

ЗАЩИТА ОТ ЭЛЕКТРОКОРРОЗИИ УПЛОТНИТЕЛЬНОГО КОЛЬЦА ТРУБОПРОВОДА ПЛАЗМЕННЫМ АЗОТИРОВАНИЕМ

© С.И. Аганаев¹, Н.В. Вулых²

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, Российская Федерация, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Рассмотрены виды коррозии трубопроводной арматуры. Установлено, что наибольшему воздействию коррозии подвержены подвижные элементы уплотнений, в том числе уплотнительные кольца. Рассмотрены методы улучшения свойств поверхностного слоя деталей машин, основанных как на химических, так и на механических способах воздействия. Установлено, что наиболее эффективным, в плане защиты от электрокоррозии, является технология плазменного азотирования в среде пульсирующей плазмы. Представлено влияние времени травления на коррозионную стойкость образцов, а также времени азотирования на поверхностную микротвердость образцов из стали 12Х18Н10Т.

Ключевые слова: коррозия, трубопроводная арматура, уплотнительное кольцо, плазменное азотирование, микротвердость.

PROTECTION AGAINST ELECTROCORROSION OF THE SEALING RING OF THE PIPELINE PLASMA NITRIDING

© S. Aganaev, N. Vulykh

Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russian Federation

Types of corrosion of pipeline fittings are considered. It is established that mobile elements of consolidations, including sealing rings are subject to the greatest impact of corrosion. Methods of improvement of properties of a blanket of details of the cars based both on chemical and on mechanical ways of influence are considered. It is established that the most effective, in respect of protection against electrocorrosion, the technology of plasma nitriding in the environment of the pulsing plasma is. Influence of time of nitriding on the superficial microhardness of samples from steel 12X18H10T is presented.

Keywords: corrosion, pipeline fittings, sealing ring, plasma nitriding, microhardness

ВВЕДЕНИЕ

Уплотнения арматуры выполняют важнейшую функцию, так как ее герметичность определяет надежность трубопроводной арматуры. Работоспособность уплотнительных элементов в значительной степени определяется свойствами материалов, из которых они изготовлены.

Износ трубопроводов, арматуры, их фланцевых и резьбовых соединений под воздействием механических нагрузок, температурных и атмосферных изменений, коррозии и эрозии может привести к серьезным авариям [1, 2]. Наиболее интенсивному износу подвержены подвижные элементы уплотнений [3]. Так, в очень сложных условиях функционируют уплотнительные кольца в самом распространенном типе трубопроводной арматуры – задвижках, при каждом открывании-закрывании запорного органа в котором имеет место интенсивное трение уплотнительных поверхностей затвора.

Металлические подземные сооружения на территориях промышленных предприятий (трубопроводы различного назначения, емкости жидких продуктов и топлива, арматура железобетонных подземных конструкций и фундаментов и т.д.) подвергаются почвенной коррозии и электрокоррозии блуждающими токами.

Коррозия под действием блуждающих токов (электрокоррозия) обычно наблюдается на подземных сооружениях и вызывается подземными токами, создающимися в результате работы электрических железных дорог, трамвайных линий, а также других агрегатов, питающихся током. Происходит частичная утечка тока, который блуждает по грунту и находящимся в нем металлическим сооружениям (газопроводы, нефтепроводы, трубы водопроводной сети и т.п.). Почвенная электрокоррозия обусловлена тем, что в грунте имеются растворы солей, кислот и щелочей, т. е. электролиты, которые образуют гальванические пары при взаимодействии с металлом подземных сооружений. В силу неоднородности грунта э. д. с. гальванических пар неодинаковы и их разность вызывает уравнивательные токи, проходящие по отдельным участкам подземных сооружений и замыкающиеся по соот-

¹ Аганаев С.И., магистрант гр. МТм-16 кафедры машиностроительных технологий и материалов, e-mail: aganaev.s@mail.ru

Sergey I. Aganaev, Undergraduate group МТм-16 of the Department of Machine -Building Technologies and Materials, e-mail: aganaev.s@mail.ru

² Вулых Н.В., кандидат технических наук, доцент кафедры машиностроительных технологий и материалов, e-mail: vulix2011@yandex.ru

Nikolai V. Vulykh, Candidate of technical sciences, Associate Professor of the Department of Machine -Building Technologies and Materials, e-mail: vulix2011@yandex.ru

ветствующим участкам грунта. Количественно коррозионный эффект от блуждающих токов намного превосходит эффект почвенной электрокоррозии [4]. Электрокоррозии в первую очередь подвержен участок, где поверхность металла была обработана, т.е. отшлифована, срезана, высверлена (снят верхний слой металла). Как правило, поверхность трубы защищена ржавчиной, и ток через нее не проходит. Уплотнительное кольцо, нередко изготавливаемое из стали 12Х18Н10Т [5], обработано механически, и оно подвергается электрокоррозии в первую очередь.

