

УДК 622.24.053

КОМПЛЕКСНОЕ ИЗУЧЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ АЛЮМИНИЕВЫХ БУРИЛЬНЫХ ТРУБ

Шакирова Алина Ильдаровна¹,
Shakirova_ali@mail.ru

Исмаков Рустэм Адипович¹,
ismakovrustem@gmail.com

Аглиуллин Ахтям Халимович¹,
dir@oooptm.ru

¹ Уфимский государственный нефтяной технический университет,
Россия, 450064, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1.

Актуальность работы обусловлена необходимостью в использовании высококачественных материалов бурильного инструмента для поиска трудноизвлекаемых углеводородов Крайнего Севера и освоения арктического шельфа.

Цель работы: совершенствование свойств материала легкосплавных бурильных труб (ЛБТ), основанное на результатах комплексного изучения серии образцов алюминиевых сплавов, включая их триботехнические испытания на машинах трения.

Методы исследования: анализ процесса изнашивания: образцов ЛБТ в контакте со стальной (45 группы прочности «D») обсадной колонной с использованием машины трения УМТ 2168 в среде промывочной жидкости и на тестере Fann; образцов ЛБТ в контакте «металл – горная порода» в среде промывочной жидкости на машине трения АИ-ЗМ; тестирование образцов легкосплавных бурильных труб в системе «обсадная колонна – бурильная труба» в среде промывочной жидкости на машине трения ИИ-5018.

Результаты. Показано, что методы, базирующиеся на установках УМТ-2168, ИИ-5018, АИ-ЗМ и тестере Fann, позволяют моделировать процесс трения бурильных труб, изготовленных из легкого сплава, обеспечивая физическое подобие процесса трения пары «бурильная труба – обсадная колонна», «бурильная труба – горная порода» в среде различных буровых промывочных жидкостей. Проанализировано влияние применяемых в бурении растворов с полимерными и смазочными добавками на показатели триботехнических свойств различных буровых промывочных жидкостей применительно к паре трения «металл – горная порода». Рекомендовано применение методов интенсивной деформации, в частности равноканально-углового прессования, для получения ультрамелкозернистой структуры в алюминиевых сплавах с заданными физико-механическими свойствами, необходимых для улучшения триботехнических свойств и увеличения срока службы бурильных труб.

Ключевые слова:

Бурильная колонна, легкосплавные бурильные трубы, метод РКУП, запас прочности, скважина с большой протяженностью горизонтального участка.

Введение

За последние годы объём проходки в горизонтальном бурении вырос на 70 %, что явилось основным драйвером роста рынка бурения, а также всего комплекса связанных с ним услуг. Выросла потребность в совершенствовании техники и технологии обеспечения безаварийного введения работ при бурении горизонтальных участков большой протяженности. Одной из важнейших составляющих бурильной колонны (БК) являются бурильные трубы, которые предназначены не только для промывки забоя и ствола скважины, доведения гидравлической мощности до забойного двигателя, но и для создания и доведения осевой нагрузки, вращающего момента до породоразрушающего инструмента. С учетом существующих технологических факторов, влияющих на искривление скважин, используются соответствующие компоновки БК, которые в процессе бурения испытывают различные типы нагрузок как в обсаженном, так и в открытом стволе. Как правило, из-за большей протяженности ствола, с БК возникают технико-технологические сложности, связанные с износом материала замков, тела труб, потерей устойчивости. Совершенствование компоновок со стальными бурильными трубами (СБТ) включает, особенно в по-

следние годы, применение комбинированных БК с использованием легкосплавных бурильных труб (ЛБТ) [1–5]. Последние позволяют не только снизить силы трения о стенки ствола при вращении и продольном продвижении БК в горизонтальном участке скважины, но и увеличить его протяженность, существенно повлиять на очистку ствола скважины от шлама. Таким образом, повышение эксплуатационных свойств ЛБТ на современном этапе развития техники и технологии бурения является весьма актуальной задачей.

Целью настоящего исследования является совершенствование свойств материала ЛБТ, основанное на результатах комплексного изучения серии образцов алюминиевых сплавов (Al-Cu-Zr, 1420, 1421, 1460) [6], включая их триботехнические испытания [7].

Исследования включают в себя лабораторные изучения:

- 1) изнашивания образцов ЛБТ в контакте со стальной (45 группы прочности «D») обсадной колонной на машине УМТ 2168 [8] в среде промывочной жидкости (буровая промывочная жидкость на водной основе, безглинистый буровой раствор, полимерный буровой раствор) на тестере Fann [9];

- 2) процесса изнашивания образцов ЛБТ в контакте «металл – горная порода» в среде промывочной жидкости на машине трения АИ-3М [10–12];
- 3) изнашивания легкосплавных буровых труб в системе «обсадная колонна – буровая труба» в среде промывочной жидкости на машине трения ИИ-5018 [13, 14].

Применительно к условиям бурения и эксплуатации скважин можно выделить два характерных случая вида контакта БК о стенки скважины: при вращении буровых труб, при проведении спускоподъёмных операций (продольное перемещение) соответственно как в открытом, так и в обсаженном стволе. Испытуемые образцы ЛБТ были как стандартные, так и предварительно подвергнутые равноканальному угловому прессованию (далее – РКУП) – один из распространённых методов интенсивной пластической деформации [15–17]. Метод заключается в продавливании (экструзии) материала через наклонные по 90° каналы с одинаковой площадью поперечного сечения (рис. 1). Эту процедуру повторяли несколько раз.

