

## ПРИМЕНЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ МЕТАЛЛИЗАЦИИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ПЛУНЖЕРОВ ЭЛЕКТРОНАСОСНЫХ ДОЗИРОВОЧНЫХ АГРЕГАТОВ

В.А.Левченко<sup>1</sup>, И.А.Калугин<sup>2</sup>, И.А.Буяновский<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Химический факультет МГУ им. М.В.Ломоносова, Москва, Россия

<sup>2</sup> ООО «Газпром добыча Ямбург», Москва, Россия

<sup>3</sup> Институт машиноведения им. А.А.Благонравова РАН, Москва, Россия; [buyan37@mail.ru](mailto:buyan37@mail.ru)

*Экспериментальное исследование, проведённое непосредственно на электронасосных дозировочных агрегатах, показали, что оптимальным методом повышения ресурса работы плунжеров является нанесение на их рабочие поверхности металлокерамических покрытий на установке динамической металлизации.*

**Ключевые слова:** установка динамической металлизации, трёхплунжерный агрегат, промышленные стоки, абразивный износ, металлокерамическое покрытие

### Введение

Наиболее быстроизнашиваемыми деталями насосно-компрессорного оборудования цехов регенерации установки комплексной подготовки газа Заполярного нефтегазоконденсатного месторождения являются плунжера дозировочных агрегатов, перекачивающих промышленные стоки, содержащие как взвешенные частицы (песок, глина, окислы железа, карбонаты), так и конденсат и растворённые в нем смазки, соли, пластовая вода и т.д. Как показал осмотр вышедших из строя плунжеров, их рабочие поверхности подверглись абразивному изнашиванию, осложнённого пребыванием в агрессивной среде [1]. Плунжеры работают в контакте с уплотнением, которое осуществляется за счёт набивки сальниковых колец из калавра в количестве до 6 штук.

Исследуемое трибосопряжение «плунжер-уплотнение» после окончания цикла испытаний представлено на рис. 1. Удалённый фланец на грумбуксе позволяет видеть обе контактирующие детали.



**Рисунок 1.** Узел трения «плунжер-уплотнение» электронасосного дозировочного агрегата. Фланец на грумбуксе снят

Плунжеры, поставляемые на промыслы, изготовлены из стали 30X13, подвергнутой закалке ТВЧ до 45...50 HRC. Толщина упрочнённого слоя составляет 1,0...1,5 мм. После износа упрочнённого

слоя начинается катастрофический износ плунжера, что вызывает необходимость его замены. Плунжер, согласно инструкции, считается непригодным для дальнейшей эксплуатации, если диаметр его рабочей части уменьшается в результате изнашивания более, чем на 5%. В результате практическая наработка плунжера заводского изготовления в рабочих условиях до его замены на новый составляет всего 1440 часов [2]. Естественно стремление увеличить работоспособность плунжеров, поскольку его замена требует определённой затраты времени, т.е. ведёт к дорогостоящим простоям всего агрегата. Предварительные эксперименты авторов [3] показали, что нанесённые на рабочие поверхности плунжера металлокерамические покрытия на базе порошкообразного алюминия и смеси порошков алюминия с некоторыми другими металлами обладают прекрасной адгезией к подложке, высокой твёрдостью и стойкостью к коррозии и заметно повышают долговечность этих деталей, что ведёт к сокращению простоев оборудования.

В предлагаемой работе приводятся результаты натурных испытаний плунжеров с покрытием, нанесённым из смеси порошков алюминия и цинка методом динамической металлизации.

### Метод исследования и исследуемые материалы

В представленной работе для формирования на рабочих поверхностях плунжеров износостойких металлокерамических покрытий авторы использовали газофазный метод их нанесения в открытой атмосфере на установке Димет-404 (рис. 2) по методике ООО «Монокарбон».