В настоящее время существуют различные методы улучшения свойств поверхностного слоя деталей машин, основанных как на химических, так и на механических способах воздействия [6,7]. Азотирование является одним из наиболее популярных способов доведения металлических деталей до наилучших показателей сопротивления изнашиванию, как при изготовлении деталей машин, так и для режущих инструментов. Кроме того, полученные в результате насыщения азотом поверхностные слои имеют высокую сопротивляемость коррозии. Важно отметить, что в отличие от цементации и нитроцементации размеры азотируемых деталей не изменяются, что позволяет применять данный метод обработки для стальных изделий, которые уже прошли термообработку и отшлифованы до требуемых геометрических параметров. Также поверхностный слой изделия, подвергнутый азотированию, сохраняет свою твердость при нагреве до температуры 550–600 °С, в то время как после цементации твердость поверхностного слоя может начать снижаться уже при нагреве изделия свыше 225 °С [8]. Прочностные характеристики поверхностного слоя стали после азотирования в 1,5–2 раза выше, чем после закалки или цементации. Таким образом, азотирование стало ключевым процессом обработки деталей в машиностроении, станкостроении и в других сферах. Антикоррозионное азотирование также широко применяется в машиностроении. Толщина антикоррозионного диффузионного слоя варьируется от нескольких микрометров до десятков мкм [8].

Однако традиционное азотирование, а именно – газовое азотирование в печи, имеет недостатки, состоящие в формировании низкого класса чистоты обработанной поверхности, дороговизне и длительности проведения процесса и др. Так, при температурах в 500°С азот проникает лишь на 0,01 мм (или менее) за каждый час. Исходя из этого, общее время процесса порой доходит до 60 часов. Данный недостаток отсутствует в плазменном азотировании в среде пульсирующей плазмы [8].

Задачей работы является исследование формирования нитридного слоя на деталях трубопроводной арматуры в целях защиты от электрокоррозии путем современной обработки плазменным азотированием в среде пульсирующей плазмы.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Образцы для плазменного азотирования изготовлены из сталей 12Х18Н10Т. Коррозионную стойкость образцов определяли как уменьшение массы металла на единицу поверхности в единицу времени, при травлении в среде 3%-го раствора NaCl. Микротвердость образцов до и после обработки определяли на микротвердометре ПМТ-3М при нагрузке 50 г. Плазменное азотирование выполняли на установке типа УВНИПА, схема которой представлена на рис. 1. Конструкция установки предусматривает возможность нанесения покрытий на разнообразное основания, от плоских подложек до режущего инструмента сложной формы.

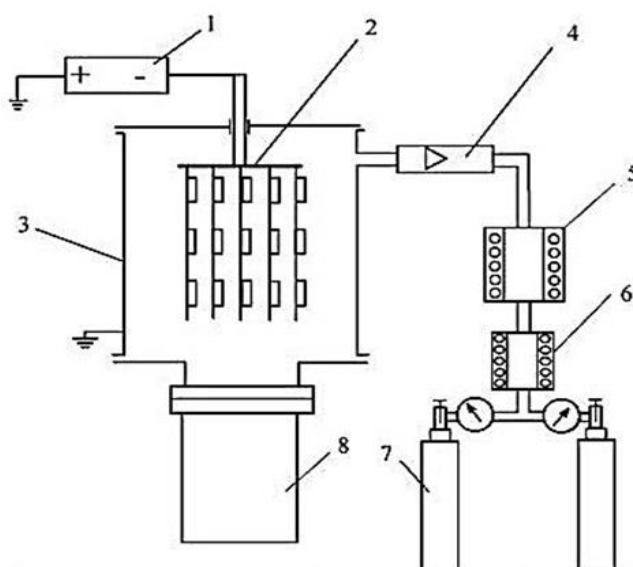


Рис. 1. Схема вакуумной установки: 1 – источник питания; 2 – держатель с изделиями; 3 – вакуумная камера; 4 – ротаметр; 5,6 – фильтры; 7 – баллоны с газом; 8 – форвакуумный насос

