

УДК 533.924

## ПЛАЗМЕННОЕ УПРОЧНЕНИЕ РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ ШТАНГОВОГО ГЛУБИННОГО НАСОСА

С. А. Гасимова

Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности,  
AZ1000 Баку, Азербайджан  
E-mail: sakina1958@mail.ru

Впервые показана возможность использования азотсодержащей плазмы, образующейся при высокочастотном разряде, отработаны режимы плазменного воздействия для изменения физико-механических свойств внутренней поверхности цилиндра. Оценка свойств проведена в соответствии со стандартом ISO 14577 на приборе “Наноскан-3Д”. Выявлено увеличение микротвердости обработанного в плазме, образующейся при высокочастотном разряде, цилиндра штангового глубинного насоса в 2–2,5 раза, модуля упругости — на 25–40 %.

**Ключевые слова:** штанговый глубинный насос, модификация внутренней поверхности цилиндра, плазма, ВЧ-разряд, микротвердость, модуль упругости.

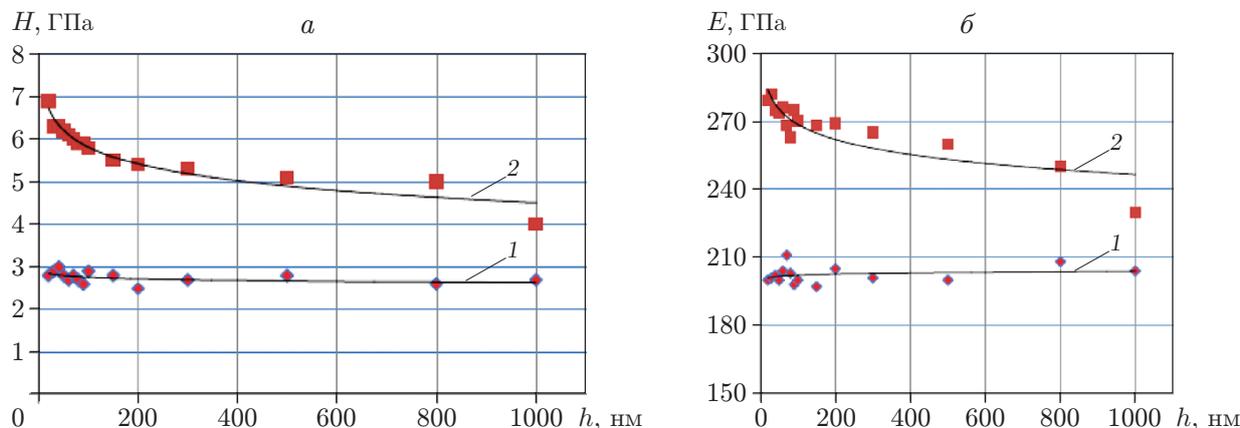
DOI: 10.15372/PMTF20180523

Завершение добычи нефти фонтанным способом на месторождениях Азербайджана привело к созданию механизированного способа эксплуатации скважин, при котором преимущественно применяются штанговые глубинные насосы (ШГН). В условиях повышенной обводненности, изменения состава вод пластов, увеличения содержания сероводорода происходит изменение микротвердости, шероховатости и коррозионное разрушение рабочих поверхностей деталей ШГН, что уменьшает срок службы оборудования [1]. Вследствие этого актуальным является применение современных энерго-, ресурсосберегающих технологий модификации поверхностных слоев отдельных деталей ШГН, в частности внутренней поверхности цилиндров.

Целью настоящей работы является исследование способа увеличения микротвердости и модуля упругости внутренней поверхности цилиндров ШГН посредством воздействия плазмы, образующейся при высокочастотном разряде (ПВЧР). Впервые показана возможность применения ПВЧР (при пониженном давлении) для подготовки поверхности и формирования упрочняющих диффузионных азотсодержащих слоев на внутренней поверхности длинномерных цилиндров ШГН малого диаметра.

