о низкой водопроницаемости и малом количестве открытых пор в покрытии.

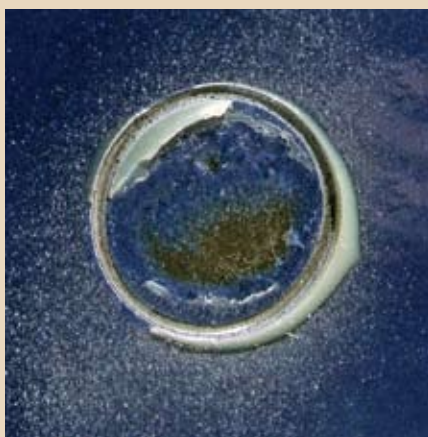
### • Адгезионная прочность

Ввиду особой твердости адгезию силикатно-эмалевого покрытия невозможно оценить экспресс-методом надрезов, как это принято для эпоксидных и полиуретановых покрытий.

Измерение адгезии методом отрыва «грибка», проведенное на эмалях различных марок, показало среднее значение отрыва 5-6 МПа, что сравнимо с требованиями для полимерных покрытий по ГОСТ Р 51164-98. При этом во всех случаях в месте отрыва происходит расслаивание стекла, и характер отрыва формально можно назвать когезионным. Следует отметить, что в месте отрыва на поверхности образца всегда остается слой эмали, спекшийся с металлом, который частично сохраняет свои антикоррозионные свойства. Следует отметить несколько бесспорных преимуществ силикатно-эмалевого покрытия.

• **Низкая шероховатость.** Стандартные измерительные приборы показывают нулевое значение шероховатости силикатно-эмалевого покрытия. Благодаря этому свойству силикатно-эмалевое покрытие может эффективно предотвращать отложение парафина и солей на внутренней поверхности стенок трубы и улучшать гидродинамические характеристики трубопроводов.

• **Высокая стойкость к истиранию.** Испытания на стандартном приборе Taber Abraser по ASTM D 4060 показали практически нулевое уменьшение массы покрытия при истирании. Это свойство особенно полезно для транспортировки жидкостей, где должно быть гарантировано отсутствие меха-



Определение адгезии методом отрыва «грибка»

нических примесей, например для подачи топлива.

• **Стойкость к катодному отслаиванию.** Тест на отслаивание по ГОСТ Р 51164-98 показал, что после 30 суток испытаний при 60°C отслаивание покрытия не наблюдается. Для сравнения, в ГОСТ Р 51164-98 допускается отслаивание полиэтиленового покрытия площадью 4-20 см<sup>2</sup> в зависимости от температуры.

• **Стойкость к воздействию климатических факторов.** Испытания показали высокую стабильность покрытия к шоквым перепадам температур, постоянной и переменной конденсации влаги и воздействию жесткого ультрафиолетового излучения.

• **Стойкость к воздействию агрессивных жидкостей.** Было исследовано воздействие сырой нефти и водных растворов NaCl на силикатно-эмалевое покрытие в широком диапазоне температур. Обнаружено, что в покрытие устойчиво к воздействию сырой нефти, а большинство образцов также устойчиво к растворам соли. Однако в неко-

торых случаях под действием соляного раствора наблюдалось разрушение покрытия.

Анализ отбракованных образцов показал, что причиной является высокая исходная пористость покрытия. Под воздействием жидкой агрессивной среды количество и размер пор резко увеличивается, а на поверхности отбракованных образцов наблюдается обширная точечная коррозия.

В местах точечной коррозии зафиксировано сильное падение диэлектрической сплошности; изменение емкости и тангенса угла диэлектрических потерь измерить не удалось, поскольку в условиях эксперимента образец проявлял свойства не диэлектрика, а проводника.

Здесь важно подчеркнуть, что ухудшение защитных свойств покрытия другими методами не определяется. Так, отслоения покрытия и подслоной коррозии не наблюдается, адгезионная прочность не уменьшается, значение ударной прочности также сохраняется на исходном уровне.

### ВЫВОДЫ

На основании анализа результатов испытаний, перечисленных выше, можно предложить следующие подходы к оценке качества силикатно-эмалевого покрытия.

1. Основными показателями качества исходного покрытия являются адгезионная прочность, прочность при ударе и диэлектрическая сплошность.

2. Стойкость к удару и адгезия определяют исходные прочностные характеристики покрытия. Они определяются технологией нанесения и не меняются в процессе испытаний.

3. Для прогнозирования поведения покрытия в процессе эксплуатации основным экспериментом является испытание на стойкость к постоянному воздействию жидкостей. Например, воздействие нефти и нефтепродуктов, подтоварной воды, технической и питьевой воды, а также других жидких сред, в которых предполагается эксплуатация покрытия.

4. Стойкость покрытия к воздействию жидкостей в первую очередь определяется его пористостью, поэтому основным методом контроля после испытаний в жидкостях является измерение диэлектрической сплошности.

Таким образом, использование труб и соединительных деталей с силикатно-эмалевым покрытием имеет большие перспективы при правильном выборе методов контроля качества покрытия и жесткого соблюдения правил транспортировки и монтажа.