Деформационное воздействие РКУП создаёт различные дефекты кристаллов сплава, изменяя при этом микроструктуру материала. В отличие от многих других способов деформационной обработки (например, наклёп, волочение) РКУП морфологически однородно уменьшает размер зёрен и изменяет их форму.

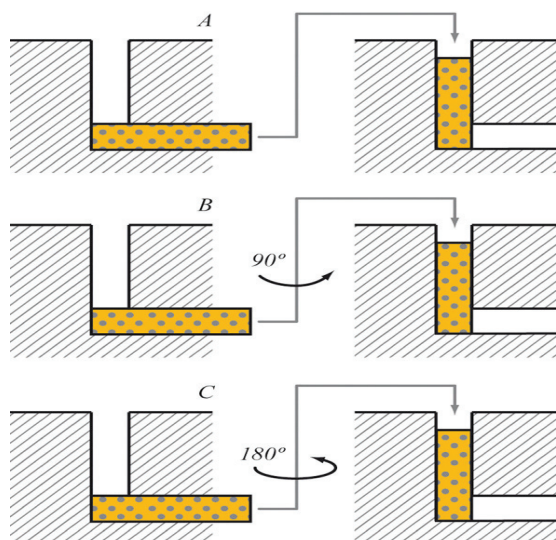


Рис. 1. Схематическое изображение модификаций РКУП: А – ориентация заготовки остается неизменной при каждом проходе; В – после каждого прохода заготовка поворачивается вокруг своей продольной оси на угол 90° ; С – после каждого прохода заготовка поворачивается вокруг своей продольной оси на угол 180°

Fig. 1. Schematic image of modifications of equal channel angular pressing (ECAP): А – work piece orientation remains unchanged with each pass; В – after each pass the perform is rotated around its longitudinal axis at an angle of 90° ; С – after each pass the perform is rotated around its longitudinal axis at an angle of 180°

Следует отметить, что в согласии с современными представлениями применяемые материалы можно условно разделить на три класса: ультрамелкозернистые (УМЗ), с размером зерен 1–10 мкм; субмикроструктурные (СМК), с размером зерен 0,1–1 мкм и нанокристаллические (НК), с размером зерен менее 100 нм. Такое разделение является обоснованным, поскольку физико-механические свойства УМЗ, СМК и НК материалов заметно различаются. Так, в сплавах с УМЗ структурой в определенных температурно-скоростных интервалах проявляется эффект структурной сверхпластичности, а уменьшение размера зерен до нанокристаллических величин в композитных и механически легированных сплавах приводит к явлению высокоскоростной сверхпластичности. В СМК и НК материалах продемонстрирована возможность получения высокопрочного состояния. В таких материалах изменяются даже такие структурно нечувствительные параметры, как температуры Кюри и Дебая, упругие модули, намагниченность насыщения и прочее. Уменьшение до субмикронного размера зерна обрабатываемых металлов и сплавов может приводить к значительному улучшению их механических свойств, в частности к повышению пределов прочности и текучести, а также к появлению способности к сверхпластическому деформированию [18–21].

Сформированная методом РКУП структура сплава 1420, наряду с особенностями его фазового состава, приводит к значительному повышению механических свойств этого материала. Так, величина микротвердости возрастает до 1260 МПа, а предел текучести при растяжении – до 280 МПа. Наблюдаемое многократное повышение механических свойств сплава 1420 после РКУП может быть обусловлено большими вкладами от твердорастворного и дисперсного упрочнения этого материала [22, 23]. В лабораторных исследованиях легких сплавов показано, что их износ зависит в значительной мере от обработки материала, от размера зерен и состояния границ зерен материала. Износ контртела при этом не учитывался в испытаниях.

Исследование изнашивания образцов ЛБТ в контакте с обсадной колонной на машине УМТ 2168 и Fann

С учетом сопоставления данных с критериями подобия и шероховатости поверхности с показателем $R_z 80$ (где R_z – высота неровностей профиля по 10 точкам, 80 мкм) тестер смазочных свойств фирмы «FANN» модели 212 и машина трения УМТ-2168 позволяют осуществить приближенное моделирование процесса изнашивания в системе «буровая труба – обсадная колонна» в определенном диапазоне режимов взаимодействия по энергетическим показателям. Для проведения лабораторных экспериментальных исследований выбран тестер смазочных свойств фирмы «FANN» модели 212 и машина трения УМТ-2168, предназначенные для измерения коэффициента трения и оцен-

ки скорости изнашивания пары трения «металл–металл» в определенных промывочных жидкостях.

В ходе исследований на установках тестер смазочных свойств фирмы «FANN» модели 212 и машине трения УМТ 2168 были получены значения коэффициента трения (φ) и скорости изнашивания (a , мм/ч) «сплав 1420 (до и после обработки) – сталь 45» в промывочных жидкостях, соответствующих реальным условиям бурения. Значение силы трения между образцами в ходе опыта регистрирует тензодатчик, сигнал с которого обрабатывается на АЦП и регистрируется на компьютере.