Установка включает вакуумную рабочую камеру 3 (см. рис. 1) для нанесения покрытий и все необходимые системы «обеспечения ее жизнедеятельности» - водяную, вакуумную, электрическую, газовую и пр. В установке предусмотрено как ручное, так и автоматическое управление технологическими параметрами. Для питания, контроля и управления систем установки предназначена стойка питания и управления, на лицевую панель которой внесены необходимые контрольные, сигнальные и управляющие приборы и устройства. Внешний вид стойки управления УВНИПА приведен на рис. 2.

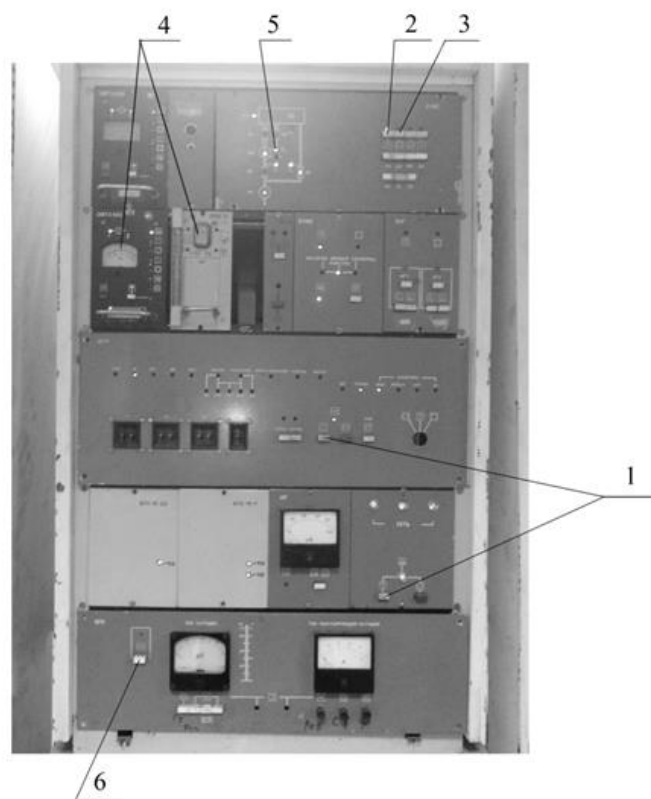


Рис. 2. Стойка управления УВНИПА:

- 1 – кнопки включения двигателя насоса; 2 – кнопка ручного управления;
3 – кнопка автоматического управления; 4 – вакуумметр низкого и высокого вакуума;
5 – наглядное представление схемы камер, со светодиодами;
6 – кнопка подачи напряжения на магнитные катушки**

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Технология плазменного азотирования.

Основными пунктами управления работой установки УВНИПА являются блок управления системы, блок управления газом, блок управления ионной очисткой, блок управления технологическим процессом напыления, блок управления высоким и низким напряжениями, блок питания магнитных катушек и др.

С лицевой стороны камера закрывается крышкой со смотровым окном, через которую производится загрузка и выгрузка обрабатываемых изделий.

Изделия обезжиривают в горячем щелочном растворе, промывают и просушивают в течение 10 мин, после чего устанавливают на держатель 2 (см. рис. 1).

После загрузки деталей на карусели и закрытия крышки камеры производится откачка рабочей камеры до остаточного давления не более $1,33 \times 10^{-3}$ Па (1×10^{-5} мм. рт. ст.). Затем производят ионную очистку деталей с помощью ионизатора, откачивая вакуум в рабочей камере до $5-6 \times 10^{-4}$ Па. Давление контролируется по прибору 4 (см. рис. 2).

После ионной очистки между катодом (деталью) и стенкой рабочей камеры подается пульсирующее напряжение порядка 100–300 В, с помощью кнопки 6 (см. рис. 2). Держатель, с установленными на нем деталями, через вводы приводится в планетарное вращение со скоростью порядка 1,5 оборот в минуту. Затем напускается газ – азот, который ионизируется и становится электропроводным. В результате зажигается тлеющий разряд, плотность которого зависит от прикладываемого напряжения между азотируемой деталью и стенкой рабочей камеры.

