

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТОЧНОСТИ ФОРМЫ ВЫСОКОНАГРУЖЕННОЙ КОНТАКТНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ НЕФТЕПРОМЫСЛОВОГО И БУРОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

TECHNOLOGICAL PROVIDING OF ACCURATE DIMENSION OF HARDLY LOADED SURFACE DETAILS FOR
EXPLORATION OIL AND DRILLING EQUIPMENT

УДК 621.83

М.В. ПЕСИН

к.т.н., доцент, ЗАО «Торговый дом ПКНМ», Пермский
государственный технический университет
д.т.н., профессор ЗАО «Пермская компания нефтяного
машиностроения» (ПКНМ)

Пермь
M.Pesin@mail.ru

Е.Д. МОКРОНОСОВ

M.V. PESIN

Dr. Sci. Tech., Senior lecturer, Deputy Director CJSC Trading
house PKNM (Perm Oil Engineering Company)
Dr. Sci. Tech., Professor CJSC PKNM (Perm Oil Engineering
Company)

Perm

E.D. MOKRONOSOV

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

нефтяное машиностроение, нефтепромысловое оборудование, азотирование,
ионно-вакуумное импульсное азотирование, химико-термическая обработка, упрочнение
KEYWORDS: Petroleum mechanical engineering, oil production equipment, nitrogen, ion-vacuum pulse
nitrogen, chemical-thermal processing, hardening

На основе имеющихся научных разработок и промышленного опыта в области изготовления продукции с точной формой упрочнённой высоконагруженной при эксплуатации рабочей поверхности методами нанотехнологий, ионно-вакуумного импульсного азотирования, увеличить производство выпускаемых и освоить новые изделия нефтепромыслового и бурового оборудования, а также расширить использование новой технологии ИВА в различных отраслях машиностроения.

On the basis of available development of science and industrial experience in the field of manufacturing production with accurate dimension hardened highly loaded surfaces at operation by working by methods nanotechnology ion-vacuum pulse nitriding to increase manufacture let out and to master new products of oil production and drilling equipment, to expand using new IVP-technology in various branches mechanical engineering.

Упрочнение деталей необходимо для повышения износостойкости и коррозионной стойкости изделий нефтепромыслового назначения, например, азотирование производится для увеличения твердости рабочей поверхности канала цилиндра скважинного штангового насоса (СШН) на 870...1124 HV с толщиной покрытия не менее 0,2...0,5 мм.

Например, в США для упрочнения цилиндров штанговых насосов применяется закалка ТВЧ и цементация, но наибольшее распространение получили хромирование и азотирование, это связано с более широкой сферой применения данных методов. Полученные с использованием хромирования и азотирования цилиндры СШН обладают высокими коррозионной стойкостью, усталостной прочностью, контактной выносливостью по сравнению с другими методами упрочнения [3].

К сожалению, в настоящее время серийной технологии хромирования внутренней поверхности цилиндров в России нет, в виду сложного оборудования и трудной утилизации хрома Cr^{+6} . Нельзя не отметить опыт ОАО «Ижнефтемаш» в изготовлении хромированных цилиндров. Однако, на сегодняшний момент используются при нефтедобыче в России, импортные.

В нашей стране широкое распространение получил процесс азотирования цилиндров, который стал бурно развиваться с 90-х годов прошлого века. Этому способствовало и развитие технологий ионно-вакуумного азотирования, появление производственного оборудования для данного процесса. В конечном счёте, усилиями российских машиностроителей (ЗАО «ПКНМ», ОАО «Ижнефтемаш») импорт СШН с азотированными цилиндрами был полностью прекращён, а импорт хромированных цилиндров значительно уменьшен. Авторами были разработаны специальные

технологии ионно-вакуумного азотирования (ИВА), которые позволили превзойти импортные хромированные цилиндры практически по всем показателям [1, 2]. Важнейшее значение имеет и безусловное преимущество азотирования по экологичности.

Традиционная технология ионно-вакуумного азотирования с глубиной 0,25...0,30 мм увеличивает непрямолинейность оси участка цилиндра длиной 1 м в среднем до 0,2 мм, что превышает допуск на этот параметр в 2 раза. Для обеспечения регламентированного стандартами American Petroleum Institute (API) и ГОСТом допуска 0,1 мм требуется правка поперечным изгибом, после которой на азотированной поверхности появляются трещины размером 2...5 мкм [2].

Кроме того, после правки для обеспечения гарантированного зазора между цилиндром и плунжером 0,025 мм необходимо хонингование многорядными хонинговальными головками, имеющими жесткий корпус.

