

УПРОЧНЕНИЕ РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПЛУНЖЕРА ЗАПОРНО-РЕГУЛИРУЮЩЕЙ АРМАТУРЫ

Койфман Г.А., Филиппов Д.А.

*Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого,
Великий Новгород, Россия*

Ключевые слова: плунжер, диффузионное хромирование, плазменная наплавка, износ, агрессивная среда.

Аннотация. Плунжеры являются основной деталью клапанов в запорно-регулирующей арматуре. В данной работе для повышения прочностных характеристик детали типа плунжер из стали 10X17H13M2T в запорно-регулирующей арматуре предлагается использовать метод диффузионного хромирования направляющей части плунжера и метод плазменной наплавки сплавом на кобальтовой основе (ВЗК) рабочей герметизирующей поверхности головы плунжера, позволяющие помимо упрочнения детали компенсировать их износ.

STRENGTHENING THE WORKING SURFACES OF THE PLUNGER OF SHUT-OFF AND CONTROL VALVES

Koifman G.A., Filippov D.A.

Yaroslav the Wise Novgorod State University, Veliky Novgorod, Russia

Keywords: plunger, diffusion chromium plating, plasma surfacing, wear, aggressive environment.

Abstract. Plungers are the main part of valves in shut-off and control valves. In this work, in order to increase the strength characteristics of a plunger-type part made of 10X17N13M2T steel in shut-off and control valves, it is proposed to use the method of diffusion chromium plating of the plunger guide part and the method of plasma surfacing with a cobalt-based alloy (B3K) of the working sealing surface of the plunger head, which allows, in addition to strengthening the part, to compensate for their wear.

Введение

В условиях использования клапанов для работы в крайне агрессивных средах нефтехимии и нефтепереработки, таких как, аммиаки, углеводороды, аммоний и другие, необходимо защищать основные рабочие поверхности регулирующих и запорных элементов клапана [1]. Для исследования взята одна из главных деталей клапана – плунжер.

Плунжеры запорно-регулирующей арматуры работают в условиях высоких нагрузок внутри агрессивных сред жидкостей и газов и подвержены интенсивному износу. В процессе движения плунжера внутри клапанной системы происходят не только значительные повреждения главной рабочей поверхности, обеспечивающая основную герметичность клапана, но и из-за малых зазоров происходит износ направляющей плунжера. Износы происходят в значительной степени из-за агрессивности сред и из-за наличия в средах твердых примесей, вследствие чего на рабочих поверхностях образуются дефекты: кратеры, продольные риски, повторяющие движения среды, повышается конусность, образовывается налёт – тем самым

ухудшается герметичность. В результате изменяется вектор движения среды и ухудшаются регулирующие и запорные свойства. Для увеличения прочностных характеристик требуется нанести на деталь материалы с повышенной твёрдостью и износостойкостью.

Анализ проблемы

Для исследования были отобраны плунжеры, работающие в условиях регулирования особо агрессивных сред нефтехимии. Образцы изготовлены из нержавеющей стали 10X17H13M2T, химический состав которой приведен в таблице 1 [2].

На рисунке 1 показана фотография типичного плунжера и его основные части.

Табл. 1. Химический состав стали 10X17H13M2T ГОСТ 5632-72

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Mo	Cu
до 0,1	до 0,8	до 2	12-14	до 0,02	до 0,035	16-18	2-3	до 0,3



Рис. 1. Фотография типичного плунжера: а – головка плунжера, б – шток/направляющая плунжера

При интенсивной работе плунжера, на его поверхностях образуются кратеры, изломы, мелкодисперсные внедрения среды в материал. На рис.2 показан износ рабочей части головы плунжера из стали 10X17H13M2T без использования методов упрочнения поверхностей.

Для предотвращения таких износов с целью упрочнения плунжера и «залечиванию» изношенных рабочих поверхностей плунжера были использованы методы диффузионного хромирования и плазменной наплавки [3].



Рис. 2. Поверхностный износ рабочей части головы плунжера

Методы упрочнения и технология

Для упрочнения рабочей поверхности штока плунжера предлагается использовать метод диффузионного хромирования, который заключается в

осаждении на поверхность детали слоя хрома [4]. При диффузионном хромировании в порошках достигается высокая концентрация хрома на поверхности детали, варьирующаяся от 20 до 80% в зависимости от химического состава хромируемой стали и обеспечивается хорошая адгезия между слоем хрома и деталью. Обеспечивается равномерность покрытия детали. Это приводит к повышенной устойчивости в средах с температурой до 800°C и повышенной твёрдости от 66 до 70 HRC при толщине хромированного слоя от 0,01 до 0,2 мм. Верхняя рабочая температура зависит как от толщины покрытия, так и от марки стали. В таблице 2 [4] приведены сравнительные характеристики покрытий, полученных методом диффузионного хромирования для различных сталей.

