

ОЦЕНКА ЗАВИСИМОСТИ ИЗНОСА ПЛУНЖЕРНОЙ ПАРЫ ОТ МАССЫ И РАЗМЕРА АБРАЗИВА

Э.Ш.Иманов, Ш.Дж.Джахандаров

Институт химических проблем Национальной АН Азербайджана

Исследована эффективность электролитического хромирования плунжера в паре плунжер-втулка. Опыты ставились на Сураханской нефти в системе: нефть – вода – абразив. Подтверждена зависимость степени износа поверхности от размера зазорного пространства в сопряженной паре и от массы абразивных частиц. Произведен расчет износа кварцевыми частицами до 30 мкм.

Работа глубинных насосов определяется состоянием наиболее ответственных его деталей и в первую очередь – состоянием плунжерных пар. Установлено, что преждевременное изнашивание этих рабочих деталей зависит от множества факторов, а именно, высокой минерализации откачиваемой продукции, наличия песка и механических примесей, стойкости материала, массы и размера кварцевого песка и др. примесей.

Исследования в этой области обычно основываются на материалах обследования уже бывших в эксплуатации деталей, и выводы по ним часто противоречивы. Нет, например, единого мнения об изнашивающем действии абразивных частичек. Наряду с утверждением, что более разрушительными являются частицы, превышающие размер зазора между плунжером и втулкой, существует стойкое мнение о наибольшей истирательной способности частиц меньших величин зазорного пространства в сопряженной паре. Весовое количество абразивных зерен также занимает одно из ведущих мест в изучении проблемы изнашивания поверхности в плунжерной паре.

Не выявлена также динамика изнашивания плунжерной поверхности в зависимости от количества и размера абразивных частиц, всегда присутствующих в добываемой продукции; не до конца разработан анализ механизма самого изнашивания: не установлена четкая количественная зависимость между процессом износа и абразивными частицами.

Учитывая некоторые позиции вышеизложенных недоработок в области трения и износа оборудования, была поставлена цель – изучить процесс изнашивания сопряженной пары в зависимости от размера и количества абразива и изменение поверхностной микротвердости методом отпечатков, а также проверка эффективности электролитически осажденного хромированного слоя на поверхности плунжера в системе: нефть – вода – абразив.

Процесс исследования проводился на приборе собственной конструкции, моделирующей в миниатюре работу сопряженной пары в эксплуатационных условиях. Использовалась сураханская нефть и сталь марки 45.

Малые размеры изучаемых деталей, незначительная величина износа и неравномерное его распределение на изнашиваемой поверхности [1] не позволили воспользоваться для измерения степени износа обычными методами микрометрирования, в силу чего измерение износа осуществлялось с помощью метода отпечатков наносимых алмазной пирамидой прибора ПМТ-3 на изнашиваемую поверхность [2]. Отпечатки наносились в трех поясах головки (верхней части) плунжера через 15° по окружности каждого пояса (на участке диаметром 10 мм и длиной 15 мм наносилось 20 отпечатков). Глубина отпечатков в зависимости от величины ожидаемого износа была 5-10 мкм. Отпечатки фотографировались фотоаппаратом «Зенит – М», сооруженного на ПМТ-3 с помощью специальных насадок. Величина зазора между плунжером и втулкой определялась путем гидравлических испытаний по утеканию откачиваемой продукции через зазор.

Износ втулки определялся косвенно, путем применения неизнашиваемого контрольного плунжера. Сравнение данных гидравлических испытаний пары, полученных с изнашиваемым и контрольным плунжером, позволяло определять относительный износ втулки.

Известно, что применение метода отпечатков затрудняется образованием вспучивания металла вокруг краев отпечатка, влияющим на точность измерений. Существующие методы определения величины вспучивания достаточно сложны, поэтому нами была усовершенствована более простая методика, основанная на сравнении износа, замеренного по двум рядом расположенным отпечаткам: с

предварительно снятым вспучиванием и имеющим вспучивание.

