

УДК 621.9.02

В. А. ИВАНОВ, А. В. ИВАНОВ, П. А. ХЛОПИН**АЛМАЗНОЕ ХОНИНГОВАНИЕ
ЦИЛИНДРОВ СКВАЖИННЫХ ШТАНГОВЫХ НАСОСОВ**

Приведены результаты исследования процесса алмазного хонингования цилиндров скважинных штанговых насосов, подготовленных под азотирование. Исследовано влияние условий хонингования на показатели процесса, в том числе на производительность и параметры шероховатости поверхности. Алмазное хонингование ; точность формы отверстий деталей ; формообразование шероховатости поверхности

В нефтяной промышленности для добычи нефти широко применяются скважинные штанговые насосы (СШН). От надежности этих насосов в значительной степени зависит экономическая эффективность нефтедобывающих предприятий. Поэтому повышение работоспособности СШН является актуальной задачей для снижения себестоимости добываемой нефти.

Надежность отечественных СШН в последние годы значительно возросла и составляет порядка 300–400 суток работы. Однако наработка на отказ у зарубежных штанговых насосов превышает 700 суток [9]. Поэтому применение новых технологий изготовления, повышающих износостойкость рабочих пар насосов, будет способствовать повышению сроков их эксплуатации.

Наиболее нагруженными элементами конструкции СШН, в значительной степени определяющими надежность и долговечность их работы, являются цилиндр и плунжер. Выбор технологии изготовления и упрочнения этих деталей насоса во многом определяют эксплуатационные свойства насоса в целом. Отказ насоса в работе из-за износа рабочей пары «цилиндр-плунжер» составляет порядка 18% от количества отказов по другим причинам [1].

Плунжер, как правило, изготавливается из стали 40Х с последующим плазменным напылением износостойким порошком ПРНХ17СР4-7 (или твердосплавным порошком Deloro Alloy 60М фирмы Deloro Stellite [3]) или из стали 38Х2МЮА с последующим азотированием [6]. В качестве материала для цилиндра используется сталь 38Х2МЮА с последующим азотированием [7].

Эксплуатационные характеристики пары «плунжер-цилиндр» определяются, в основном, состоянием поверхностного слоя цилиндра перед операцией азотирования, так как толщина окисной пленки после азотирования составляет 1,0–1,5 микрометра [4]. Состояние исходной поверхности плунжера перед напылением не оказывает влияния на процесс износа ввиду толщины напыленного слоя не менее 0,35 мм [7].

Целью данной работы, являющейся составной частью исследований, направленных на повышение износостойкости пары «цилиндр-плунжер», являлось исследование влияния условий алмазного хонингования на показатели процесса, в том числе на производительность и параметры шероховатости поверхности цилиндра.

Для проведения исследований применялись образцы из стали 38Х2МЮА с твердостью НВ 207–220, диаметром 57 мм и длиной 130 мм. Исходная шероховатость обрабатываемой поверхности соответствовала $Ra = 1,3$ мкм, отклонение геометрической формы находилось в пределах 6 степени точности. В качестве СОЖ использовалась жидкость ОСМ-1, разработанная Пермским заводом смазок и СОЖ. Исследования проводились на вертикально-хонинговальном станке модели 3К833, оснащенном гидравлической системой разжима брусков, при постоянном давлении в гидросистеме 0,3 МПа. Частота вращения шпинделя при проведении всех опытов принималась 160 об/мин, а частота двойных ходов шпинделя — 54 дв. ход/мин (за исключением серии экспериментов с переменным углом сетки). Использовались бруски с алмазами АС4 зернистостью 100/80; 80/63; 63/50 и 50/40 и с концентрацией алма-

зов в алмазоносном слое 100 процентов. Брусочки зернистостью 63/50 применялись также с концентрацией алмазов 50 и 25 процентов. Все алмазные брусочки были изготовлены на металлической связке М2-01.