Режим диффузионного хромирования выбирают на основании закономерностей, приведённых на рисунке 3 [4].

Табл. 2. Сравнительная толщина хромированного слоя некоторых сталей различного химического состава

Марка стали	Толщина слоя, мкм	Температура, °C
18X2H4BA	30	980-1050
38X2MЮА	20	980-1020
30XГСА	30	1000-1050
12X18H10T	25	980-1050
10X17H13M2T	30	980-1050

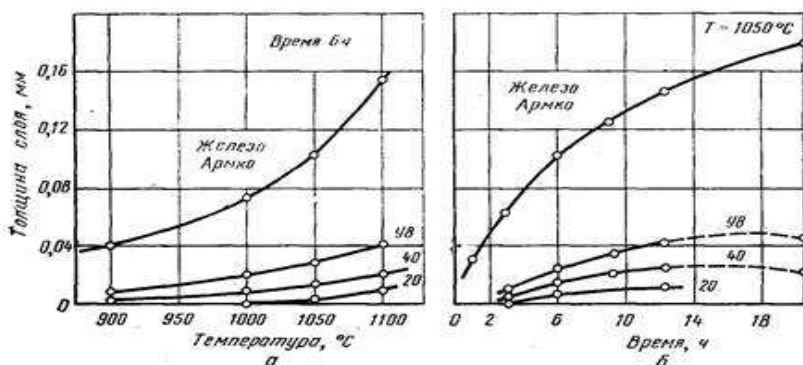


Рис. 3. Зависимости изменения толщины хромированного слоя для сталей с различным содержанием углерода: а – температурная; б – временная

В нашей работе метод диффузионного хромирования был применен для упрочнения штока плунжера, изготовленного из стали 10X17H13M2T. Диффузионное хромирование с применением порошковой смеси проводят по одной из двух вариантов технологий.

1. Применение контейнера с плавким затвором, который герметизирует реакционное пространство и позволяет производить процесс в обычных термических печах.

2. Применение контейнера без плавкого затвора при использовании вакуумных печей, где для защиты от внешних воздействий на смесь применяют инертные атмосферы.

При хромировании в вакуумной печи деталь помещают в печь, нагретую до температуры не более 300°C, герметизируют её и подключают систему создающую инертную атмосферу. После стабилизации системы начинают нагревать печь со скоростью 75-100°/час до рабочей температуры 1050°C. Охлаждают печь со скоростью? Не более 300°C/час.

Разборку контейнера производят после его остывания до комнатной температуры. Качество процесса, как правило, определяют визуально. Внешним признаком правильного хромирования является равномерный светло-серый или блестящий вид готовой поверхности.

Для упрочнения головы плунжера, которая является основной герметизирующей поверхностью плунжера, зоны касания с седлом, был использован метод плазменной наплавки сплавом на кобальтовой основе ВЗК. Этот сплав является жаропрочным и жаростойким, основным элементом которого является кобальт. Химический состав сплава приведен в таблице 3 [5].

Табл. 3. Химический состав сплава ВЗК ОСТ 1-90127-85

Fe	C	Si	Ni	S	Cr	W	Co
до 2	1-1,3	2-2,75	до 2	до 0,07	28-32	4-5	54,8-65

При плазменной наплавке сплавом ВЗК повышается твердость до 65 HRC на глубине от 0,5мм. Деталь приобретает химическую стойкость при работе в особо агрессивных средах и повышается устойчивость к механическим воздействиям.

Плазменную наплавку проводят по одному из двух вариантов технологий.

1. Метод плазменной наплавки с проволокой – это метод плазменной сварки с подачей проволоки, энергия дуги тратится на расплавление проволоки и частично на подогрев и плавление верхнего слоя детали.

2. Метод плазменной наплавки с порошком – это метод наплавки, где наплавочный материал в порошковом виде подает через сопло на горелку, по каналам горелки выходит в зону плазменного сопла и попадает в зону горения дуги, где наплавляется на деталь. Схематичное изображение процесса упрочнения поверхности детали методом плазменной наплавки порошком представлено на рисунке 4 [6].

При плазменной наплавке порошковым методом деталь устанавливают в станочное приспособление наплавочного оборудования, разогревают в печи до температуры 350-450°C и проваривают материал внахлест, при этом глубина наплавки составляет не более 0,8 мм. Затем деталь отжигают при температуре 500°C в течении двух часов, после чего оставляют охлаждаться до комнатной температуры. Качество наплавки определяют с помощью основных методов контроля сварных соединений [7].