Именно по этой методике на изнашиваемую поверхность наносились отпечатки алмазной пирамиды, вспучивание вокруг которых устранялось затем путем приработки. По окончании приработки рядом с ними наносились новые отпечатки, и поверхность детали подвергалась изнашиванию. При последующем измерении разница в уменьшении длин диагоналей первых и вторых отпечатков позволяла определить высоту вспучивания металла у конца диагоналей отпечатков (рис.1).

$$a_0 = \delta'_1 - \delta_1$$

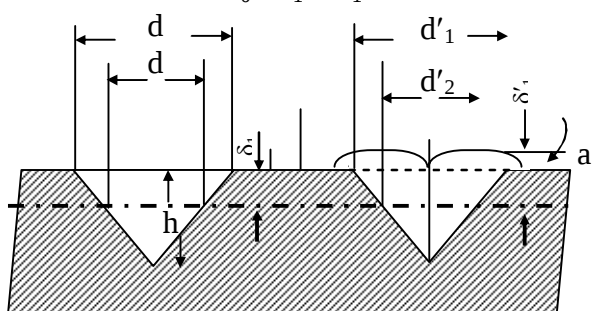


Рис.1. Разрез (по диагонали) отпечатка на поверхности металла:

справа – до удаления вспучивания; слева – после удаления вспучивания.

Применение метода отпечатков позволило установить нарастание линейного износа плунжера во времени [3] в зависимости от массы и размера абразивных частиц в откачиваемой жидкости.

Абразивные частицы (всегда присутствующие в откачиваемом конденсате во взвешенном состоянии) [4] вместе с нефтью поступают в надплунжерное пространство при всасывающем ходе плунжера: при нагнетательном ходе плунжера некоторая часть обводненной нефти просачивается в зазор между плунжером и втулкой: вместе с жидкостью к зазору подводятся и абразивные частицы.

Поскольку размер абразивного материала, находящегося в обводненной нефти, различен, то и изнашивающее действие агента различно: частицы, размер которых меньше зазора, могут свободно проходить через последний, не оказывая существенного влияния на поверхность сопряженной пары; частицы, размер которых значительно превосходит величину зазора изучаемой пары, проникнуть в него уже не могут. Следовательно, изнашивание должно производить те частицы, размер которых незначительно превышает радиальный

зазор между изнашивающимися поверхностями. Такие частицы подводятся просачивающейся нефтью к зазору, захватываются при встречном движении плунжера и, проникая в зазорное пространство, прокатываются между изнашиваемыми поверхностями или внедряются в них, пластически деформируя поверхностные слои деталей или срезая частички металла.

Чтобы оценить количественную величину линейного износа (цифры износа соответствуют средней величине линейного износа для пояса, расположенного на расстоянии 1 мм от края плунжера) плунжерной пары, вызванного действием абразивных частиц, будем исходить из нижеследующего положения экспериментальных исследований.

Износ зависит от общего весового количества абразивных частиц, прошедших за время изнашивания через зазор и размер которых в каждый момент изнашивания незначительно больше радикального зазора испытываемой пары.

При заданной концентрации частиц с эквивалентным диаметром x , объем этих частиц в определенном объеме жидкости (нефть + вода) в среднем пропорционален их диаметру в третьей степени x^3 , а следовательно, число их пропорционально $\frac{1}{x^3}$. Число частиц, размер

которых несколько больше x и которые пройдут одна за другой через зазор и между сопряженными деталями по их образующей, являясь при этом причиной линейного износа, пропорционально $\frac{1}{x^2}$, так как такие частицы проходят через зазор в один слой. Действительно, если число $\frac{m}{x^3}$ частиц, прошедших через

кольцевой зазор с определенным объемом нефтеводы, поделить на число $\frac{\pi D}{x}$ частиц,

располагающихся по окружности деталей (в их поперечном сечении), то число частиц, которые прошли вдоль образующей, будет равно

$\frac{n}{x^2}$. Чтобы выразить это положение математически, рассуждение ведется нижеследующим образом. Пусть функция распределения абразивных зерен, содержащихся в жидкой сфере (изучаемой системе нефть-вода-песок), по размерам в весовом отношении согласно кривой распределения есть $F(x)$, а G – вес абразива, содержащегося в объеме жидкой среды, просочившейся через зазорное пространство; $a + y$ – ширина радиального зазора в данный момент

