

УДК 666.293.4

К.В. Казак¹, e-mail: emal56@bk.ru; А.К. Казак¹¹ ООО «Эмаль-Ставан» (Екатеринбург, Россия).

ВЛИЯНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ МЕТАЛЛОВ НА КАЧЕСТВО ЭМАЛИРОВАНИЯ

Формирование эмалевых покрытий основано на реакциях взаимодействия металла с эмалью и диффузии на границе раздела. Поэтому металлические изделия перед эмалированием подвергаются различным обработкам, направленным на изменение состояния их поверхности и внутренней структуры, в особенности тонкой.

Магистральные и промышленные нефтегазопроводы зачастую работают в экстремальных климатических и природно-геологических условиях, контактируя с коррозионно-агрессивными продуктами. Разрушение трубопроводов сопровождается значительными материальными потерями и экологическими катастрофами. Предприятия нефтегазовой отрасли сталкиваются с острой проблемой необходимости защиты металла от коррозии, причем наличие агрессивных сред и тяжелых условий эксплуатации лишь обостряет эту проблему. В идеале система защиты от коррозии должна выбираться еще на стадии проектирования с учетом назначения, срока службы и требований к обслуживанию металлоконструкций.

Механизм коррозионного повреждения трубопроводных систем, эксплуатирующихся на месторождении, в значительной степени зависит от химического состава и структурного состояния металла. Изменение внутреннего состояния матрицы приводит к смене механизма коррозионного повреждения.

Исследования влияния структурного состояния, типа, количества и морфологии выделений неметаллических избыточных фаз на коррозионную стойкость ряда групп низколегированных сталей позволили прийти к следующему заключению: для повышения стойкости к атмосферной и другим видам коррозии необходимо обеспечить присутствие в стали выделений карбидных, карбонитридных и других избыточных фаз сравнительно больших размеров (0,1÷0,5 мкм), приводящих к упрочнению стали по механизму измельчения зерна, а также исключить возможность выделения более мелкодисперсных (наноразмерных) частиц, вызывающих дисперсионное твердение.

Это достигается путем выбора химического состава, температурно-деформационного или термического режима обработки стали.

Ключевые слова: металл, свойство, физико-химический процесс, техническое требование, термическая обработка, микроструктура металла, эмалевое покрытие, оксидная пленка.

Выпуск высококачественных эмалированных изделий невозможен без строгого соблюдения требований к качеству металлических заготовок и их обработки на всех этапах получения покрытий. При этом без качественного металла и его подготовки невозможно стабильно получать высококачественные из-

делия с эмалевым покрытием даже при условии тщательно отработанной технологии нанесения покрытий, состава эмали и технологии ее формирования.

Металл для эмалирования должен обладать комплексом физико-химических и механических свойств, отвечать определенным требова-

ниям структуры и химического состава. Последующая химическая и термическая обработка металла изменяет его качества, оказывая значительное влияние на формирование эмалевого покрытия и, соответственно, служебные качества эмалированных изделий, аппаратов и оборудования.



ПРЕВРАЩЕНИЯ СТАЛЕЙ, ВЛИЯЮЩИЕ НА КАЧЕСТВО ЭМАЛЕВОГО ПОКРЫТИЯ

Металл для эмалирования применяется в основном в виде изделий из проката, реже литья, формованного холодной или горячей штамповкой и вытяжкой. Часть деталей (изделий) подвергается сварке. При этом металл должен быть высокопластичным, мягким, с высокой теплопроводностью. По своему составу сталь относится к многокомпонентным сплавам, испытывающим сложные превращения в твердом состоянии при на-

греве и охлаждении. Ее структура и свойства существенно изменяются под влиянием термической обработки. В процессе обжига эмалей стальные изделия нагреваются до высоких температур. Превращения, которые при этом происходят в металле, оказывают значительное влияние на формирование эмалевого покрытия и в дальнейшем на служебные качества эмалированных изделий и аппаратов [1].

При нагреве до критической точки A_{C3}

Для получения качественного эмалевого покрытия большое значение имеет превращение стали, отвечающее критической точке A_{C3} для чистого железа, которое плавится при температуре 1535 °С. Температура, соответствующая достижению этой критической точки, равна 911 °С, а с повышением содержания углерода более 0,1 % снижается до 865 °С. Сталь, нагретая выше A_{C3} , полностью пре-

вращается в аустенит. При последующем охлаждении происходит перекристаллизация и устраняются дефекты в структуре стали, имевшиеся до нагрева: текстурированность, вызванная влиянием прокатки, неравномерность зерна, связанная с неправильной предварительной обработкой стали, в том числе с перегревом.