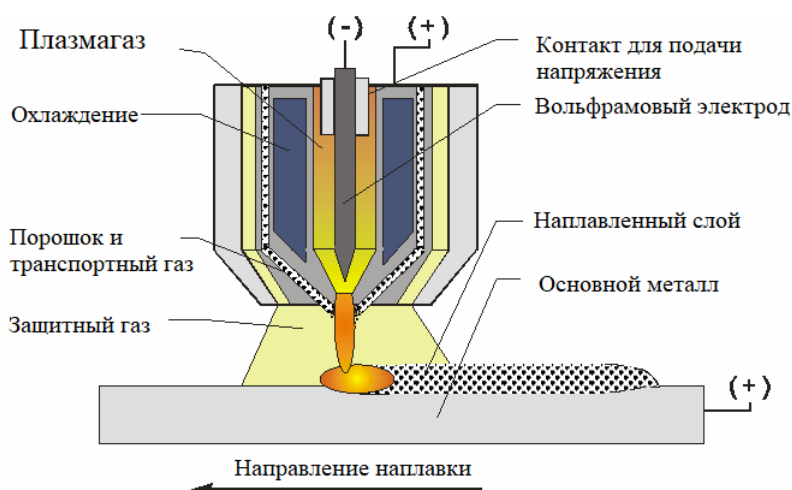


Рис. 4. Принцип работы плазменной наплавки порошком

Заключение

По результатам износных испытаний ресурс плунжера с хромированным покрытием и наплавкой сплавом на основе кобальта по основным критериям (герметичность, износостойкость и др.) увеличивается более чем в два раза.

Список литературы

1. Бардик Доналд Л., Леффлер Уильям Л. Нефтехимия / Пер. с англ. З. Свитанько. – М: Изд-во «Олимп-Бизнес», 2019. – 496 с.
2. Марочник стали и сплавов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=324.
3. Гладкий П.В., Переpletчиков Е.Ф., Рябцев И.А. Плазменная наплавка. – Киев: Екотехнеология, 2007. – 292 с.
4. Дубянин Г.Н., Гурашев В.Н., Методические указания надежность в технике. Упрочнение стальных изделий химико-термической обработкой. Диффузионное хромирование. – М.: Изд-во стандартов, 1981. – 10 с.
5. Марочник стали и сплавов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: https://www.splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=3282.
6. Плазменная наплавка: описание и преимущества [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://awg-tech.ru/plazmennaya-naplavka-opisanie-i-preimushhestva>.
7. Новокрещенов В.В., Родякина Р.В. Неразрушающий контроль сварных соединений в машиностроении: учебное пособие для среднего профессионального образования / под научной редакцией Н.Н. Прохорова. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Изд-во Юрайт, 2024. – 301 с.

Reference

1. Donald L. Burdick, William L. Leffler. Petrochemistry / Translated from English by Z. Svitanko. – M.: Olymp-Business Publ. house, 2019. – 496 p.
2. Brand book of steel and alloys [Electronic resource]. – Access mode: https://www.splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=324.
3. Gladkiy P.V., Perepletchikov E.F., Ryabtsev I.A. Plasma surfacing. – Kyiv: Ecotekhneologiya, 2007. – 292 p.

4. Dubyanin G.N., Gurashev V.N. Methodical instructions for reliability in engineering. Hardening of steel products by chemical-thermal treatment. Diffusion chromium plating. – M.: Publ. house of Standards, 1981. – 10 p.
5. Steel and Alloy Brand Book [Electronic resource]. – Access mode: https://www.splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=3282.
6. Plasma Surfacing: Description and Advantages [Electronic resource]. – Access mode: <https://awg-tech.ru/plazmennaya-naplavka-opisanie-i-preimushhestva>.
7. Novokreshchenov V.V., Rodyakina R.V. Non-destructive Testing of Welded Joints in Mechanical Engineering: Textbook for Secondary Vocational Education / under the scientific editorship of N.N. Prokhorov. – 2nd ed., corrected and add. – M.: Publ. house Yurait, 2024. – 301 p.

Койфман Глеб Александрович – студент	Koyfman Gleb Aleksandrovich –student
Филиппов Дмитрий Александрович – доктор физико-математических наук, профессор, заведующий лабораторией «Функциональные материалы»	Filippov Dmitry Aleksandrovich – doctor of physical and mathematical sciences, professor, head of laboratory «Functional Materials Laboratory»
koyfman.g@yandex.ru	

Received 03.02.2025