

**ПРИМЕНЕНИЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ В НЕФТЕГАЗОВОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**А.П. Пащенко**

Научный руководитель доцент В.Г. Крец

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Для нефтяной промышленности России сегодня довольно непростой и ответственный момент. Сама её география усложняется – она «уходит» в отдалённые, периферийные зоны со сложными климатическими условиями. Нефть залегает в труднодоступных регионах (северные районы, вечная мерзлота, глубоководные участки прибрежного шельфа), а эксплуатация залежей тяжёлых и высоковязких нефтей требует значительных финансовых и энергетических затрат.

Большинству аппаратов, сооружений и деталей, применяемых в нефтяной и газовой промышленности приходится работать в крайне тяжёлых условиях, подвергаясь значительным динамическим нагрузкам, интенсивному абразивному изнашиванию и коррозии. Недостаточная долговечность оборудования вызывает необходимость производить дополнительные затраты на ремонт оборудования. Это снижает темпы роста механизации и автоматизации бурения, добычи и переработки нефти и газа, сдерживает повышение производительности труда и снижение себестоимости.

Таким образом, неблагоприятные геологические условия и низкая экономическая эффективность нефтедобычи в России определяют единственно возможный путь развития любой нефтедобывающей компании – это активная инновационная деятельность по созданию, приобретению, производству и широкому применению новых высокоэффективных технологий в области разработки месторождений и нефтедобычи. И здесь неоценимую помощь могут оказать разработки из серий инновационных нанотехнологий.

Нанотехнология – это преобразование структуры материала на уровне атомов. Существуют химические составы, способные изменять молекулярную структуру вещества. При нанесении этих составов на поверхность происходит изменение атомной структуры и образование защитного барьера. Наноструктурированные материалы – одна из важнейших целей нанотехнологии на современном этапе.

Для создания наноструктурированных покрытий используются наноструктурированные материалы, суспензии и золь-гели для внедрения в покрытия нанодобавок, которые модифицируют их структуру и обеспечивают получение требуемых свойств покрытий, структура которых целиком или частично формируется из наночастиц. Существуют различные способы формирования наноструктур: добавление в состав сплава твердой аморфной фазы, приводящее к уменьшению размеров кристаллитов и соответственно к получению наноструктурированных материалов TiAlN+Si, TiMoN+Si, TiCrN; нанесение многослойных покрытий с перемежающимися нанослоями; формирование наноструктур методом высокоскоростного распыления мозаичных катодов; формирование наноструктур методом ионного ассистирования. Общим принципом этих методов является сочетание высокой скорости образования центров зарождения частиц с малой скоростью их роста. [3]

Использование наноструктурированных материалов для создания покрытий позволяет достигать новых свойств покрытий различного функционального назначения, обладающих повышенной сопротивляемостью к разрушению в условиях воздействия циклических термомеханических напряжений и агрессивных сред. Упрочнение поверхности новых деталей повышает их износостойкость, а, следовательно, снижает издержки на их замену.

Внедрением нанотехнологий в нефтегазовую отрасль занимаются такие структуры, как Институт катализа им. Г.К. Борескова Сибирского отделения РАН, Институт проблем переработки углеводородов СО РАН, ГК «Роснанотех», корпорация «Роснано» и другие.

Активность разработчиков в этом направлении весьма успешна. Появляются компании, которые рассматривают переход на качественно новый уровень работы, разрабатывают стратегии инновационного развития, запускают в производство новые материалы, реализуют масштабные проекты. В их ассортименте появляется оригинальная продукция, и перечень ее растет.

К примеру, инвестиционный проект РОСНАНО совместно с компанией «Новомет-Пермь» начал масштабное расширение и модернизацию производства высокоэффективного нефтедобывающего оборудования – установок погружных электроцентробежных насосов (УЭЦН) с применением деталей и узлов с наноструктурированным защитным покрытием. Технологическим новшеством проекта является использование защитных и функциональных наноструктурированных покрытий на основе карбида вольфрама с применением оксида титана, оксида алюминия, хрома и молибдена. Для нанесения покрытий используется технология газоплазменного напыления на узлы, подвергающиеся наибольшей нагрузке. Процесс нанесения покрытия управляем, размер зерен в структуре напыленных покрытий лежит в диапазоне 5 - 100 нм. Применение нанотехнологий в рамках данного проекта позволяет, в первую очередь, снизить коэффициент трения радиальных подшипников в 1,4 - 1,7 раз, а также увеличить износостойкость радиальных подшипников в 1,5 - 2 раза, повысить коррозионную и гидроабразивную стойкость различных деталей насосной установки, снизить энергопотребление. Участники рынка нефтяного оборудования отмечают, что интерес к проекту логичен. [2]

В рамках совместного проекта РОСНАНО и ОАО «Челябинского трубопрокатного завода» (ЧТПЗ) планируется выпуск широкого ассортимента нержавеющей труб и деталей к ним. В производстве найдут применение специальные материалы и технологические процессы, которые приводят к образованию наноструктур в материалах изделий и позволят достичь значительного увеличения прочности и