Средой для проведения опытов являлись следующие составы [24, 25]:

- 1) буровая промывочная жидкость (БПЖ) – техническая вода;
- 2) буровой безглинистый раствор (ББР) (Вода + 0,5 % Duovis + 0,3 % Aqua PAC LV + 0,1 % NaOH + 20 % Мел);
- 3) полимерный глинистый раствор (ПГР) (Вода + 4 % Бентонит + 0,2 % ЧГПАА + 0,3 % ПАМ + 0,1 % NaOH).

В соответствии с полученными результатами лабораторных исследований были построены диаграммы зависимости скорости изнашивания и коэффициента трения «сплав 1420 – сталь 45» в различных средах (рис. 2, 3).

Из приведенных ниже диаграмм можно сделать вывод о том, что при использовании методов

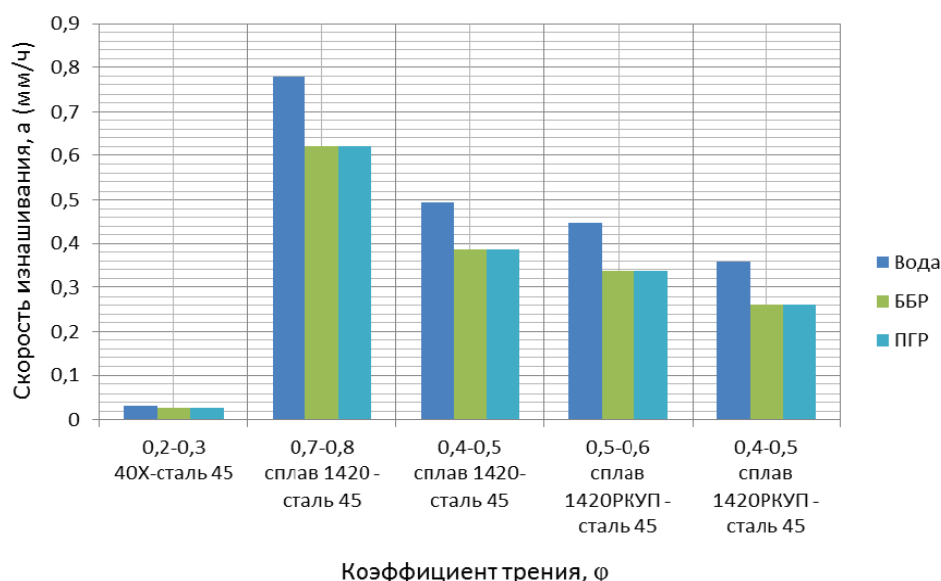


Рис. 2. Диаграмма зависимости коэффициента трения от значения скорости изнашивания «сплав 1420 – сталь 45» на УМТ 2168

Fig. 2. Diagram of dependence of friction coefficient on the alloy wear rate value «alloy 1420 – steel 45» in UMT 2168

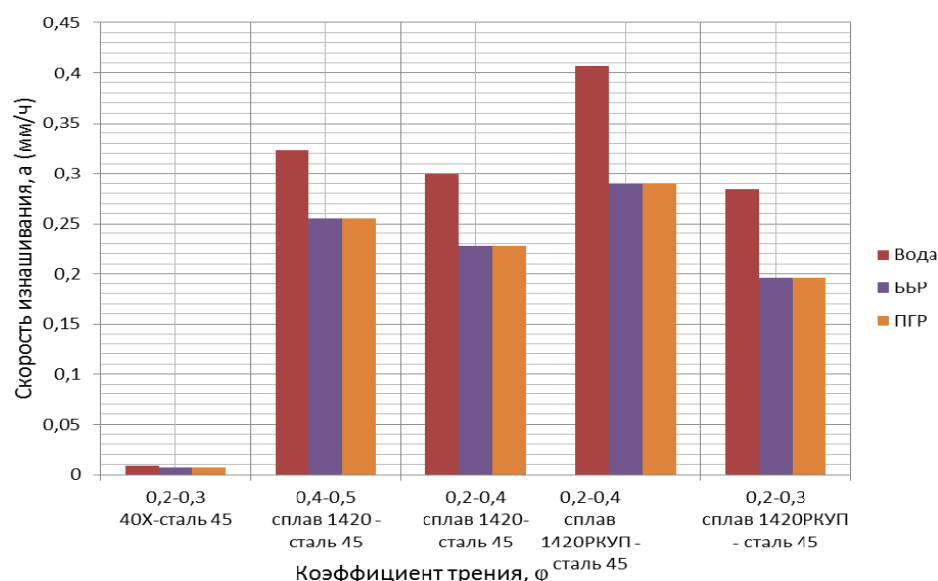


Рис. 3. Диаграмма зависимости коэффициента трения от значения скорости изнашивания «сплав 1420 – сталь 45» на FANN 212

Fig. 3. Diagram of dependence of friction coefficient on the alloy wear rate value «alloy 1420 – steel 45» in FANN 212

обработки равно-канального углового прессования и с учетом полимерных добавок значения коэффициента трения и скорости изнашивания уменьшаются. Метод РКУП позволяет увеличить износостойкость легкого сплава, применяющегося для изготовления ЛБТ, в полтора раза. Коэффициент трения в паре «металл – легкий сплав РКУП» на 15 % ниже, чем в паре «металл – легкий сплав».

