

Прогрессивная технология упрочнения ответственных изделий нефтегазовой отрасли

Краткая история. Настоящий момент. Перспективы

А.В. Оборин
директор
oborin@procion.ru

В.В. Богданов
главный техэксперт, руководитель НИОКР
bogdan.ion@mail.ru

ООО «Ионные технологии», Пермь, Россия

В отечественной промышленности вакуумная термообработка применяется более 50 лет. Один из наиболее сложных и наукоемких сегментов — ионная химико-термическая обработка (далее — ХТО) развивается в нашей стране с начала 1970-х годов. Отечественные разработки по ионному азотированию со времен СССР вели несколько отраслевых институтов, благодаря замминистра промышленности по новой технике Ю.Д. Маслюкову первую немецкую установку фирмы «Клекнер-Ионон» (Klöckner-Ionon) поставили в ПНИТИ в 1978 году. Результатом труда большого количества людей стали сотни научно-исследовательских работ по военной и гражданской тематике, именно поэтому ПНИТИ первым в России разработал и внедрил технологию ионного азотирования для упрочнения высокоточных цилиндров штанговых глубинных насосов, переводников буровых труб, муфт НКТ, роторов забойных двигателей и многих других узлов нефтегазодобывающего оборудования.

В 1990-х годах технологию азотирования штанговых насосов освоили «ЭЛКАМ-Нефтемаш» и «Ижнефтемаш», после них — ПКНМ и «Мунаймаш». Таким образом, в России полностью отказались от затратной и вредной технологии хромирования цилиндров штанговых глубинных насосов и перешли на эффективную технологию азотирования в тлеющем разряде с внутренним анодом.

В настоящее время оборудование для ионной ХТО выпускается и массово применяется в десятках стран, в том числе и в России, лидерами являются европейские компании. Последние 20 лет характеристики оборудования приближаются к требованиям 5-го технологического уклада, где

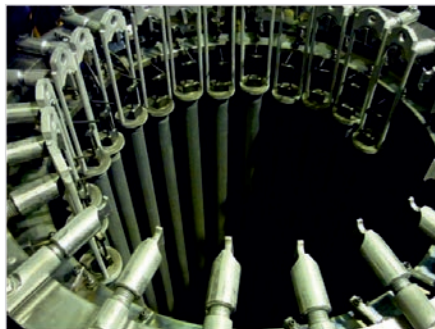


Рис. 1 — Цилиндры штанговых насосов ЭЛКАМ-Нефтемаш до азотирования в установке (а) и в процессе (б), сталь 38Х2МЮА

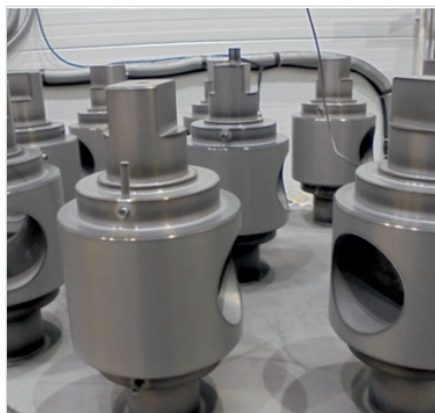
ключевым условием является гарантированное обеспечение триады «быстро-качественно-дешево». Это стало возможным с появлением микропроцессорной и высокоточной техники, технологий высокоскоростной передачи больших объемов информации, модульных роботизированных систем и прочего. При этом главным фактором, закрывающим такие требования, является автоматизированное программное обеспечение, основанное на технологических разработках по принципу «ноу-хау», опыте НИОКР и фундаментальных исследованиях. Современные установки ионной ХТО с управляемой импульсной плазмой характеризуются низкими ресурсозатратами, стабильно высоким качеством получаемой продукции и малым временем обработки. Вдобавок, упрочненные детали соответствуют требованиям КД по размерной и чистовой точности и не требуют дополнительной мехобработки. Именно эти факторы определяют выбор

технологий и оборудования для крупносерийного производства ведущими заводами-производителями во всем мире.

