

УДК 620.197

## АНАЛИЗ РАЗРУШЕНИЙ МАГНИЕВЫХ ПРОТЕКТОРНЫХ СПЛАВОВ

***Н.Г. Кац, Д.В. Коноваленко, С.В. Васильев***

Самарский государственный технический университет  
Россия, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

*Рассмотрены вопросы применения магниевых сплавов в качестве протекторов. Представлены характеристики магниевых сплавов для защиты нефтяных резервуаров от коррозионного разрушения. Показан общий вид протекторов до установки их в резервуар и после эксплуатации в промышленных условиях. Представлены характеристики используемой подложки пассиватора. Приведены результаты испытания по определению характеристик покрытия. Даны рекомендации по определению материального исполнения протекторов, их типоразмеры и область применения в зависимости от способа хранения нефтепродукта. Сделаны выводы о применении пассиваторов для установки протекторной защиты.*

***Ключевые слова:*** резервуар, протекторная защита, пассиватор, полимерное покрытие.

Метод электрохимической защиты изобретен и впервые применен в 1824 г. в Англии для защиты обшивки судов от коррозионного разрушения [1]. Принцип метода основан на том, что коррозионное разрушение прекращается, если к защищаемому металлу приложить постоянный электрический ток от внешнего источника постоянного тока.

Такой способ дорогостоящий и трудно применим в пожаро- и газоопасных средах. Гораздо проще в качестве защиты использовать способ контактной коррозии, при котором к защищаемому металлу подсоединяется более электроотрицательный металл (например, магний, цинк, алюминий и т. д.).

Любой металл структурно неоднороден, в результате чего образуются гальванические пары. При взаимодействии металла с раствором электролита гальванические пары замыкаются и происходит коррозионное разрушение, в результате которого более электроотрицательные участки (аноды) растворяются, так как с них стекает ток во внешнюю среду, а более электроположительные участки (катоды) поддерживают протекание этого процесса, так как ток втекает в них из внешней среды.

Механизм действия протекторной защиты [1, 2] заключается в превращении всей поверхности металла в общий неразрушающий катод, а анодом будет являться более электроотрицательный металл, подсоединенный к защищаемой конструкции, который часто называют «жертвенным анодом» или чаще протектором. Электрический ток в этом случае получается вследствие работы гальванической пары протектор – металл.

Протекторная защита реализуется совместно с применением различных

---

*Николай Григорьевич Кац (к.т.н., доц.), доцент кафедры «Машины и оборудование нефтегазовых и химических производств».*

*Денис Владимирович Коноваленко, старший преподаватель кафедры «Машины и оборудование нефтегазовых и химических производств».*

*Сергей Владимирович Васильев, ведущий инженер.*

стойких лакокрасочных покрытий, которые называют пассиваторами [3]. Лакокрасочное покрытие наносится в несколько слоев (обычно от трех до пяти), что обеспечивает снижение расхода протекторов и увеличивает срок их службы, равномерно распределяя защитный ток по поверхности конструкции с учетом неравномерности дефектов покрытия как при монтаже протекторов, так и при эксплуатации покрытия. Покрытие со временем может набухать, отслаиваться и становится проницаемым. Вот почему для более эффективного применения протекторной защиты лучше всего между поверхностью протекторов и защищаемым металлом устанавливать прокладку, хотя протекторы могут обеспечить защиту металла и без лакокрасочного покрытия. В этом случае необходимо накладывать высокую плотность тока, т. е. увеличивать количество протекторов, что не всегда экономически эффективно. Кроме того, чрезмерное количество протекторов может привести к «перезащите», что связано с выделением водорода и, как следствие этого, изменением состава приэлектродного слоя, и ускорению коррозии защищаемого металла вследствие водородного охрупчивания и коррозионного растрескивания.

Наиболее эффективным зарекомендовало себя покрытие Tematar TFA фирмы «Тиккурила», Финляндия [4]. Были проведены испытания на стальных пластинах размером 150×70×3 мм с покрытием толщиной от 275 до 370 мкм. Определялись защитные и физико-механические характеристики свойств покрытия.

Образцы выдерживались в 3%-м растворе  $NaCl$  при температуре 20, 40 и 60 °С и в нефти при температуре 60 °С в течение 1000 часов.

После испытания методом Х-образового надреза адгезионная прочность оценивается не ниже 3-го балла, а методом отрыва – не ниже 4-го балла, причем адгезионный отрыв – 5–10 %, межслоевой – 30–50 % и когезионный – 50–90 %. Для образцов наблюдалось снижение относительного удлинения при разрыве не более чем на 30 %. Состояние металла под покрытием после выдержки в указанных средах остается без изменения, коррозия отсутствует.



Рис. 1. Общий вид протектора ПРМ-20 до эксплуатации

В качестве протекторов можно использовать чистый цинк, который растворяется неравномерно из-за крупнозернистой дендритной структуры, чистый алюминий, который покрывается плотной оксидной пленкой, чистый магний, который имеет высокую скорость собственной коррозии. Вот почему для прида-

ния протекторам необходимых эксплуатационных свойств в их состав вводят легирующие элементы в различных процентных соотношениях (см. таблицу).