Такое хонингование обеспечивает прямолинейность оси канала, но удаляет часть азотированного слоя глубиной до 0,03...0,10 мм.

При традиционном технологическом процессе формирования канала цилиндра и азотирования его поверхности, снижается твердость поверхности в местах удаления припуска с 900 HV до 600...650 HV [1].

Сравнительные коррозионные испытания азотированного слоя со съемом припуска 2...3 мкм и 50 мкм показали увеличение скорости коррозии в 3 раза, с 0,12 г/м² до 0,37 г/м². В совокупности с трещинами на поверхности эксплуатационные свойства такого слоя весьма не велики.

Особенностью нового метода упрочнения азотированием в импульс-плазме (технология ИВА), является обеспечение максимальной твердости на глубине 0,2 мм азотированного

слоя, минимального коробления цилиндра, исключающего последующую правку изгибом и позволяющего оставлять припуск под окончательное хонингование в пределах 3...5 мкм.

Новая технология азотирования (ИВА) в сочетании с технологией обработки канала цилиндра решили поставленную задачу, - технологически обеспечена точность формы высоконагруженной контактной поверхности деталей. Так можно сделать вывод о значительном влиянии параметров технологических факторов на увеличение ресурса цилиндра СШН [4].

Применяемые процессы изготовления цилиндра (многократная расточка канала - от 3 до 7 проходов, правка по оси канала, хонингование многорядными хонинговальными головками до азотирования) обеспечивают прямолинейность оси канала цилиндра в пределах 0,07 мм на каждом метре длины.

В этих проектах предусматривается упрочнение деталей из конструкционных Cr-Ni-Mo-V сталей с различной категорией прочности для повышения их потребительских свойств при тяжёлых условиях эксплуатации.

Развитие азотирования не возможно без постоянного обновления и совершенствования оборудования для этого процесса. Сравнительные характеристики защитных покрытий пары «цилиндр-плунжер» СШН, упрочненных азотированием - ИВА и гальваническим хромированием приведены в таблице [1].

На сегодня широкое применение для упрочнения деталей в ПКНМ применяются различные методы: закалка ТВЧ и ТПЧ; газопламенное напыление твердым сплавом с последующим оплавлением; плазменное напыление; сверхзвуковое напыление, в т.ч. с последующим оплавлением слоя; ►

№	Показатели покрытия	Азотирование	Хромирование
1	Толщина слоя, мкм	250...350	80...100
2	Твердость, HV кгс/мм ² (HRC)	1200...1300 (72...76)	800...1000 (68...70)
3	Коэффициент трения поверхности, - в сухих условиях - со смазкой	выше 2...3 раза, чем азотирование выше 5...10 раз, чем азотирование	
4	Наличие микродефектов (поры, трещины, несплошность)	нет	да
5	Равномерность и однородность развития покрытия	да	нет
6	Износо-коррозионная стойкость	высокая	удовлетворит.
7	Коррозионная стойкость под напряжением агрессивных средах	выше	ниже
8	Сопротивление абразивному износу	высокое	низкое
9	Увеличение усталостной прочности изделия	в 2...3 раза	нет
10	Экологическая безопасность технологии	высокая	минимальная
11	Стоимость покрытия	дешевле на 30%	высокая
12	Область применения	широкая	ограниченная

Таб. 1. Сравнительные характеристики защитных покрытий пары «цилиндр-плунжер» СШН, упрочненных азотированием – по технологии ИВА и гальваническим хромированием

хромирование, кадмий-хромирование; химическое нанесение никель-фосфорного покрытия.

Наиболее эффективным, особенно для рассматриваемых цилиндров штанговых насосов и других деталей машиностроения, оказался метод азотирования (см. рисунок). На основании, в том числе собственного опыта применения азотирования, выбор однозначно был сделан в пользу ионно-вакуумного, по следующим причинам: ионное азотирование позволяет в большей степени регулировать образуемые на поверхностях деталей слои по строению и фазовому составу. Кроме обычных технологических параметров, влияющих на формирование упрочненного слоя (номинальная мощность импульсного источника питания; напряжение в импульсе; номинальный импульсный ток; рабочее давление в камере; рабочая температура; максимальный вес обрабатываемых деталей), ионное азотирование имеет ряд дополнительных: давление насыщающего газа, электрические характеристики, межэлектродное расстояние значения которых представляют собой ноу-хау.

Следует заметить, что технологические параметры находятся между собой в сложной и пока недостаточно изученной зависимости. Поэтому, в настоящее время, технологические процессы ионной химико-термической обработки (ХТО) основаны на экспериментальном подборе оптимальных режимов диффузионного насыщения.