На сегодняшний день на многих предприятиях в стране освоено ионное азотирование для упрочнения резьбовых переводников буровых и насосно-компрессорных труб. Применяются комбинированные процессы насыщения азотом и углеродом, что расширяет применение малолегированных сталей, обеспечивая на них износостойкий поверхностный слой. Кратковременные режимы упрочнения позволяют получить слои от 50 до 150 мкм с высокой поверхностной твердостью. Покрытия, получаемые методами ионной ХТО, успешно заменяют фосфатирование и цианирование, увеличивая ресурс изделий в несколько и даже десятки раз, что подтверждается многолетними эксплуатационными испытаниями. Проведены сравнительные испытания коррозионной стойкости различных типов покрытий в камере соляного тумана,



Рис. 2 — а) переводники после азотирования, сталь 40ХН2МА; б) кожух генератора после азотирования, сталь Magnadur501



а
Рис. 3 — Затвор задвижки, сталь 38Х2МЮА: (а) во время азотирования; (б) после азотирования



а
Рис. 4 — Ротор ведомый, сталь 20Х13: (а) во время азотирования; (б) после азотирования

под нагрузкой в среде углекислого газа и сероводорода, в результате подтверждены высокие характеристики изделий с ионной ХТО. Для специальных изделий типа "шток защелки" с малой трапециевидальной резьбой шагом 4 мм замена фосфатирования на азотирование увеличила ресурс изделия в несколько раз.

Актуальной задачей является упрочнение немагнитных сталей типа Magnadur501 и NMS-140, используемых в системах телеметрии направленного бурения. В 2016 году впервые в отечественной практике инженерами фирмы «БИТАС» (г. Самара) и «Ионные Технологии» (г. Пермь) была разработана и успешно внедрена в производство технология упрочнения резьбовых соединений из немагнитных сталей. Испытания на свинчивание с двукратным превышением нагрузки показали отсутствие деформаций и схватывания резьбы. Деталь «кожух генератора» представлена на рис. 26.

Одно из перспективных направлений — упрочнение насосно-компрессорной техники, деталей трубопроводов и запорной арматуры.

Предприятие «Экомаш-Урал» еще в

2014 году одним из первых освоило выпуск устьевой арматуры рабочим давлением 105 МПа с уплотнением металл-металл. Применение стали 38Х2МЮА (рис. 3) для рабочих узлов позволило упрочнять рабочие поверхности до твердости 1050–1150 НV, таким образом превышая твердость кварцевого песка и обеспечивая герметичность затвора даже при сложных условиях работы скважины.

НИИ Турбокомпрессор им. Шнеппа применяет ионную ХТО для большого количества ответственных изделий, например, на сложноконтурной детали «ротор ведомый» (рис. 4), массой свыше 100 кг, сохраняется размерная точность с допусками 10–15 мкм и обеспечивается равномерный упрочненный слой.

ООО «Краснодарский машиностроительный завод» (г. Краснодар) и ООО «Технология» (г. Оренбург) используют ионную ХТО для упрочнения валов и штоков для газоперекачивающих агрегатов (рис. 5).

Завод «Синергия» (г. Пермь) оперативно освоил в 2016 году технологию ионного азотирования, отказавшись от затратного и экологически вредного газового азотирования. На сегодняшний день инженеры