Внешний вид протектора магниевого резервуарного массой 20 кг (ПМР-20) представлен на рис. 1.

Такие протекторы используются для защиты днища и первого пояса резервуара для хранения нефти, когда подтоварная вода скапливается внизу на высоте 1–2 м. Однако использование протектора ПМР-20 целесообразно только при содержании солей в дренажной воде более 0,3 %, в противном случае коррозия настолько низкая, что не вызывает серьезных разрушений поверхности металла, и тогда применение протекторов нецелесообразно [5, 6]. Область эксплуатации таких протекторов определяется  $pH$  среды, равной 9,5–10,5.

**Химический состав магниевого протектора ПМР-20**

<i>Mg</i>	<i>Fe</i>	<i>Ni</i>	<i>Si</i>	<i>Al</i>	<i>Ti</i>	<i>Mn</i>	<i>Zn</i>	<i>Cu</i>
Основа	0,006	0,0024	0,017	5,7	0,001	0,23	2,7	0,0013
Основа	0,008	0,0008	0,008	5,8	0,001	0,17	2,5	0,0017

На рис. 2 представлен общий вид протектора ПМР-20 после пяти лет эксплуатации в среде с содержанием солей более 0,3 %.



Рис. 2. Общий вид протектора после пяти лет эксплуатации

Как видно, после указанного срока службы внешний вид протектора резко изменился (см. рис. 1, рис. 2). На его поверхности образовались элементы оксидных отложений – по-видимому, это оксиды магния. Хотя поверхность (см. рис. 2) покрыта не только отложениями белого цвета, похожими на оксиды магния, но и более темными элементами – возможно, это остатки нефтяных продуктов.

Характер разрушения не такой, как это описано в научно-технической литературе. Видно, что протектор растворяется не в верхней части в месте его утоньшения, а в нижней части (рис. 3), там, где было нанесено три слоя покрытия. По-видимому, необходимо либо увеличить количество слоев покрытия, либо дополнительно изолировать протектор от металла при помощи, например, паронитовой прокладки толщиной 3–4 мм.



Рис. 3. Принцип растворения протектора ПРМ-20

#### **Выводы**

1. Покрытие Tematar TFA может успешно использоваться как пассиватор при установке протекторов в резервуарах.

2. Для повышения эффективности протекторной защиты необходимо использовать большое количество слоев лакокрасочного покрытия, хотя бы в месте установки протекторов, или дополнительно изолировать протектор от защищаемой конструкции.

3. Необходимо более подробно оценивать образования отложений после эксплуатации протекторов, что поможет повысить срок их эксплуатации.

#### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. *Кац Н.Г.* Химическое сопротивление материалов и защита оборудования нефтегазопереработки от коррозии: Учеб. пособие / Н.Г. Кац, В.П. Стариков, С.Н. Парфенова. – М.: Машиностроение, 2011. – 436 с.
2. Инструкция по протекторной защите резервуаров РВС от коррозии. Уфа-Бугульма // РД 39-0147585-93. – 1993. – 38 с.
3. Руководство для подготовки инспекторов по визуальному и измерительному контролю качества окрасочных работ. – Екатеринбург: Оригами, 2009. – 202 с.
4. Заключение по испытанию покрытия Tematar TFA фирмы «Тиккурила», Финляндия. ООО «НИИ по строительству и эксплуатации объектов ТЭК», ООО «Институт ВНИИСТ», 2009.
5. *Кац Н.Г.* Оценка работоспособности полимерных и лакокрасочных покрытий // Вестник Самарского государственного технического университета. Сер. Технические науки. – 2015. – № 2 (46). – С. 180-183.
6. *Коныгин С.Б., Коноваленко Д.В., Кац Н.Г.* Модель распределения потенциала в резервуаре с протектором // Вестник Самарского государственного технического университета. Сер. Технические науки. – 2015. – № 1 (45). – С. 185-188.

*Статья поступила в редакцию 5 октября 2015 г.*

## THE ANALYSIS OF THE MAGNESIUM PROTECTOR ALLOYS DESTRUCTION

*N.G. Kats, D.V. Konovalenko, S.V. Vasilyev*

Samara State Technical University  
244, Molodogvardeyskaya st., Samara, 443100, Russian Federation

*The paper deals with using magnesium alloys as protectors. The characteristics of the magnesium alloys used for tank corrosion protection are provided. The general views of protectors before installing them into the tank and after utilization are presented. The characteristics of the used passivator base are offered. The results of the coating characteristics determination testing are shown. The paper also gives recommendations on the determination of the tank protector materials, their dimensions and their usage sphere depending on the oil storage method. The authors come to the conclusions about using passivators for corrosion protection.*

**Keywords:** *reservoir, cathodes protection, secondary raw alloys.*

---

*Nikolay G. Kats (Ph.D. (Techn.)), Associate Professor.  
Denis V. Konovalenko, Senior Lecture.  
Sergey V. Vasilyev, Leading Engineer.*