Исследование процесса изнашивания ЛБТ в контакте «металл – горная порода» на машине трения АИ-3М

Для проведения эксперимента была выбрана установка АИ-3М, которая позволяет моделировать изнашивание замка легкосплавной бурильной трубы о стенку необсаженной части скважины.

Данная установка является модификацией старой установки АИ-3, которая включает систему: подачи диска, подачи керна, подачи осевой нагрузки и подачи промывочной жидкости (рис. 4).

Перед началом опыта берется диск диаметром 30 мм, шириной 4 мм и горная порода с ровной поверхностью. Диск из образца сплава взвешивается на специальных весах. Далее, после крепления диска и горной породы на установке, начинается эксперимент. В ходе опыта также необходимо запустить циркуляционную систему с помощью насоса, тем самым имитируя процесс промывки скважины. После того как диск полностью проедется по горной породе, установка автоматически выключится. Далее диск снимается для повторно-

го взвешивания. Тензометр, который установлен на столе установки под горной породой, через специальный переходник, подключен к компьютеру, на котором с помощью программного обеспечения ZetLab необходимо следить за показателем силы трения. Также перед началом опытов необходимо провести тарировку осевой нагрузки и силы трения скольжения, чтобы можно было определить коэффициент трения. Далее по полученным в ходе исследования данным рассчитываем показатели скорости изнашивания диска и коэффициент трения [10–12].

В качестве растворов были взяты вода и ингибированный глинистый раствор (17 % бентонит + 0,2 % NaOH + 0,6 % Na_2CO_3 + 1 % КМЦ + 0,2 % НТФ + 4 % KCl + 75 % Мел), а в качестве смазочной добавки – 1 % СДБур (смазочная добавка, которая предназначена для обработки буровых растворов при бурении разведочных, эксплуатационных, наклонно-направленных, горизонтальных скважин).

Для определения износостойкости металлического диска из легкого алюминиевого сплава были проведены два эксперимента, каждый из которых включает в себя по несколько серий опытов. Опыты проводились регулированием осевой нагрузки по данным тарировки. С увеличением осевой нагрузки возможны появления стружек из материала диска, поэтому рекомендуется использовать защитные очки.

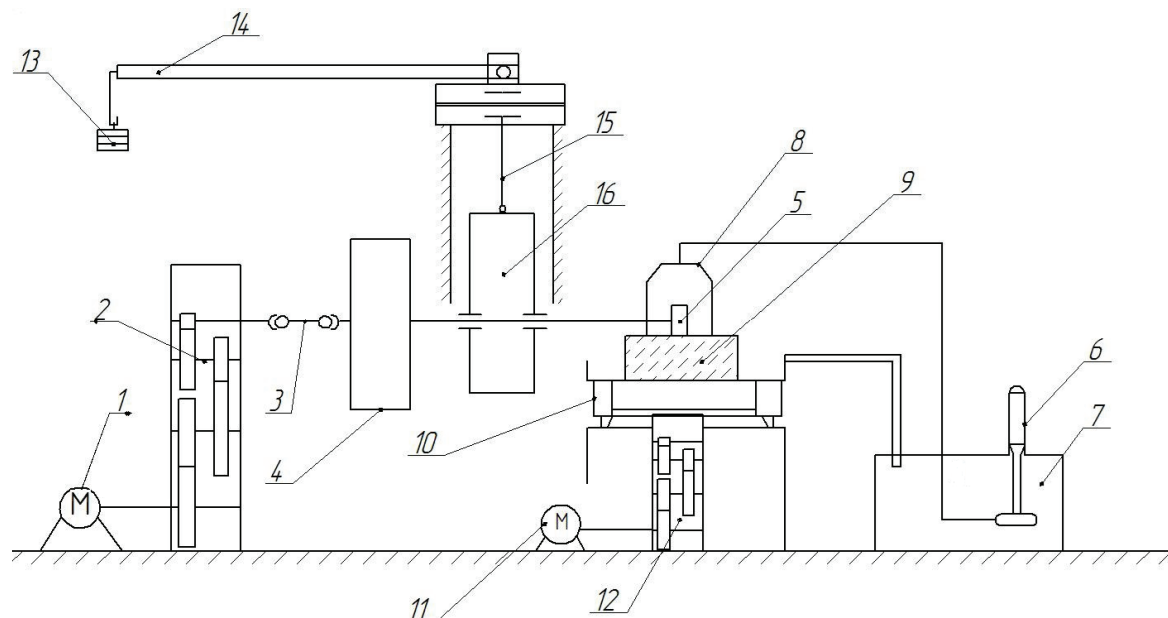


Рис. 4. Принципиальная схема установки АИ-3М: 1 – электродвигатель; 2 – силовой редуктор для изменения частоты вращения шпинделя; 3 – карданный вал; 4 – маховик; 5 – исследуемый на износ диск; 6 – центробежный насос; 7 – приемная емкость; 8 – специальная камера; 9 – керн горной породы; 10 – стол установки; 11 – электродвигатель; 12 – коробка передач для изменения скорости протяжки; 13 – съемный груз; 14 – рычаг; 15 – шток; 16 – ползун для передачи осевой нагрузки; 17 – измерительная система

Fig. 4. Schematic diagram of installation AI-3M: 1 is the electric motor; 2 is the power reducer for changing spindle speed; 3 is the cardan shaft; 4 is the flywheel; 5 is the wear disk for studying; 6 is the centrifugal pump; 7 is the receiving tank; 8 is the special camera; 9 is the core rock; 10 is the installation table; 11 is the electric motor; 12 is the gearbox to change the speed; 13 is the removable cargo; 14 is the lever arm; 15 is the stock; 16 is the slider for transmitting axial load; 17 is the measurement system

Как говорилось выше, опыт проводился с помощью установки АИ-3М, которая включает в себя системы подачи диска, керна, осевой нагрузки и промывочной жидкости.