Производительность процесса определялась по величине диаметрального съема в течение постоянного времени хонингования, которое было принято для всех опытов 2 мин (кроме серии экспериментов с переменным временем хонингования). Измерение шероховатости обработанной поверхности производилось с помощью профилометра 170623 производства ОАО «Калибр». Данный профилометр оснащен информационно-вычислительным блоком, подключенным к компьютеру и позволяющим осуществлять управление датчиком в процессе измерения и обработки сигнала измерительной информации. Для оценки микропрофиля поверхности цилиндров применялись параметры шероховатости [2, 3], связанные:

- с высотными свойствами неровностей (среднее арифметическое отклонение профи-

ля R_a , наибольшая высота неровностей профиля R_{max} , среднее квадратичное отклонение профиля R_q);

- со свойствами неровностей в направлении длины профиля (средний шаг неровностей S_m , средняя длина волны профиля λ_a , плотность выступов профиля D);

- с формой неровностей профиля (относительная опорная длина профиля t_p).

На рис. 1 приведены зависимости съема металла от условий хонингования, которые показывают, что с увеличением концентрации алмазов, размеров алмазных зерен, угла сетки и времени хонингования съем металла возрастает.

Проведены исследования влияния зернистости алмазных брусочков, концентрации алмазов, угла сетки и времени хонингования на параметры шероховатости, связанные с высотой неровностей. Зависимость высотных параметров шероховатости от зернистости приведена на рис. 2. При увеличении размеров алмазных зерен абсолютные значения высотных параметров возрастают.

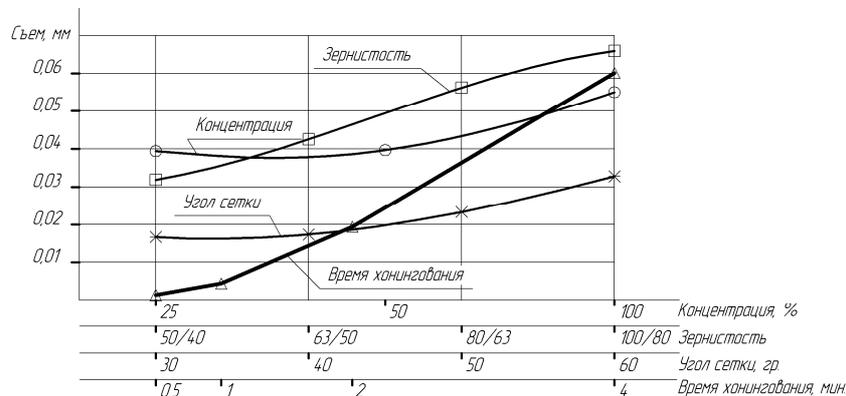


Рис. 1. Зависимость съема металла от условий хонингования

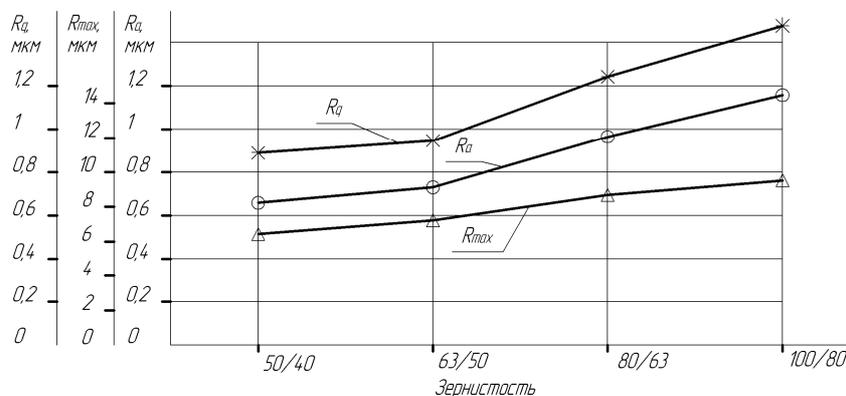


Рис. 2. Зависимость высотных параметров шероховатости поверхности от зернистости алмазных брусочков