времени; a – начальная (неизношенная) ширина зазора; y – износ к данному моменту времени (рис.2)

Износ на величину y произведен зернами, вес которых составляет некоторую часть от общего веса G и размер которых в каждый момент изнашивания незначительно превышал

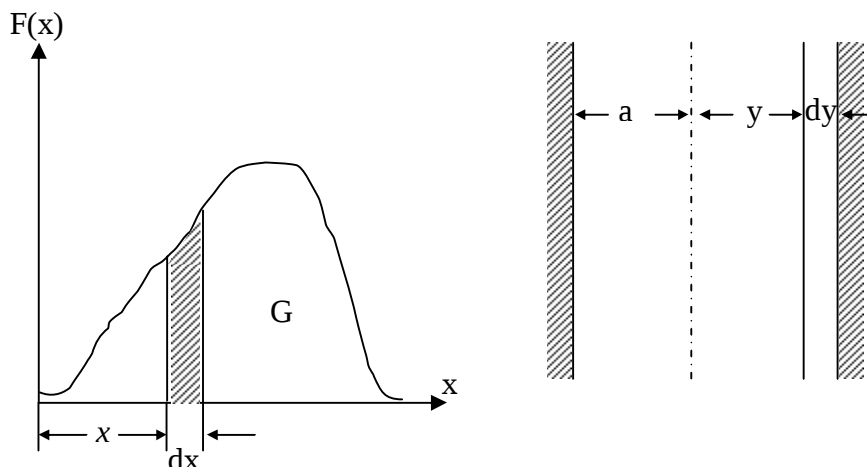


Рис.2. Кривая распределения абразивных частиц в системе (нефть-вода-песок) по размерам в весовом отношении.

Чтобы найти массу абразивных частиц [5], производящих изнашивание (размер которых не меньше величины зазора в данном отрезке времени), подчеркнем, что относительное весовое содержание зерен, размер которых располагается между x и $x + dx$, будет равно $F(x)dx$, а вес этих частиц будет равен $GF(x)dx$.

Вес одной изнашивающей частицы и имеющей размер x , пропорционален общему весу этих частиц. Так как число зерен, проходящих через пространство между плоскостями и производящих износ, пропорционально $\frac{1}{x^2}$,

то общее количество частиц, вызвавших износ, будет пропорционально

$$G \frac{F(x)}{x^2} dx$$

Если бы приращение dy износа испытываемой пары абразивными частицами (при изменении размера изнашивающих частиц с x до $x + dx$) зависело только от изменения величины зерен, проходящих через зазор, то в соответствии с вышеизложенным, оно было бы пропорционально величине

$$G \frac{F(x)}{x^2} dx \quad (1)$$

Однако в процессе изнашивания в связи с увеличением зазора будет увеличиваться и

величину зазора и заключался между x и $x + dx$. Частицы, имеющие размер меньше x или больше $x + dx$, не оказывали изнашивающего действия на трущиеся детали, так как они или свободно проносились нефтеводой, или вообще не могли попасть в зазорное пространство.

общее количество (вес) абразивных частиц, проходящих через зазор, так как при этом усиливается и просачивание жидкой среды. Поэтому приращение износа равно

$$d(y + \delta y) - dy = k(6 + \delta) \frac{F(x)}{x^2} dx - k6 \frac{F(x)}{x^2} dx, \quad (2)$$

т.е. приращение глубины износа пропорционально приращению числа всех проходящих через зазор частиц как за счет изменения величины тех из них, которые изнашивают, так и за счёт изменения количества всех проходящих частиц в связи с увеличением (деформацией) геометрических размеров зазорного пространства. Последнее равенство даёт

$$\frac{d^2 y}{dx dG} = K \frac{F(x)}{x^2} \quad (3)$$

Коэффициент пропорциональности зависит от свойств трущихся материалов (природа материала, термообработка) и свойства абразива (твёрдость, прочность, форма и т.д.) и может быть найден экспериментальным путём.