В первом эксперименте в качестве металла был применен сплав алюминий 1420 до РКУП, а в качестве горной породы – доломит. На рис. 5 приведены графики зависимости коэффициента трения в системе «металл – горная порода» от величины интенсивности нагрузки.

Из рис. 5 видно, что использование ингибированного глинистого раствора и смазочной добавки СДБур значительно снижает скорость изнашивания бурильного инструмента.

Во втором эксперименте в качестве металла был применен сплав алюминий 1420 после равноканально угловое прессование, а в качестве горной породы также – доломит. На рис. 6 приведены графики зависимости скорости изнашивания и коэффициента трения металла в системе «металл – горная порода» от величины интенсивности нагрузки.

Из рис. 5, 6 видно, что при использовании сплава алюминий 1420 после РКУП значительно снижается коэффициент трения и скорость изнашивания бурильного инструмента, по сравнению с использованием сплава алюминий 1420 до РКУП.

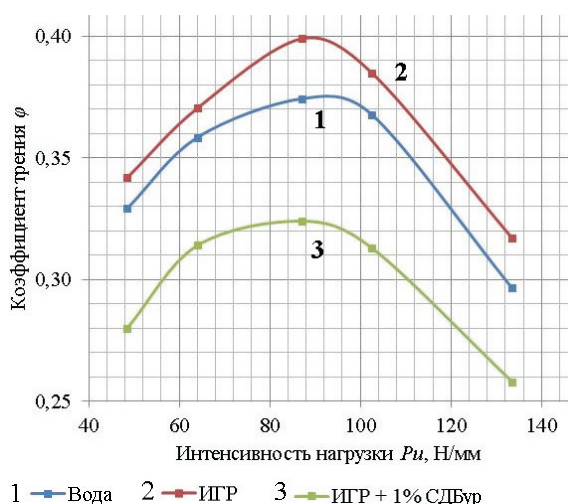


Рис. 5. График зависимости коэффициента трения от интенсивности нагрузки для сплава алюминий 1420 до РКУП при трении о доломит

Fig. 5. Graph of dependence of friction coefficient on load intensity for the aluminum alloy 1420 before ECAP when working over dolomite

Графически полученные результаты зависимостей скорости изнашивания, коэффициента трения от интенсивности нагрузки, подаваемой на образец в различных средах, показали, что при использовании воды в качестве среды значение скорости изнашивания образца в 3 раза больше, чем в буровом растворе с применением ингибирующих добавок. Наилучшие результаты были получены при использовании в буровом растворе СДБур, значение скорости изнашивания образца которого в 3,5 раза меньше, чем в воде, и на 0,1 раз меньше, чем в ингибирующем глинистом растворе.

Благодаря обработке сплава РКУП улучшается износостойкость сплава на 20 %, а также другие важные параметры металлических сплавов.

Алюминиевый сплав 1420 очень редко применяется в бурении из-за своей низкой прочности. Однако меньший вес, доступность, дешевизна, а также использование РКУП в будущем открывает очень хорошие перспективы в бурении глубоких и сверхглубоких скважин.

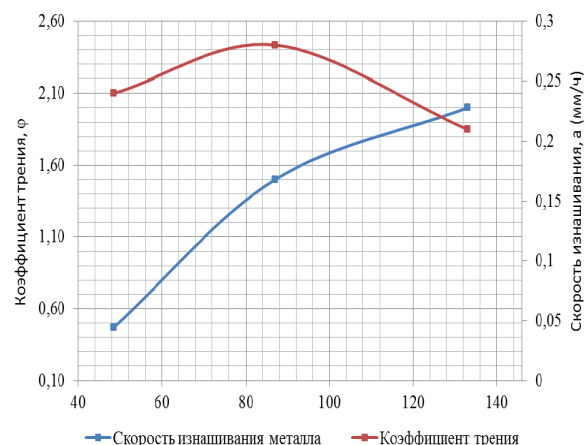


Рис. 6. График зависимостей скорости изнашивания и коэффициента трения металла от интенсивности нагрузки для сплава алюминий 1420 после РКУП при работе по доломиту

Fig. 6. Graph of dependence of alloy wear rate value on load intensity for the aluminum alloy 1420 after ECAP when working over dolomite

Исследование работы легкосплавных бурильных труб в системе «обсадная колонна – бурильная труба» на машине трения ИИ-5018

Для проведения эксперимента была выбрана установка ИИ-5018, которая позволяет моделировать процессы трения и износа металлов, сплавов и жестких конструкционных пластмасс об обсаженную часть ствола скважины. Установка ИИ-5018 включает систему: образец – контртело (схема «вкладыш–диск»), испытания со смазкой проводятся в специальной камере, машина устанавливается на виброопорах, специальный фундамент не требуется.