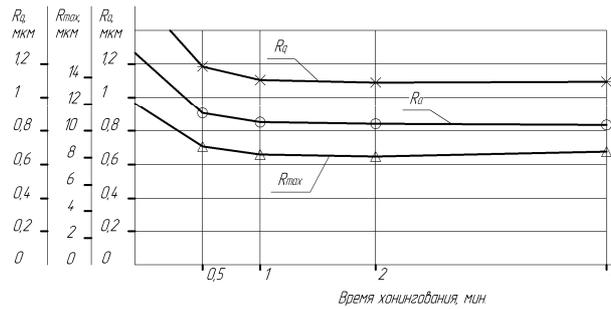


Рис. 3. Зависимость высотных параметров шероховатости поверхности от времени хонингования

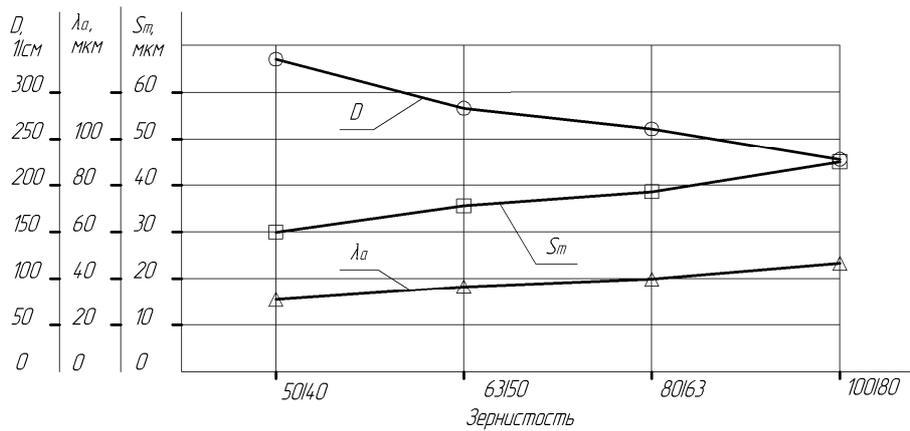


Рис. 4. Зависимость параметров шероховатости поверхности, связанных со свойствами неровностей в направлении длины профиля, от зернистости алмазных брусков

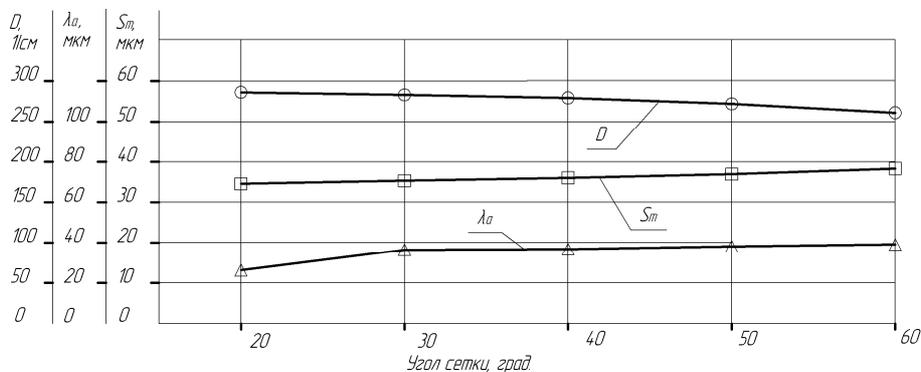


Рис. 5. Зависимость параметров шероховатости поверхности, связанных со свойствами неровностей в направлении длины профиля, от угла сетки

Концентрация алмазов практически не оказывает влияния на высотные параметры шероховатости. В известных работах [5, 10] показано, что максимальная глубина внедрения алмазных зерен зависит от концентрации алмазов. При уменьшении концентрации снижается количество алмазных зерен, участвующих в резании, и при постоянном давлении брусков на деталь сила, действующая на одно отдельно взятое зерно, возрастает. При

этом вследствие увеличения глубины внедрения зерна в обрабатываемый материал следует ожидать повышения шероховатости. Однако при большом числе проходов устанавливается однородный рельеф поверхности, характерный для данной зернистости, поэтому вышесказанное справедливо лишь в том случае, когда продолжительность хонингования достаточно мала и на поверхности цилиндров не успевает сформироваться установившийся

ся микропрофиль. Увеличение угла сетки хонингования также не оказывает влияния на высотные параметры шероховатости.