В экспериментальных исследованиях используется цилиндр ШГН, разработанный ОАО “Ижнефтемаш” (Россия) [2], внешний и внутренний радиусы которого соответственно равны  $D = 36$  мм,  $d = 27$  мм, длина  $L = 3048$  мм, отношение длины к внутреннему диаметру  $L/d > 100$ .

Для обработки внутренних рабочих поверхностей изделий полый цилиндрической формы использовалась специально созданная установка, генерирующая высокочастотный разряд при пониженном давлении [3].



Зависимости микротвердости (а) и модуля упругости (б) от глубины индентирования до обработки ПВЧР (1) и после обработки ПВЧР (2):

точки — эксперимент, линии — аппроксимация

Обработка поверхностей проводилась при следующих параметрах плазменного воздействия: мощность разряда —  $0,5 \div 1,2$  кВт, расход плазмообразующего газа (аргона) —  $0,0100 \div 0,0444$  г/с, расход активного газа (азота) —  $0,0011 \div 0,0071$  г/с, рабочее давление в разрядной камере —  $10 \div 30$  Па, температура —  $300 \div 500$  °С, длительность обработки — 40 мин.

Оценка изменений физико-механических свойств выполнялась с помощью прибора «Наноскан-3Д» (Россия), в которой используются принципы сканирующей зондовой микроскопии и наноиндентирования [4].

Метод обработки ПВЧР при пониженном давлении позволяет провести подготовку поверхности и ее упрочнение в одном цикле. Предварительная обработка (полировка) поверхности для удаления микродефектов, неровностей, трещиноватых и дефектных участков, возникающих в результате механической обработки при изготовлении цилиндров, проводилась в среде аргона в течение 20 мин. Затем без разгерметизации оборудования в течение 20 мин осуществлялись откачка отработанного газа и запуск смеси газов аргон — азот, в соотношении 70 : 30 для формирования диффузионных слоев и упрочнения внутренней поверхности цилиндра. На основе результатов экспериментальных исследований влияния оптимального режима ПВЧР на упрочнение внутренней поверхности цилиндра ШГН получены зависимости, представленные на рисунке.

Согласно рисунку твердость обработанного ПВЧР полого цилиндра увеличивается в  $2,0 \div 2,5$  раза, модуль упругости — на  $25 \div 40$  %.

Таким образом, впервые показаны преимущества использования ПВЧР (при пониженном давлении) для изменения физико-механических свойств, подготовки поверхности и формирования упрочняющих диффузионных азотсодержащих слоев на внутренней поверхности длинномерных цилиндров ШГН малого диаметра. Обработка ПВЧР не требует использования дополнительных реагентов, расходных материалов, рабочих мест для подготовки поверхности, является экологичным и ресурсосберегающим методом. Установлено, что в результате воздействия ПВЧР микротвердость внутренней поверхности цилиндра может увеличиваться в 2,5 раза, модуль упругости — на 40 %.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гаджиева Л. С. Анализ коррозионной стойкости деталей шариковых клапанов скважинных насосов // Нефтепромысловое дело. 2011. № 3. С. 24–28.

2. **Глубинные** штанговые насосы: Каталог / ОАО “Ижнефтемаш”. Ижевск: Римера. [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <http://www.tdneftemash.ru/files/gshn.pdf> (дата обращения 15.12.2017).
3. **Христолюбова В. И.** Струйный высокочастотный разряд пониженного давления: Дис. ... канд. техн. наук. Казань, 2016.
4. **Сканирующие** нанотвердомеры “НаноСкан”: Каталог / Технол. ин-т сверхтвердых и новых углерод. материалов. М.: Федер. информ. фонд отечеств. и иностр. каталогов на пром. продукцию, 2009.

*Поступила в редакцию 11/VIII 2017 г.,  
в окончательном варианте — 31/I 2018 г.*

---