Задачи данного исследования:

- моделирование процесса бурения с легкосплавными бурильными трубами в обсаженной части ствола;
- подбор оптимальной промывочной жидкости с целью уменьшения износа образцов алюминиевых сплавов.

Средой для проведения опытов стали следующие составы:

- 1) полимерный глинистый раствор ПГР (вода + бентонит 3,5 % + мел 14 % + баразан 0,05 % + бактерицит 0,01 % + ПАЦ ЛВ 0,2 %);
- 2) безглинистый буровой раствор ББР (вода + 11 % CaCO_3 + 0,4 % ПАЦНВ + 0,2 % ксантановая камедь + 0,1 бактерицид «Дарсан» + 0,1 % NaOH);
- 3) теплая вода pH=7.

Для структурообразования был использован бентонит, в качестве утяжелителя и кислотного коагулянта – мел.

Применение этих растворов было выбрано исходя из ряда их достоинств – относительно недороги и многофункциональны.

Вода и растворы были залиты в специальную камеру для уменьшения трения и износа пары «вкладыш–диск».

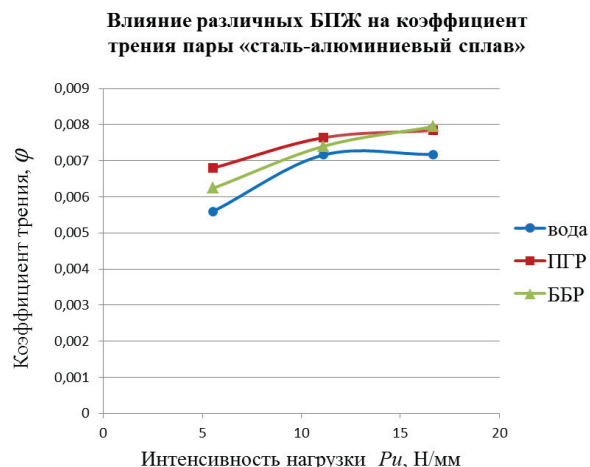


Рис. 7. График зависимости коэффициента трения металла от интенсивности нагрузки в различных промывочных средах

Fig. 7. Graph of dependence of metal friction coefficient on load intensity in various drilling fluids

На основе полученных результатов были построены зависимости нагрузки от скорости изнашивания, момента трения, из которых можно определить, что наименьшее изнашивание и трение металла происходит при применении полимерглинистого раствора. На рис. 7 представлены зависимости коэффициента трения металла от интенсивности нагрузки в различных промывочных средах. По результатам видно, что при применении полимерглинистого раствора износ и трение легкого сплава об обсадную колонну меньше, чем при

использовании в качестве среды воды и безглинистого бурового раствора.

Выводы и рекомендации

Проведенные исследования показали, что методики, базирующиеся на установках УМТ-2168, ИИ-5018, АИ-3М и тестере Fann, позволяют моделировать процесс трения буровых труб, изготовленных из легкого сплава, до и после обработки; обеспечивать физическое подобие процесса трения пары «буровая труба – обсадная колонна», «буровая труба – горная порода» в среде различных буровых промывочных жидкостей. Представлены следующие факторы, влияющие на повышение износостойкости и физико-механических свойств образцов алюминиевых сплавов:

1. Обработка образцов легкого сплава 1420 методом РКУП позволяет увеличить износостойкость в условиях работы БК в 1,5 раза. При этом коэффициент трения в паре «металл – легкий сплав» после РКУП на 15 % ниже, чем в паре «металл – стандартный легкий сплав».
2. Применение в бурении растворов с полимерными и смазочными добавками, которые оказывают влияние на показатели триботехнических свойств различных БПЖ применительно к паре трения «металл – горная порода». Установлено, что при использовании воды в качестве промывочной жидкости скорость изнашивания образца ЛБТ 1420 до обработки в 3 раза больше, чем при применении полимерглинистого раствора и раствора с ингибирующими добавками. Значение скорости изнашивания образца ЛБТ 1420 после обработки на 0,5 раз меньше по сравнению с образцом до обработки. Установлено, что наилучшие результаты были получены при использовании в составе бурового раствора смазочной добавки СДБур. Значение скорости изнашивания сплава 1420 до обработки в этом растворе в 3,5 раза меньше, чем в воде, и в 0,5 раза меньше, чем в ингибированном глинистом растворе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иогансен К.В. Спутник буровика. Справочник. 3-е изд. – М.: Недра, 1990. – 303 с.
2. Эффективность применения легкосплавных буровых труб ЛБТПН 90-9П при бурении боковых стволов малого диаметра в сложных геологотехнических условиях западно-сибирских нефтегазовых месторождений / А.А. Дворников, Р.Т. Ишканин, В.С. Басович, И.Н. Буяновский // Бурение и нефть. – 2014. – № 11. – С. 56–59.
3. Басович В.С., Буяновский И.Н., Сапунжи В.В. Перспективы применения легкосплавных буровых труб с наружным спиральным оребрением для бурения горизонтальных скважин и боковых стволов // Бурение и нефть. – 2014. – № 5. – С. 42–46.
4. Басович В.С., Буяновский И.Н., Петункин И.В. Перспективы применения алюминиевых буровых труб при бурении горизонтальных скважин большой протяженности // Бурение и нефть. – 2015. – № 6. – С. 80–85.
5. Comprehensive Studies of Aluminium Drill pipe / V.S. Tikhonov, M.Ya. Gelfat, C. Cheatham, A. Adelman // IADC/SPE Drilling

Conference and Exhibition. – New Orleans, Louisiana, USA, 2–4 February 2010. – Paper Number 128328.