Однако обжиг эмали в области аустенитного состояния стали имеет весьма существенные недостатки в результате насыщения стали водородом и сильной деформации изделия. Поэтому необходимо проводить обжиг ниже точки A_{C3} , для чего применять более легко-



АДАПТИВНАЯ СТАНЦИЯ КАТОДНОЙ ЗАЩИТЫ «АСКЗ-ТМ»



ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ:

- Удобный ввод и надежные зажимы подключения внешних цепей.
- Интуитивно понятный способ управления с OLED-индикатором.
- Функции самодиагностики по всем модулям изделия.
- Адаптивные алгоритмы управления.
- Режим горячего резервирования силовых модулей.
- Встроенная система телемеханики по каналу GSM с интеграцией в существующий пульт управления.
- Удобное одностороннее обслуживание при монтаже и эксплуатации.

Служба технической поддержки:
8-800-250-01-04
(звонок по России бесплатный)
support@ssoft24.com

since 2004
SERVICE SOFT
ИННОВАЦИИ ВАШЕГО БИЗНЕСА
neftegas.ssoft24.com

ГК «СервисСофт»

300004, г. Тула, ул. Щегловская засека, д. 30
Отдел продаж:
+7 (4872) 70-05-82, 55-26-44
sales@ssoft24.com

плавкие эмали или использовать специальные стали.

Обусловленные изменением растворимости углерода в феррите

На качество эмалевого покрытия также существенно влияют превращения в стали, происходящие при более низких температурах, когда эмаль переходит в хрупкое состояние. Эти превращения связаны с изменением растворимости углерода в феррите, которая падает с понижением температуры.

Несмотря на незначительную растворимость углерода в феррите при температуре 700 °С (около 0,02÷0,03 %), свойства стали заметно изменяются при последующем распаде феррита и выделении избыточного цементита.

Если охлаждение до температур ниже 700 °С проходит быстро, начинается процесс распада феррита (старение). При этом повышается прочность и твердость, понижаются пластичность и вязкость стали. При последующем нагреве стали до 200 °С наблюдается возврат всех свойств к исходному состоянию.

Если охлаждение стали до температур ниже 700 °С происходит медленно, старения не наблюдается. Специальные стали, содержащие элементы-стабилизаторы (титан, ниобий), старению не подвержены.

Обусловленные содержанием Fe_3C , CO и Cr

Для эмалировочной стали большое значение имеет также характер структуры соединения цементита (карбида железа Fe_3C), который стабилен при температурах более 850 °С, а при более низких очень медленно распадается на Fe и C. В технологических процессах необходимо считаться с нестабильным Fe_3C .

Особенно важной является стабильная система Fe–C', где в эвтектике C' наряду с γ -твердым раствором возможно появление не Fe_3C , а графита. В чистой системе Fe–C' это едва ли может быть достигнуто



за счет медленного отжига, но легко достигается за счет легирующих добавок (например, Si).

Углерод в стали является причиной разнообразных дефектов эмалевых покрытий, поэтому предпочтительно применять для эмалирования металл с возможно низким содержанием углерода или регулируемым его содержанием, чего не всегда удается добиться окислением углерода в расплавленной стали. Равновесие или реакция между элементами Fe–C–O и образующимся оксидом углерода CO очень важны для стали и стального литья. В расплавленной стали CO остаются растворенными в известном количестве, а именно при давлении 10^5 Па производство % C' × % O при 1550 °С составляет 0,002. Поскольку растворимость кислорода при этой температуре составляет 0,23 %, обезуглеродить сталь кислородом ниже 0,009 % невозможно. Для получения низкоуглеродистого проката расплавленную сталь нужно вакуумировать для удаления имеющегося CO или нагреть свободный листовой прокат в защитной атмосфере влажного газа $N_2 + H_2$.

Обезуглероживание α -железа протекает в несколько стадий, из которых самой быстрой является реакция $C + H_2O \leftrightarrow CO + H_2O$.

Содержание кремния способствует тому, что цементит совершенно отсутствует или встречается в незначительном количестве. Эвтектика между железом и графитом

изменяется в направлении низкого содержания углерода, и область стабильного γ -твердого раствора сужается.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты однозначно свидетельствуют о том, что содержание в стали легирующих, микролегирующих и примесных элементов должно быть взаимно согласовано и присутствовать в определенных пределах для обеспечения высокого и стабильного комплекса механических свойств, коррозионной стойкости и других служебных характеристик эмалированного изделия [2].

В настоящее время актуальной является проблема создания сквозных моделей или схем производства металлоизделий, позволяющих вносить корректировки в технологический процесс последующего передела металла в зависимости от результатов выполнения предыдущего с учетом назначения и условий эксплуатации изделия.

Таким образом, создание силикатно-эмалевых защитных покрытий требует построения адекватных физико-химических моделей сквозных технологических схем, позволяющих контролировать свойства металла.



Литература:

1. Литвинова Е.И. Металл для эмалирования. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Металлургия, 1987. 279 с.
2. Технология эмали и защитных покрытий: Учебное пособие/Под ред. Л.Л. Брагиной, А.П. Зубехина. Харьков: НТУ «ХПИ»; Новочеркасск: ЮРГТУ (НПИ), 2003. 484 с.