эксплуатационной надежности продукции. В частности, одной из применяемых технологий будет сварка швов деталей с использованием титана и бора, чьи наноразмерные соединения играют основную роль в упрочнении структуры изделий. [3]

В ходе исследовательских работ ООО «Центром защитных покрытий – Урал» (ЦЗПУ) была разработана технология нанесения и обработки наноструктурированных покрытий для плунжеров погружных нефтедобывающих штанговых насосов, работающих в экстремальных условиях, а также спроектирована и изготовлена многопозиционная установка для нанесения покрытий на плунжеры. Применение данной технологии позволяет достичь высокой плотности и прочного сцепления напыленного материала с основой детали, позволяет увеличить ресурс нефтепромыслового оборудования при воздействии агрессивных факторов среды: абразивный, гидроэрозионный, коррозионный износ, воздействие солевых растворов и т.д. Сейчас ООО «Центр защитных покрытий – Урал» подал заявку на регистрацию патента на полезную модель плунжера насоса высокого давления с наноструктурированным покрытием для добычи нефти. [5]

Не менее перспективен и проект ООО НПП «КБ-Авангард» по созданию не имеющего аналогов в России и за рубежом пластыря для ликвидации негерметичности обсадных колонн нефтегазовых скважин, изготовленного из интеллектуальной стали, обладающей управляемым эффектом памяти формы (ЭПФ), с использованием нанотехнологий. [4]

Несколько лет назад был налажен выпуск уникальной разработки для нефтедобывающей отрасли с использованием нанотехнологий – новых золотниковых клапанов. Автором проекта выступила молодая российская научно-производственная компания «РАМ». Как показали результаты испытаний, проведенные на базе «Роснефти», разработка способна приносить нефтедобывающим компаниям ежегодный дополнительный доход в \$4,2 млрд. В настоящее время клапаны «Норма» изготовленные «РАМ» с помощью технологии наноалмазного хромирования установлены в более 100 механизированных скважинах на месторождениях ОАО «НК Роснефть», ОАО «ТНК-ВР», ОАО «Татнефть» и др. На основе данной технологии компанией ООО РАМ внедрены в нефтедобывающую отрасль принципиально новые инновации. Использование нанопокрывтий позволяет значительно снизить коэффициент трения при сохранении износостойкости, повысить вязкость покрытий при сохранении антикоррозионных свойств и увеличения температуры эксплуатации на 50%. [6]

Интересна и перспективна разработка ЗАО «ПЛАКАРТ» нанопокрывтий для восстановления изношенных корпусов погружных электродвигателей (ПЭД). По результатам испытаний установлена стойкость покрытий к коррозии в агрессивной среде и механическим повреждениям. Экономический эффект от применения покрытий ЗАО «ПЛАКАРТ» состоит в сокращении затрат на закупку новых ПЭД взамен списанных. Покрытия ЗАО «ПЛАКАРТ» сертифицированы по спецификациям одного из крупнейших мировых производителей насосного оборудования для нефтегазовой, химической и энергетической области компании «Flowsolve». [5]

Условия добычи в мире ухудшаются – легкие углеводороды выбраны, в нефти появляются песок, абразив. Поиск нефти – лишь малая доля задачи, требуются еще современные технологии добычи и транспортировки, работоспособности оборудования. Буровые долота, трубы нефтяного сортамента, элементы оборудования промыслов должны противостоять колоссальным нагрузкам, поэтому потребность нефтегазовой промышленности в прочных и долговечных материалах крайне высока. А использование наноструктурированных материалов и покрытий может дать большой экономический эффект. Такие материалы могут применяться в целях повышения коррозионной и механической прочности конструкций, используемых при добыче и транспортировке нефти и газа. Наноструктурированные материалы предлагают кардинальное улучшение свойств или даже новых функций, что может сыграть решающую роль в поисках инновационных решений и высокой конкурентной способности нефтедобывающих компаний, а значит, и экономики России.

#### Литература

1. Гераскин В.В. Применение газотермического напыления для защиты оборудования нефтепереработки и нефтехимии // Инженерная практика, 2011. – № 8. – С.106–107.
2. Колбина Людмила. Зерна структуры. [Электронный ресурс] // Аналитический центр Эксперт-Урал. – 2012. – № 18 (510). – Режим доступа: <http://www.expert-ural.com/archive/18-19-510/zerna-strukturi.html>.
3. Матренин С.В. Наноструктурные материалы в машиностроении: учебное пособие / С.В. Матренин, Б.Б. Овечкин; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 17 с.
4. Патент РФ № 2289013 С1. Е21В29/10 (2006/01). Способ восстановления герметичности обсадных колонн в скважине и устройство для его осуществления / М.Г. Падерин, Н.Г. Падерина / Заявка 2006105419/03; опубл. 10.12.2006., Бюл. – № 14.
5. Портфельные компании. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.rusnano.com/projects>.
6. Рыжов Е.В. Экономические перспективы использования золотниковых клапанов «Норма-734» производства ООО «РАМ» // Бурение и нефть. – 2008. – № 11. – С.46–48.