6. Грищенко Н.А., Сидельников С.Б., Губанов И.Ю. Механические свойства алюминиевых сплавов. Монография. – Красноярск: Сиб. Федер. Ун-т, 2012. – 196 с.
7. Смазочное действие сред в буровой технологии. Монография / Г.В. Конесев, М.Р. Мавлютов, А.И. Спивак, Р.А. Мулюков. – Уфа: Недра, 1993. – 272 с.
8. Паспорт ГБ2.779.026.ПС. Машина для испытания материалов на трение 2168 УМТ. Методы испытаний. Госстандарт России. URL: <http://www.rosoil.ru/tests.html> (дата обращения: 20.01.2017).
9. Паспорт № 206905. Model 212 EP/Lubricity Tester. User Manual. Rev E. Houston, Texas, U.S.A. – 2009. – 37 p. URL: <http://www.fann.com/public1/pubsdata/Manuals/Model%20212%20EP%20Lubricity%20Tester.pdf> (дата обращения: 20.01.2017).
10. Яхин А.Р. Улучшение триботехнических свойств буровых промывочных жидкостей применением добавок комплексного действия: дис. ... канд. наук. – Уфа, 2015. – 172 с.

11. Лазаренко А.В., Яхин А.Р., Янгиров Ф.Н. Совершенствование методики износа бурового инструмента // 64-я научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых УГНТУ. Сборник материалов конференции. – Уфа, 2013. – С. 252–253.
12. Аглиуллин А.Х., Яхин А.Р. Изучение триботехнических свойств промывочных жидкостей применительно к паре трения «Буровой инструмент – стенка скважины». – Уфа: УГНТУ, 2014. – 13 с.
13. ГОСТ 27640–88. Материалы конструкционные смазочные. – М.: Изд-во стандартов, – 1988. – 22 с.
14. Аль-сухили М.Х., Исмаков Р.А., Янгиров Ф.Н. Совершенствование методики изучения триботехнических аспектов работы силовой секции винтовых забойных двигателей // Территория нефтегаз. – 2014. – № 8. – С. 24–31.
15. Способ подготовки структуры алюминиевых сплавов: а.с. СССР № 1693114 А1; заявл. 16.08.89; опубл. 22.07.91, Бюл. № С 22Ф 1/057. – 3 с.
16. Tsenev N.K. Grain Boundaries Structure and Mechanical properties of Aluminium Alloys // Intergranular and Interphase Boundaries in Materials. – 1996. – P. 2. – V. 207–209. – P. 841–844.
17. Characteristics of superplasticity in an ultrafine-grained aluminum alloy processed by ECA pressing / R.K. Islamgaliev, N.F. Yunusova, R.Z. Valiev, N.K. Tsenev, V.N. Perevezentsev, T.G. Langdon // Scripta materialia. – 2003. – № 49. – P. 467–472.
18. Сверхмелкозернистые материалы и перспективы их использования в горном деле и трубопроводном транспорте / А.М. Шаммазов, Н.К. Цевев, Х.И. Акчуринов, М.Н. Назарова, Р.А. Исмаков, С.П. Лебедич, В.Д. Суханов, Б.А. Чудинов, М.М. Криштал // Горный вестник. – 2000. – С. 33–36.
19. Valiev R.Z., Krasilnikov N.A., Tsenev N.K. Plastic Deformation of Alloys with Submicron-grained Structure // Mat. Sci. & Eng. – 1991. – A 137. – P. 35–40.
20. Production of Ultrafine-Grained Metallic Materials Using an Intense Plastic Straining Technique / M. Furukawa, P.B. Berbon, Z. Horita, M. Nemoto, N.K. Tsenev, R. Valiev, T.G. Langdon // Materials Science Forum. Volume: Towards Innovation in Superplasticity. – Switzerland, 2015. – P. 177–185.
21. Developing superplastic properties in an aluminum alloy through severe plastic deformation / S. Lee, P.B. Berbon, M. Furukawa, Z. Horita, M. Nemoto, N.K. Tsenev, R.Z. Valiev, T.G. Langdon // Materials Science and Engineering. – 1999. – A272. – P. 63–72.
22. Optimizing the Processing of a Commercial Al-based Alloy for High Strain Rate Superplasticity / P.B. Berbon, M. Furukawa, Z. Horita, M. Nemoto, N.K. Tsenev, R.Z. Valiev, T.G. Langdon // Microstructure, Micromechanics and Processing of Superplastic Materials / Eds. T. Aizawa, K. Higashi, M. Tokuda. – Tsu, Japan: Mie University 1997. – P. 81–88.
23. Tsenev N.K., Shammazov A.M. Structural changes during grain boundaries migration of submicrometer – grained alloy Al-3 % Mg // 3rd Int. Conf. on Grain Growth ICGG-3: Grain Growth in Polycrystalline materials III / Eds. H. Weiland, B.L. Adams, A.D. Rollet. – TMS, Warrendale, PA, 1998. – P. 485–490.
24. Состав для защиты металлов от коррозии в минерализованных сероводородсодержащих водных средах: пат. Рос. Федерация № 2176257; заявл. 01.06.99; опубл. 27.11.01, Бюл. № 7С 23Ф 11/10 В. – 2 с.
25. Улучшение антикоррозионных свойств буровых промывочных жидкостей / Г.В. Рахматуллина, Г.В. Конесев, Р.А. Исмаков, В.Р. Рахматуллин, Л.Х. Асфандияров, И.Р. Нигматуллин, В.П. Пуринов // Научно-технический вестник Поволжья. – 2013. – № 4. – С. 226–231.