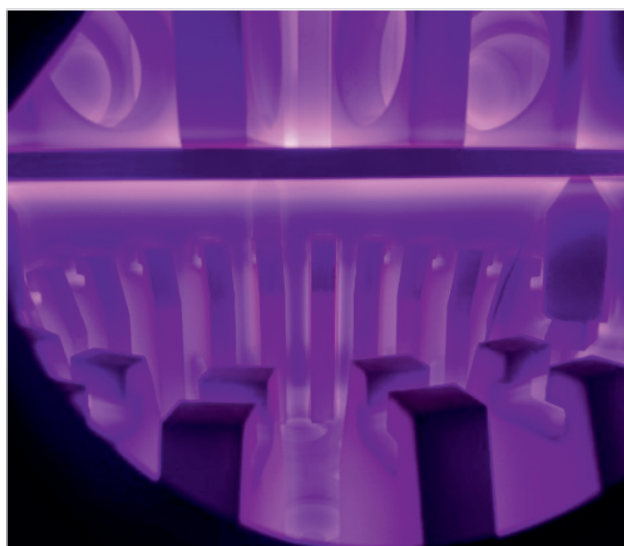
предприятия успешно развивают производство плунжерных насосов и запорной арматуры высокого давления. Стабильное качество упрочненных деталей многократно увеличивает эксплуатационный ресурс насосных агрегатов.

В течение 2018 года несколько предприятий, выпускающих шибберные задвижки давлением до 70 МПа, осваивают новые типы сталей и проводят комплекс НИОКР по внедрению ионной ХТО для своей продукции. Упрочненный слой на сталях типа 38Х2МЮА и 20Х13 обладает низким коэффициентом трения и высокой твердостью, что позволяет отказаться от ресурсозатратной технологии наплавки, снизить стоимость продукции, в несколько раз уменьшить усилия открытия-закрытия, а главное — поднять качество на новый уровень.

Важным преимуществом ионной ХТО по сравнению с газовым азотированием является возможность упрочнения высоколегированных и нержавеющей сталей без предварительной депассивации поверхности в кислотах. Расширенные возможности воздействия на поверхность с помощью не только температуры и концентрации газов, но также параметрами электромагнитного



Рис. 5 — Штоки для газоперекачивающих агрегатов после азотирования, сталь 38Х2МЮА



а
Рис. 6 — Ионное азотирование шибберов, сталь 30Х13: а) во время азотирования; б) после азотирования

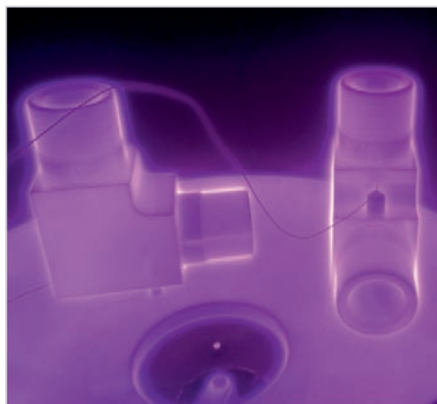


Рис. 7 — Примеры деталей трубопроводов, сталь 09Г2С

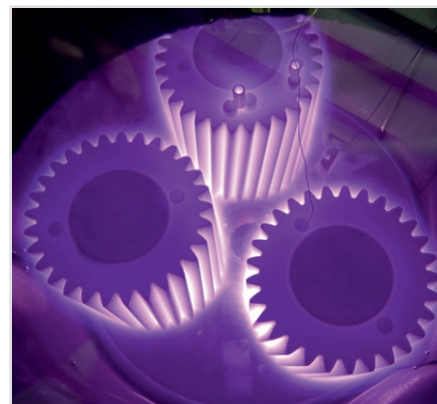


Рис. 8 — Примеры упрочнения крупногабаритных шестерен

поля, позволяют получить новые типы покрытий с высокими прочностными свойствами. Мировой лидер в производстве запорно-регулирующей арматуры — компания HAVONIM (Израиль), используя в своем производстве оборудование болгарской фирмы IONITECH, обеспечивает непревзойденные характеристики для всех изделий в самых сложных условиях эксплуатации (криогенные, жаростойкие, многофазные среды с механическими примесями).