Данные о наработке оборудования импортного производства свидетельствуют о

низком ресурсе СШН с хромовым покрытием в США, Судане и Индонезии применение нашли цилиндры с азотированием и карбонитрованием рабочей поверхности. В результате применения новой технологии достигнуто [5]:

1. Расширение технологических возможностей ионных процессов и достижение качественного структурно-энергетического состояния упрочнённых поверхностей.
2. Максимальное увеличение подвижности и проникающей способности плазмы, что обеспечило азотирование сложноконтурных деталей с различными отверстиями и узкими пазами.
3. Повышение плотности укладки деталей в садке с минимальными зазорами, что увеличило производительность обработки.
4. Обеспечение высокой воспроизводимости и узких допусков в результате обработки разнотипных изделий.
5. Повышена производительность процесса изготовления деталей скважинных штанговых насосов без корректировки технологического процесса.

Базой для создания новой технологии ионного азотирования рассматриваемого в настоящем проекте деталей, послужили собственные разработки авторов проекта, изложенные в публикациях и изобретениях, также результаты исследований по данной тематике большого количества отечественных и зарубежных ученых. Продолжаются, применительно к тематике исследований авторов, рассмотрение закономерностей

формирования азотированного слоя, в первую очередь его наноструктурной составляющей, в зависимости от технологических факторов обработки и её условий. ■

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Богданов, В.В. Ионное азотирование - прогрессивная технология поверхностного упрочнения / В.В. Богданов // Передовой опыт. 1984. №7.
2. Мокроносов, Е.Д. Повышение эксплуатационной надежности скважинного штангового насоса / Е.Д. Мокроносов, В.В. Богданов, М.Н. Елтышев // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2007. №12. С. 43-44.
3. Песин, М.В. Технологические особенности упрочнения деталей скважинных штанговых насосов / Песин М.В., Мокроносов Е.Д. // Ресурсосберегающие технологии ремонта, восстановления и упрочнения деталей машин, механизмов, оборудования, инструмента и технологической оснастки от нано- до макроуровня. В 2ч. Ч.2: материалы 12-й Междунар. науч.-практ. конф., 13-16 апреля 2010 г. Федеральное агентство по образованию, Санкт-Петербург гос. политехн. ун-т, Науч.-произв. «Фирма Плазмацентр». – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2010г.
4. Песин, М.В. Триботехническое упрочнение высоконагруженных поверхностей деталей и создание на этой основе производства изделий нефтегазового назначения / Песин М.В., Е.Д. Мокроносов // Экспозиция. Нефть. Газ. 2010. №9. С. 8-9.
5. Песин М.В. Технологическое обеспечение повышения долговечности изделий машиностроения / Мокроносов Е.Д., В.В. Богданов // Новые материалы и технологии – НМТ-2010: материалы Всерос. науч.-тех. конф., г. Москва, 16-18 нояб. 2010г.: в 3 т. Т.2 / М-во образования и науки РФ, ГОУ ВПО МАТИ - рос. гос. технол. ун-т им. К.Э. Циолковского. – М.: МАТИ, 2010. – С. 32.
6. Песин М.В., Мокроносов Е.Д. Скважинное оборудование: обработка, внедрение, сервис, технологические особенности изготовления СШН // Инженерная практика. 2010. №1(2). С. 90-92.

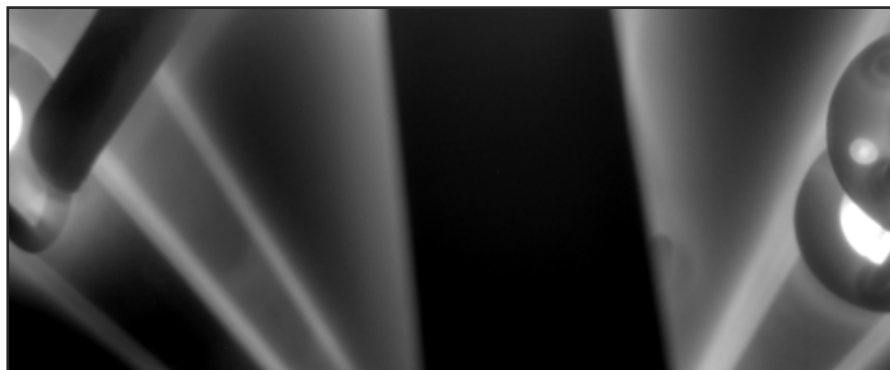


Рис. 1. Азотирование в импульс-плазме цилиндров скважинных штанговых насосов.