Рассматривая изнашивание с момента, когда зазор имеет величину $a + y$, до момента, когда он достиг некоторой величины b , из выражения (3) получим

$$\frac{dy}{dG} = K \int_{a+y}^b \frac{F(x)}{x^2} dx,$$

или

$$KdG = \frac{dy}{\int_{a+y}^b \frac{F(x)}{x^2} dx}.$$

Обозначив

$$\int_{a+y}^b \frac{F(x)}{x^2} dx = \phi(y)$$

получим

$$KdG = \frac{dy}{\phi(y)},$$

откуда

$$KG = \int_0^y \frac{dy}{\phi(y)} \quad (4)$$

Это выражение дает зависимость износа от веса всего абразива, содержащегося в откачиваемой системе, просочившейся через пространство между плунжером и втулкой за период изнашивания от 0 до у.

По выведенным зависимостям произведен расчет износа кварцевыми частицами размером до 30 м исследуемой пары (хромированный плунжер из стали 45-азотированная стальная втулка из стали марки 38 ХМЮА с твердостью внутренней поверхности HV868-1124 с глубинной азотированной слоя от 0,2 до 0,5 мм) штангового глубинного насоса.

Необходимые для расчета значения F(x) функции распределения для различных размеров частиц получены из дифференциальной кривой распределения размерных фракций абразивного агента (рис.2). Расчет произведен методом графического интегрирования. Таким

образом, подтверждено, что применение метода отпечатков для изучения изнашивания плунжерной пары позволяет одновременно с измерением линейного износа получить картину его распределения на поверхность трения. Величина износа зависит от количества проникших в зазор абразивных частиц, размер которых в каждый момент процесса изнашивания больше радиального зазора в изучаемой паре.

Важно отметить, что в заданных условиях абразивного изнашивания в нефтеводной среде, износостойкость пары с электролитически хромированной поверхностью плунжера в несколько раз превышает износостойкость обычной пары.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иманов Э.Ш. // Ученые записки Аз.ГУ. Баку. 2000. Т.IX. №2. С.20.
2. Кутейникова З.А., Сидорова Т.Г., Фукс Г.И. // ФХИМ. 1972. №2. С.79.
3. Иманов Э.Ш., Асадов М.М. // Мат. конф. посв. 100-летию юбилею акад. Г.Б.Шахтахтинского. Баку. 2000. С.81.
4. Асадов М.М., Иманов Э.Ш. Влияние водной среды на износ пар трения сталь-сталь. Neftin, qazin qeotexnoloji problemleri və kimya elmi-tədqiqat institutu. Elmi əsərlər, VII cild. Bakı. 2006. S. 267.
5. Ташкинов Г.А. Исследование изнашивания плунжерных пар дизельного топливного насоса. // Трение и износ в машинах. М.: Изд-во АН СССР. 1959. сб.XIII. С.34.

ABRAZIVİN ÖLÇÜSÜ VƏ KÜTLƏSİNDƏN SÜRGÜ QOLU CÜTÜNÜN AŞINMASININ ASILILIĞININ QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ

E.Ş.İmanov, Ş.C.Cahandarov

Sürgü qolu – oymaq cütündə sürgü qolunun elektrolitik xromlanması effektivliyinin tədqiqatı aparılmışdır. Təcrübələr Suraxanı neftinin iştirakilə neft – su – abraziv sistemində qoyulmuşdur. Qoşulmuş cütün aralıq məsafəsinin ölçüsündən və abraziv dənəciklərinin kütləsindən səthin aşınma dərəcəsi təsdiqlənmişdir. 30 μ qədər ölçüsü olan kvarts dənəciklərinin vasitəsilə kəmiyyətin aşınmasının hesablanması aparılmışdır.

ESTIMATION OF DEPENDENCE OF PLUNCER PAIRS DETERIORATION FROM WEIGHT AND SIZE OF AN ABRASIVE

E.S.Imanov, S.D.Dzhahandarov

Efficiency of electrocatalytic chromium plating of plunger in pair of plunger-cartridge has been explored. Experiments were put on Surakhansky oil within the system: oil - water - abrasive. Dependence of the degree of deterioration of the surface on the size of space in the connected pair and from weight of abrasive particles has been confirmed. Calculation of deterioration by quartz particles up to 30 μ made