При плазменном азотировании происходит диффузионное насыщение атомами азота при температуре 500–590 °С, рис. 3, в течении 10–60 мин. В процессе катодного распыления температура поверхности детали не превышает 250 °С.

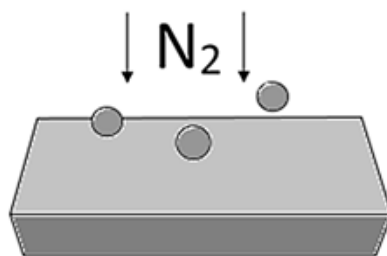


Рис. 3. Схема внедрения атомов азота на поверхность детали

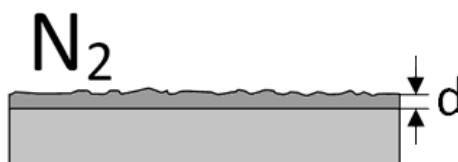


Рис. 4. Схема образования слоя с нитридной зоной на поверхность детали

В азотной плазме атомы проникают в азотируемую деталь, образуя слой с нитридной зоной, рис. 4, с образованием плотных слоев ϵ -фазы. Толщина слоя d зависит от величины вакуума, температуры и времени нанесения нитридного слоя.

После нанесения покрытия по заданному режиму детали охлаждаются до комнатной температуры под вакуумом, затем производится напуск атмосферы в рабочую камеру, открывается крышка камеры 3 и производится выгрузка обработанных изделий с держателем 2, см. рис. 1.

Результаты исследования. На графике (рис. 5) представлено влияние времени травления исходных образцов, а также после 20, 40 и 60 мин. азотирования на потерю массы (коррозионную стойкость) образцов из стали 12X18H10T.

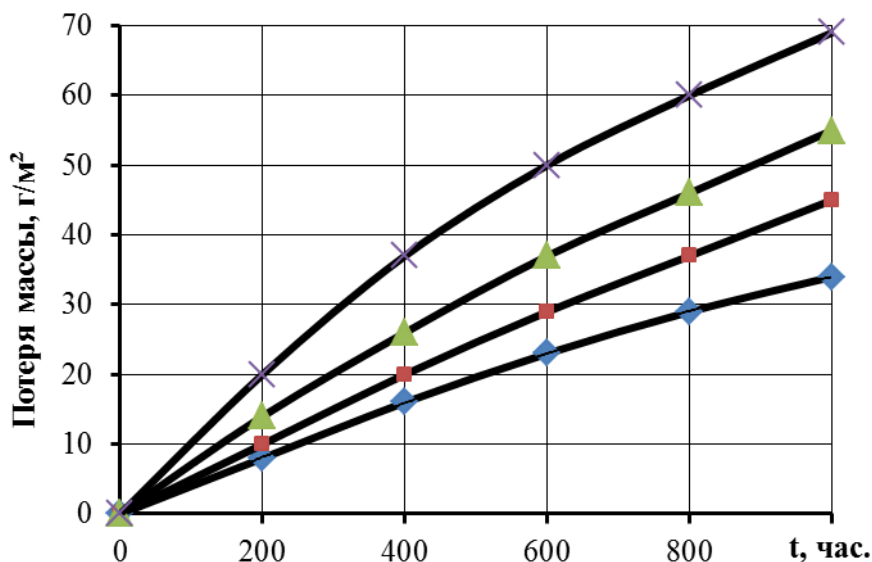


Рис. 5. Влияние времени травления на коррозионную стойкость образцов из стали 12X18H10T: x – исходный образец; Δ – после 20 мин. азотирования; □ – после 40 мин. азотирования; ◇ – после 60 мин. азотирования

Из графика (см. рис. 5) видно, что потеря массы не азотированных образцов составила 69 г/м^2 после 1000 ч травления. В тоже время потеря массы образцов, азотированных в течение 1 ч составила 34 г/м^2 , что увеличивает коррозионную стойкость образцов в 2,03 раза. Соответственно, потеря массы образцов азотированных в течении 20 мин после 1000 ч травления составила 55 г/м^2 , а после 40 мин азотирования – 45 г/м^2 . Зависимости потери массы образцов от времени травления имели практически линейный характер.

