

УДК 666.293:620.197

К.В. Казак¹, e-mail: emal56@bk.ru; А.К. Казак¹, e-mail: emal56@bk.ru¹ ООО «Эмаль-Ставан» (Екатеринбург, Россия).

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА СОЗДАНИЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СИЛИКАТНО-ЭМАЛЕВЫХ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ

Силикатные эмали позволяют создавать на металлоизделиях защитные покрытия с заданным комплексом технологических параметров и эксплуатационных свойств. Предлагаемые составы эмалей установлены на основании экспериментальных данных и теоретического анализа системы «эмаль – металл», которую можно рассматривать как новый композиционный материал. Изучение физико-химических и механических свойств различных составов предлагаемых эмалей позволило определить технологические параметры производства эмали и ее характеристики (изменение температуры плавления и обжига, микро- и макроструктуры и др.), регулируя которые в процессе синтеза можно получать эмали с заданным химическим составом и требуемым комплексом механических и эксплуатационных свойств эмалевого покрытия. В статье представлены результаты разработки новых составов многофункциональных силикатных эмалей и способа их получения, а также опыт производства и внедрения. Предложена конструкция электрической печи непрерывного действия для варки эмалей, обеспечивающая постоянство состава и более высокое качество эмали, непрерывность технологического процесса и сокращение времени варки, отсутствие уноса легких пылевидных частиц шихты и резкое сокращение потерь компонентов эмали, упрощение схемы автоматизации процесса варки и обслуживания печи.

Ключевые слова: силикатная эмаль, фритта, защитное покрытие, плавильная печь.

Современный уровень производственных процессов требует все более высокого выхода конечных продуктов. Для интенсификации технологических процессов применяются высокие температуры и давление, особо агрессивные среды, высокие скорости газовых и жидкостных потоков, воздействие электрических и магнитных полей, ионизирующих излучений, интенсивное трение и перемешивание. Конструкционные материалы, применяемые при экстремальных условиях эксплуатации, должны быть работоспособными и надежными. Лучшие из известных металлических сплавов, обладая необходимыми показателями механической прочности, не

всегда удовлетворяют запросам производства с точки зрения химической устойчивости в агрессивных средах. Керамические и стеклообразные материалы не обладают необходимыми физико-механическими свойствами, а органические и полимерные неустойчивы при высоких температурах.

В то же время дальнейшее развитие нефтегазовой промышленности невозможно без создания конструкционных материалов, пригодных для работы в экстремальных условиях. Разработка таких материалов не может вестись без одновременного создания методов защиты их от воздействия негативных факторов.

Принципиальным решением вопроса об эксплуатационной надежности конструкционных материалов является создание функциональных покрытий. Покрытие представляет собой слой или пленку материала, отличного по химическому составу от материала основы (подложки) и несущего на себе функцию, не характерную для основы. Таким образом, изделие, представляющее композицию из подложки и покрытия, является перспективным направлением неорганического материаловедения: сохраняя конструкционную прочность подложки, оно обладает работоспособностью в экстремальных условиях благодаря покрытию [1].



ПОКРЫТИЯ МОГУТ НЕСТИ РАЗЛИЧНЫЕ ФУНКЦИИ:

- ограничивать химические процессы окисления и коррозии или замедлять диффузионные процессы;
- улучшать механические свойства подложки, повышать ее стойкость к эрозии и истиранию;
- придавать подложке новые электрические и магнитные свойства путем создания электропроводящих, электроизолирующих, магнитных или антимагнитных слоев;
- управлять процессом переноса тепла за счет увеличения или уменьшения теплопроводности.

Эти и многие другие уникальные функции были использованы при разработке новых составов силикатно-эмалевых покрытий [2].

Опыт эксплуатации показал, что из существующих видов покрытий металлических изделий в целях защиты от коррозии наиболее надежными и универсальными являются силикатно-эмалевые покрытия, сочетающие прочностные свойства металла с высокой защитной функцией силикатных эмалей. Силикатно-эмалевое покрытие отличается высокой химической, термической,

коррозионной и абразивной стойкостью, не допускает отложений на стенках труб, надежно работает при температурах от -50 до 650 °С, обеспечивая защиту трубопроводов от внутренней коррозии при транспортировке агрессивных продуктов (включая кислоту и щелочь при соответствующем составе эмали), а также уменьшает гидравлическое сопротивление трубопроводов, увеличивая их пропускную способность.

Защитные силикатно-эмалевые покрытия отнесены к усиленному типу и обеспечивают противокоррозионную защиту трубопроводов в течение не менее 50 лет. Использование труб с силикатно-эмалевым покрытием – эффективный способ борьбы с коррозией, поскольку эмаль надежно защищает металл от контакта с коррозионной средой. С технической точки зрения эмалирование представляет собой процесс адгезии силикатной эмали с поверхностью металла в результате сложного физико-химического процесса. Прочность сцепления получаемого композитного материала превосходит прочность самой эмали. Это создает кроме

устойчивости к коррозионному воздействию высокие прочностные показатели, особенно прочность на изгиб, кручение и механическое воздействие. Кроме того, гладкое эмалевое покрытие препятствует всевозможным отложениям в процессе эксплуатации.