Зависимость высотных параметров шероховатости от времени хонингования представлена на рис. 3.

В процессе хонингования в начальный период происходит интенсивное снятие микронеровностей исходной шероховатости поверхности обрабатываемой детали, далее она постепенно снижается и образуется новая шероховатость, характерная для данных условий обработки. Продолжительность этого процесса определяется многими факторами, в первую очередь, зернистостью брусков.

Проведены исследования влияния зернистости алмазных брусков, концентрации алмазов, угла сетки и времени хонингования на параметры шероховатости, связанные с неровностями в направлении длины профиля. Зависимость данных параметров шероховатости от зернистости алмазных брусков приведена на рис. 4.

Установлено, что средний шаг неровностей S_m и средняя длина волны профиля λ_a с увеличением зернистости возрастают, а плотность выступов профиля D снижается. Уменьшение плотности выступов можно объяснить увеличением среднего шага неровностей профиля, который измеряется в пределах базовой длины. Плотность выступов определяется числом выступов профиля на единицу длины [3]: $D = \frac{l}{S_m}$, следовательно, чем больше S_m , тем меньше D . Концентрация алмазов не оказывает существенного влияния на параметры шероховатости, связанные со свойствами неровностей в направлении длины профиля, как и на высотные параметры.

Увеличение угла сетки (рис. 5) приводит к некоторому возрастанию среднего шага неровностей профиля S_m , и, следовательно, снижает плотность выступов профиля D . Это можно объяснить тем, что с увеличением угла сетки хонингования размер диагонали ромба, образуемого следами режущих зерен, в направлении оси цилиндра (и в направлении измерения шероховатости) увеличивается.

Время хонингования не оказывает влияния на параметры шероховатости, связанные со свойствами неровностей в направлении длины профиля, так как установившаяся шероховатость при дальнейшем увеличении продолжительности хонингования практически остается постоянной.

Эксплуатационные свойства деталей, работающих в условиях трения, существенно

зависят от формы микрорельефа поверхности. Поэтому относительная опорная длина профиля t_p является весьма важной характеристикой микропрофиля, так как позволяет косвенно оценить несущую способность поверхности и ее износостойкость. Зависимость относительной опорной длины профиля от зернистости алмазных брусков при различных уровнях сечения профиля приведена на рис. 6.

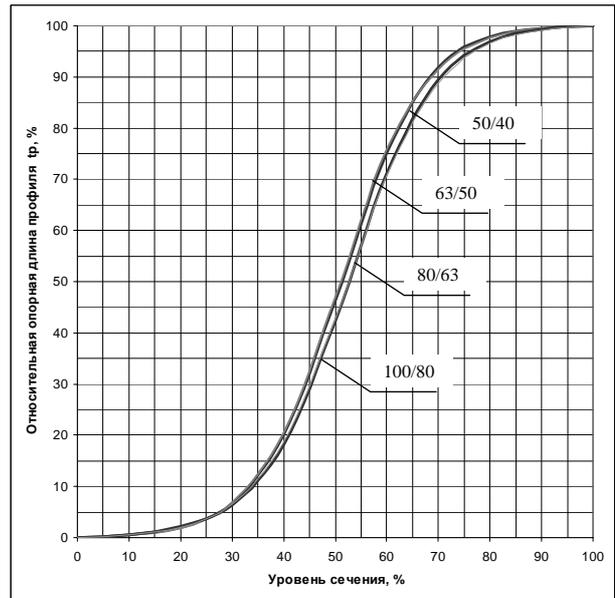


Рис. 6. Зависимость относительной опорной длины профиля от зернистости алмазных брусков при различных уровнях сечения

Анализ опорных кривых хонингованных поверхностей алмазными брусками различной зернистости показывает, что изменение зернистости практически не влияет на опорную длину профиля. Концентрации алмазов, угол сетки и время хонингования также не оказывают существенного влияния на величину относительной опорной длины профиля хонингованных поверхностей.