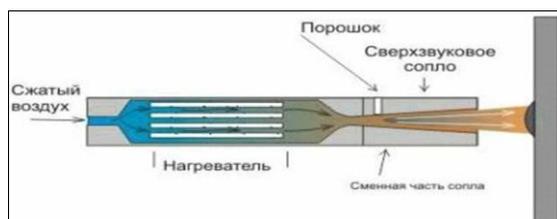


Рисунок 2. Схема рабочего узла установки Димет-404 [4]

Нанесение керамического покрытия производили в открытой атмосфере путем нагрева сжатого газа (воздуха), подачи его в сверхзвуковое сопло и формирования в этом сопле сверхзвукового воздушного потока, подачу в этот поток порошкового материала, ускорения этого материала в сопле сверхзвуковым потоком воздуха и направления его на обрабатываемую поверхность. Высокая скорость напыления обеспечивало пластическое деформирование как материала обрабатываемой поверхности, так и напыляемых частиц, что способствовало прекрасной адгезии напыляемого покрытия к подложке. Порошковый материал представлял собой механическую смесь порошков алюминия и цинка дисперсностью 0,8- 1,2 мкм.

Нагрев и пластические деформации напыляемых частиц способствует их окислению. Методами атомно-силовой микроскопии (АСМ) и комбинационного рассеяния (КРС или Рамановской спектроскопией) проведено исследование нанокomпозиционного покрытия, полученного по технологии ООО «Монокарбон» на металлическом образце, как модели поверхности промышленного плунжера (рис. 3, 4).

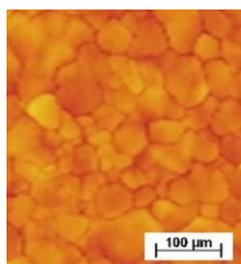


Рисунок 3. АСМ –изображение поверхности покрытия

Полученные основные яркие пики металлокерамического покрытия, проявляемые на Рамановском спектре (см. рис.4) свидетельствуют о химическом составе нанокomпозиционного покрытия. Так яркий выделенный пик в районе 550 см<sup>-1</sup> соответствует оксиду алюминия и тем самым подчеркивает его основное содержание в составе полученного нанокomпозиционного металлокерамического покрытия перед легирующими элементами текущего покрытия (в данном случае – цинка).

Таким образом, по спектру КРС установлено, что исследуемое нанокomпозиционное покрытие,

полученное по технологии ООО «Монокарбон», является металлокерамическим.

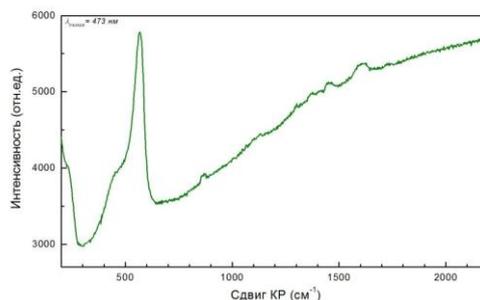


Рисунок 4. Спектр КРС металлокерамического покрытия, полученного по технологии «Монокарбон» (длина волны лазера 473 нм, мощность лазерного излучения 17,5 мВт)

### Результаты эксперимента и обсуждение

Оценка оптимального состава и технологии модификации материала плунжера производится путем сравнительных испытаний плунжеров, упрочнённых по указанной выше технологии, непосредственно на натуральных объектах в процессе эксплуатации оборудования. Оценку ресурса модифицированных плунжеров, как уже указано выше, проводили в составе насосов 1,3Т-12,5/10Д1-А3-У3 и ДП-100/250 в рабочей среде – промышленные стоки (см. рис. 1). Плунжер считался непригодным для дальнейшей эксплуатации, если диаметр его рабочей части уменьшается в результате изнашивания более, чем на 5%. Для сравнения в аналогичных условиях испытывали плунжеры из стали 30Х13, подвергнутые закалке ТВЧ по технологии завода-изготовителя, и из той же стали с покрытием, полученным нанесением порошка типа Т-Термо №50 (материал системы Ni-Cr-B-Si).

Результаты оценки долговечности плунжеров упрочнённых по заводской технологии и приведёнными выше методами сведены в таблицу 1.