Анализ повреждаемости большинства деталей, трубопроводов и оборудования, эксплуатируемых при нестационарном тепловом и механическом нагружении, свидетельствует о том, что их преждевременный выход из строя обусловлен главным образом процессами, происходящими в поверхностных слоях. Такие детали, как насосы, трубопроводы и их комплектующие различного назначения, эксплуатируются в условиях контакта со скоростными потоками при повышенных напряжениях и, зачастую, температурах, порой с высоким содержанием абразивных частиц. Поверхностный слой этих деталей после определенной наработки имеет большое количество микроскопических очагов разрушения [3], хотя, по расчетным данным, материалы должны иметь еще достаточно высокие прочностные свойства.

Проблема повышения надежности трубопроводов и оборудования, предназначенных для транспортировки коррозионной и абразивной среды, в ряде случаев успешно решается за счет применения труб и насосов с внутренним защитным покрытием.

При использовании эмалевых покрытий защита рабочей поверхности определяется такими свойствами силикатных эмалей, как отсутствие пор, гладкость, твердость, устойчивость к царапинам и истиранию. Немаловажными характеристиками являются также гигиенические и противобактериальные свойства эмалей, физиологическая безвредность. Экспериментальными исследованиями ученых Российского государственного университета (НИУ) нефти и газа имени И.М. Губкина и Пензенской государственной архитектурно-строительной академии установлено, что при использовании внутреннего силикатно-эмалевого покрытия гидравлическое сопротивление и потери давления по сравнению с трубой без покрытия уменьшаются в 1,5 раза. Это позволяет уменьшать диаметр трубопроводов и снижать их металлоемкость в 1,2 раза.

Для высокоэффективного эмалировочного производства требуются эмали с определенными физико-химическими свойствами. Получение их зависит не только от постоянного химического состава, но и от условий варки, теплового режима, выдержки и других параметров. Наиболее устойчивые тепловые режимы можно получить в ваннах электроплавильных печей

непрерывного действия прямого сопротивления.

Опыт варки эмалей показал, что непрерывный технологический процесс является наиболее производительным и экономичным.

СПЕЦИАЛИСТАМИ ООО «ЭМАЛЬ-СТАВАН» РАЗРАБОТАНА И ИЗГОТОВЛЕНА НОВАЯ ПЕЧЬ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩАЯ:

- постоянство состава и высокое качество эмали;
- непрерывность технологического процесса;
- снижение удельного расхода тепла;
- упрощение схемы автоматизации процесса варки и обслуживания печи;
- ускорение процесса варки и улучшение удельных показателей работы печи благодаря созданию требуемого теплового режима в соответствии с технологическим процессом варки эмали и возможности его изменения в необходимых пределах;
- отсутствие топливного хозяйства и топливоподачи, воздушных и дымовых каналов, дымохода с дымовой трубой;
- упрощение схемы автоматического регулирования теплового режима в печи;
- отсутствие уноса легких и пылевидных частиц шихты и резкое сокращение потерь компонентов эмали за счет избирательной летучести.

Процесс варки эмалей в электрических печах сводится к определению электрических, магнитных, температурных и скоростных полей

в расплаве шихты при воздействии на него переменного электромагнитного поля и наличия непрерывной выработки расплава. При непрерывной плавке предусмотрена грануляция расплава силикатной эмали в охлаждаемых валках с последующим измельчением до чешуек толщиной 0,8–1,2 мм, в результате чего получается чистый и сухой материал с сохранением заданных свойств.

Применение полученных фритт дает возможность изменять состав композиции (эмали) практически в неограниченных пределах, причем с использованием очень чистых материалов (модификаторов). Особенности технологии при эмалировании обеспечивают возможность введения в состав покрытия микролегирующих добавок и исключают негативное влияние элементов защищаемых металлоизделий [4].

Целенаправленное формирование на поверхности деталей многокомпонентного защитного слоя контролируемого состава с заданными свойствами для конкретных условий эксплуатации позволяет решить задачу защиты поверхности при контактном динамическом нагружении. При этом придание защитному слою специальных служебных свойств во многом зависит от метода нанесения покрытий и их структурного модифицирования [5]. Полученные научные результаты легли в основу разработки серии новых составов силикатных эмалей для защитных покрытий, которые после опытно-промышленной апробации находят широкое применение в различных отраслях.

Литература:

1. Лазуткина О.Р., Фарафонов Е.П., Ворошилова И.Г. Анализ микроструктуры слоя сцепления на границе сталь – силикатно-эмалевое покрытие // Стекло и керамика. 2015. № 12. С. 23–26.
2. Казак К.В., Диденко В.В. Создание наноконпозиционных многофункциональных силикатно-эмалевых покрытий: от теории к практике // Приоритетные научные направления: от теории к практике. 2013. № 3. С. 76–80.
3. Лазуткина О.Р. Техническое эмалирование. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co., 2011. 65 с.
4. Казак К.В., Диденко В.В. Наноструктурное модифицирование силикатно-эмалевых защитных покрытий // Коррозия «Территории «НЕФТЕГАЗ». 2016. № 1 (33). С. 48–50.
5. Казак А.К., Диденко В.В. Промышленно развитые способы нанесения защитных покрытий // Сб. трудов VII Междунар. науч.-техн. конф. «Разработка, производство и эксплуатация турбо-, электронасосных агрегатов и систем на их основе» – «СИНТ13». Воронеж, 2013.