Результаты других исследований [8, 11] показывают, что увеличение относительной опорной длины профиля поверхности детали возможно при применении эластичных и полупластичных брусков.

ВЫВОДЫ

1. Определены зависимости съема металла и параметров шероховатости поверхности цилиндров из стали 38ХМЮА, подготовленной под азотирование, от условий алмазного хонингования.

2. Установлено, что высотные параметры шероховатости обработанной поверхности

существенно зависят от зернистости брусков. Концентрация алмазов, угол сетки хонингования и время обработки брусками с постоянным усилием разжима в течение цикла хонингования не оказывают влияния на величину высотных параметров шероховатости.

3. Увеличение зернистости алмазных зерен и угла сетки хонингования приводит к возрастанию среднего шага неровностей профиля S_m и уменьшению плотности выступов профиля D . Изменение концентрации и времени хонингования не оказывает существенного влияния на эти параметры шероховатости.

4. Применение хонинговальных брусков на металлической связке не позволяет управлять изменением относительной опорной длины профиля на основе изменения характеристики брусков или кинематических параметров процесса хонингования. Для решения вопроса, связанного с увеличением относительной опорной длины профиля, необходимо проведение исследований обработки поверхности цилиндров СШН эластичными и полуэластичными брусками.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Снабжение и сбыт.** Текущая ситуация в российском нефтегазовом машиностроении // *Снабжение и сбыт*. Новосибирск, 2003. № 1.
- Галимуллин, М. Л.** Разработка технических средств повышения работоспособности скважинных плунжерных насосов : автореф. дис. ... канд. техн. наук / М. Л. Галимуллин. Уфа, 2004. 25 с.
- ТУ 3665-004-26602587-2004.** Насосы скважинные штанговые и опоры замковые к ним : технические условия. Пермь, 2004.
- Мокронос, Е. Д.** Повышение надежности скважинных штанговых насосов / Е. Д. Мокронос // *Oil & Gas Journal*. 2007. С. 46.
- Лахтин, Ю. М.** Структура и прочность азотированных сплавов / Ю. М. Лахтин, Я. Д. Коган. М. : Металлургия, 1982. 174 с.
- ГОСТ 2789-90.** Шероховатость поверхности. Параметры, характеристики и обозначения : справочник по технологии резания металлов
- ГОСТ 25142-90*.** Шероховатость поверхности. Термины и определения.
- Фрагин, И. Е.** Новое в хонинговании / И. Е. Фрагин. М. : Машиностроение, 1980. 96 с.
- Маслов, Е. Н.** Теоретические основы процесса алмазной обработки материалов / Е. Н. Маслов // *Обработка машиностроительных материалов алмазным инструментом*. М. : Наука, 1996. С. 14–29.
- Маталина, А. А.** Передовая технология и автоматизация управления процессами обработки деталей машин / А. А. Маталина. Л. : Машиностроение, 1970. 702 с.

ОБ АВТОРАХ



Иванов Владимир Александрович, зав. каф. металло-реж. станк. и инст. Пермск. ГТУ. Дипл. инж.-мех. (ППИ, 1968). Д-р техн. наук по мех. и физ.-техн. обр. (СПбГТУ, 1994). Иссл. в обл. алмазно-абразивной обработки.



Иванов Александр Владимирович, асп. той же каф. Дипл. инж.-мех. (ПГТУ, 2005). Готовит дис. по повышению надежности скважинных штанговых насосов.



Хлопин Павел Александрович, магистрант той же каф. Дипл. бакалавр (ПГТУ, 2006).