Таблица 1..Влияние модифицирования рабочих поверхностей на долговечность плунжеров из стали 3Х13 насоса 1,3Т-12,5/10Д1-А3-У3, рабочая среда - промышленные стоки

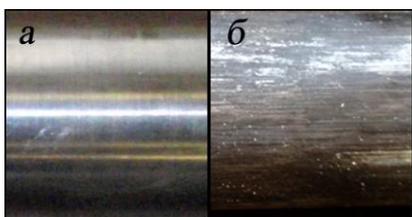
№	Метод модифицирования рабочих поверхностей	HRC	Долговечность, часы
1	Закалка ТВЧ (заводской)	38 - 43	1440
2	Покрытие Т-Термо № 50	43 - 48	4020
3	Металлокерамическое покрытие	52-57	9628

Как видно из таблицы, наиболее низкий ресурс был получен при эксплуатации плунжера с заводской технологией упрочнения его рабочих поверхностей (закалка ТВЧ). Сравнение фотографий рабочих поверхностей нового плунжера (рис. 5,а) и того же плунжера после наработки 1440 часов (рис. 5,б) свидетельствует о том, что износ поверхностного слоя плунжера носит явно абразивный характер, хо

тя не исключено определённое влияние коррозионно-активной среды на процесс изнашивания.

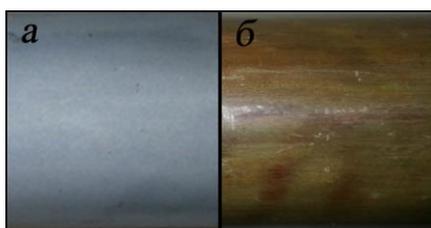
**В**

**Выводы.**



**Рисунок 5.** Плунжер (заводской технологии) до начала эксплуатации (а) и после отработки 1440 часов (б). Хорошо видны последствия абразивного изнашивания

Поверхности плунжеров с покрытиями значительно отличаются от поверхностей, приведённых на рис. 5. На рис. 6 приведены поверхности плунжера с композиционным покрытием на основе алюминия до начала испытаний (а) и после наработки 96528 час.(б). Отметим, что плунжер был извлечён во вполне работоспособном состоянии, и после осмотра вновь установлен в насосе (см. рис. 1).



**Рисунок 6.** Плунжер (покрытие методом ООО «Монокарбон» до начала эксплуатации (а) и после отработки 9628 часов (б)

Как видно из табл. 1 и рис. 5 и , нанесение обоих исследуемых покрытий на рабочие поверхности плунжеров, работающих в среде промышленных стоков, обеспечивают большую долговечность плунжерной паре, чем плунжер, упрочнённый по заводской технологии.

1. Непосредственно в процессе эксплуатации электронасосных дозирочных агрегатов, перекачивающих промышленные стоки, опробован ряд методов повышения износостойкости стальных плунжеров.
2. Предложен новый метод повышения ресурса работы плунжеров электронасосных дозирочных агрегатов, перекачивающих промышленные стоки, заключающийся в нанесении на рабочие поверхности плунжеров износостойких покрытий, включая покрытия на основе алюминия методом ООО «Монокарбон», как разновидности метода динамической металлизации на установке Димет- 404.
3. Разработан состав металлокерамического покрытия на базе порошков алюминия и цинка, обеспечивающий значительное (более чем в 6 раз) повышение (по сравнению с применяемой в настоящее время закалкой ТВЧ) износостойкости стальных плунжеров электронасосных дозирочных агрегатов.

1. Калугин И.А., Буяновский И.А. Метод паспортизации трибосопряжений насосно-компрессорного оборудования цеха регенерации установки комплексной подготовки газа Заполярного нефтегазоконденсатного месторождения//Трение и смазка в машинах и механизмах, 2013, №9, с. 45-48.
2. Сафонов Б.П. Инженерная трибология. Оценка износостойкости и ресурса трибосопряжений. – Новомосковск: 2004, 66 с.
3. Буяновский И.А., Левченко В.А., Калугин И.А. Повышение износостойкости плунжеров насосов, перекачивающих промышленные стоки//Механизация строительства, 2015, № 8 (в печати)
4. Димет. Применение технологии и оборудования: [электронный ресурс]. Режим доступа: [www.dimet-r.narod.ru](http://www.dimet-r.narod.ru)