Начиная с 2016 года компания «Ионные Технологии» (г. Пермь) совместно с СПК «Нефтехимсервис» (г. Пермь) при участии Пермского национального исследовательского политехнического университета проводят комплекс НИОКР по увеличению эрозионной и коррозионной стойкости деталей трубопроводов из низколегированных и конструкционных сталей. Поверхностное упрочнение методами ионного азотирования и карбонитрирования деталей из сталей 20, 09Г2С, 13ХФА увеличивает коррозионную стойкость в десятки раз. Наиболее сильный кавитационный и эрозионный износ наблюдается в местах поворота и изменения диаметра труб. После упрочнения на глубину 0,2–0,3 мм поверхностная твердость увеличивается в 2 раза для стали 20, в 3 раза — для сталей 09Г2С и 13ХФА, эрозионная устойчивость в средах с содержанием минеральных примесей 5–6% увеличивается в 3–5 раз.

Экономически обосновано использовать ионную ХТО для упрочнения деталей трубопроводов высокого давления с резьбовым соединением и линзовым уплотнением, а также для манифольд, клапанных групп и других массивных сложноконтурных изделий.

Отдельным большим и технически сложным направлением является упрочнение крупногабаритных высоконагруженных шестерен, применяемых в редукторах буровых установок и различной специальной технике.

«Уралмаш НГО Холдинг» в 2010 году впервые в стране внедрил современную двухкамерную установку для ионного азотирования зубчатых колес диаметром до 2 метров и валов длиной до 3,5 метров. В 2015 году на Калужском турбинном заводе внедрена крупнейшая в стране установка ионной ХТО диаметром 2,6 метра. ООО «Промышленные редукторы» (г. Ижевск) использует ионное азотирование для крупногабаритных шестерен с модулем до 28. ООО «Сервисреммаш» (г. Ижевск) в 2018 году освоило выпуск высокоточных шестерен для буровых установок импортного производства. В настоящее время на нескольких предприятиях проводятся научно-исследовательские работы по замене цементации на ионное азотирование с применением безникелевых глубокопрокаливаемых сталей типа 38ХЗМ1Ф1А, что позволяет получить сопоставимые по



Рис. 9 — Установка ионного азотирования для ООО «Уралмаш НГО Холдинг»

глубине слоя при одновременном сохранении высокой ударной вязкости и сопротивляемости трещинообразованию. Указанный комплекс свойств позволит поднять на новый уровень эксплуатационные характеристики буровой и редукторной техники, применяемой в условиях низких температур при одновременном воздействии ударных и вибрационных нагрузок.

Преимущества технологии для массового производства очевидны:

- затраты электроэнергии составляют 0,05–0,1 кВт/кг·ч, что в 3–5 раз меньше, чем при газовом азотировании;
- расход газов в 100–200 раз меньше, чем при газовом азотировании;
- производительность в 2–3 раза больше, чем при цементации и газовом азотировании;
- наилучшая экологическая обстановка на предприятии.

Общий экономический эффект от внедрения технологии ионного азотирования при массовом производстве 150–200 тонн деталей в год позволяет окупить затраты на оборудование в течение 2 лет.

Изделие	Сталь	Глубина слоя, мм	Твердость, HV
Штанговые насосы	38Х2МЮА	0,20 – 0,30	≥ 1000
Буровые переводники	40ХН2МА	0,05 – 0,10	≥ 650
Шиберы, седла, затворы, штоки, валы	38Х2МЮА	0,30 – 0,50	1050 – 1150
Роторы, шиберы, седла	20Х13, 40Х13	0,15 – 0,25	≥ 900
Переводники немагнитные	Magnadur 501, NMS-140	≥ 0,05	≥ 800
Колеса, шестерни	38ХЗМ1Ф1А 40ХН2МА	0,4 – 0,8 0,3 – 0,5	≥ 700
Краны шаровые	12Х18Н10Т	0,01 – 0,1	≥ 1000
Детали трубопроводов	09Г2С, 13ХФА	0,1 – 0,5	≥ 650

Таблица — Характеристики азотируемых слоев



Тел./ф.: +7-342-224-14-44
<http://www.procion.ru>
 E-mail: ion@procion.ru