Изменение механических свойств поверхностного слоя азотированных изделий также оказывает немаловажную роль на ресурс работы деталей машин. С этой целью были выполнены исследования по определению микротвердости образцов до и после азотирования. На графике, рис. 6, представлено влияние времени азотирования на поверхностную микротвердость образцов из стали 12Х18Н10Т.

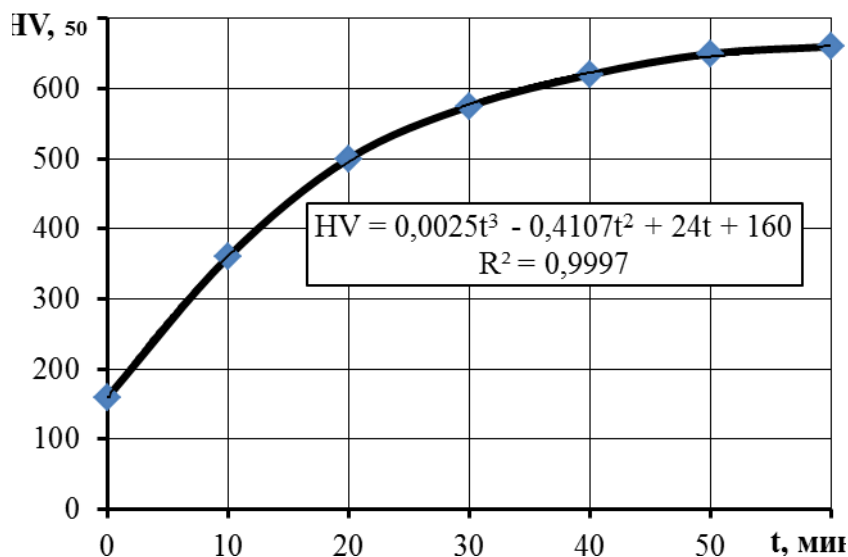


Рис. 6. Влияние времени азотирования на микротвердость образцов из стали 12Х18Н10Т

Микротвердость образцов увеличилась в процессе азотирования в 4,125 раза, причем наиболее интенсивное возрастание микротвердости наблюдалось в течение первых 20 мин. Также на графике представлено уравнение, связывающее микротвердость образцов со временем плазменного азотирования, со степенью аппроксимации 0,9997.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Плазменное азотирование позволяет за короткий промежуток времени значительно повысить коррозионную стойкость, а также микротвердость обрабатываемой детали, с сохранением полученных свойств до температур порядка 550–600 °С, что позволяет также сохранять и износостойкость до заданных температур. Еще одним из преимуществ данного способа является сохранение размеров деталей после азотирования. Таким образом, технология плазменного азотирования является перспективной в машиностроении, позволяющей значительно увеличивать ресурс деталей машин и режущих инструментов.

Библиографический список

1. Соколенко Е.В., Вулых Н.В. Коррозия поверхностного слоя газопроводов и варианты защиты от неё. В сборнике: Жизненный цикл конструкционных материалов (от получения до утилизации): материалы докладов VI Всероссийской науч.-техн. конф. с международным участием. Иркутск, 2016. С. 225–229.
2. Зайдес С.А. Сварные металлоконструкции: повреждения и разрушения : учеб. пособие. Иркутск : Изд-во ИРНИТУ, 2015. 188 с.
3. Зайдес С.А., Гайсин С.Н. Восстановление уплотнительной поверхности затворных узлов трубопроводной арматуры // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2017. № 11. С. 15–21.
4. Горелов С.В., Горелов В.П., Иванова Е.В. Системы электроснабжения водного транспорта и предприятий: учебник под ред. В.П. Горелова, В.Г. Сальникова. 2-е изд. Москва-Берлин: Директ-Медиа, 2015. 513 с.
5. Прокладки стальные [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.12821-80.ru/products/prokladki> (18.08.2018)
6. Вулых Н.В. К вопросу о методах упрочнения поверхностных слоев деталей машин. В сборнике: Технологическая механика материалов: межвузовский сборник научных трудов ИргТУ / Под ред. С.А. Зайдеса. Иркутск, 2009. С. 142–146.
7. Зайдес С.А., Вулых Н.В. Охватывающее упрочнение мало жестких валов. теория, технология. Saarbrücken, Germany. 2013. p. 223.
8. Лахтин Ю.М., Коган Я.Д., Шпис Г.-И., Бемер З. Теория и технология азотирования. М. : Металлургия, 1991. 320 с.