Поступила 30.01.2016 г.

Информация об авторах

Шакирова А.И., аспирант кафедры бурения нефтяных и газовых скважин Уфимского государственного нефтяного технического университета.

Исмаков Р.А., доктор технических наук, профессор кафедры бурения нефтяных и газовых скважин, проректор по научной и инновационной работе Уфимского государственного нефтяного технического университета.

Аглиуллин А.Х., доктор технических наук, профессор кафедры бурения нефтяных и газовых скважин Уфимского государственного нефтяного технического университета.

UDC 622.24.053

COMPREHENSIVE STUDIES OF ALUMINUM DRILL PIPE MATERIALS

Alina I. Shakirova¹,
Shakirova_ali@mail.ru

Rustem A. Ismakov¹,
ismakovrustem@gmail.com

Akhtyam Kh. Agliullin¹,
dir@oooptm.ru

¹ Ufa State Petroleum Technical University,
1, Kosmonavtov street, Ufa, 450064, Republic of Bashkortostan, Russia.

The relevance of the discussed issue is caused by the need to use high quality material of drilling and rock cutting tool for developing remote regions of the Far North and Arctic offshore.

The main aim of the study is the enhancement of Light Alloy Drill Pipe material properties based on the results of the comprehensive studies of the aluminum alloy samples series, including its tribological tests on friction machines.

The methods used in the research: study of light alloy drill pipe specimens wear in contact with the steel casing (45 D group) on the friction machine UMT 2168 and tester FANN in fluid medium; work-study of light alloy drill pipe specimens in contact «metal-rock» on the friction machine AI-3M in fluid medium; work-study of light alloy drill pipe specimens in «casing – drill pipe» system on the friction machine II-5018 in fluid medium.

The results. The paper demonstrates that the methods based on machines UMT-2168, II-5018, AI-3M and tester FANN allow simulating friction process of drill pipe made of light alloy providing physical similarity of tribological process of «drill pipe – casing», «drill pipe – rock» pairs in various drilling fluids. The authors have studied the effect of the applied drilling fluids with lubricants and polymeric additives on performance of tribological drilling fluids properties in relation to the friction pair «metal-rock». It is recommended to apply the severe deformation technique, in particular the equal channel angular pressing, to obtain ultra-fine grain structure in aluminum alloys with the given physical and mechanical properties required to improve the tribotechnical features and increase of operating life of drill pipes.

Key words:

Drill string, light alloy drill pipe, equal-channel angular pressing (ECAP), margin of safety, horizontal well.

REFERENCES

1. Iogansen K.V. *Sputnik burovika* [Driller satellite]. 3rd ed. Moscow, Nedra Publ., 1990. 303 p.
2. Dvornikov A.A., Ishkin R.T., Basovich V.S., Buyanovskiy I.N. Effectiveness of application of light alloy drill pipes of improved dependability LAIDP 90-9P for drilling of slim side holes in complicated geological and technical conditions of West Siberian oil and gas fields. *Burenie i neft*, 2014, no. 11, pp. 56–59. In Rus.
3. Basovich V.S., Buyanovskiy I.N., Sapunzhi V.V. Perspectives of applying light-alloy drill pipes with outer spiral flinning for drilling horizontal wells and offshoots (rat holes). *Burenie i neft*, 2014, no. 5, pp. 42–46. In Rus.
4. Basovich V.S., Buyanovskiy I.N., Petunkin I.V. Prospects of applying aluminum drill pipe while drilling horizontal wells of great length. *Burenie i neft*, 2015, no. 6, pp. 80–85. In Rus.
5. Tikhonov V.S., Gelfat M.Ya., Cheatham C., Adelman A. Comprehensive Studies of Aluminium Drill pipe. *IADC/SPE Drilling Conference and Exhibition*. New Orleans, Louisiana, USA, 2–4 February 2010. Paper Number 128328.
6. Grishchenko N.A., Sidelnikov N.A., Gubanov I.Yu. *Mekhanicheskie svoystva alyuminievykh splavov* [Mechanical properties of aluminum alloys]. Krasnoyarsk, Siberian Federal University Press, 2012. 196 p.
7. Konesev G.V., Mavlyatov M.R., Spivak A.I., Mulyakov R.A. *Smazochnye deystviya sred v burovoy tekhnologii* [Lubricating effect in drilling fluids technology]. Ufa, Nedra Publ., 1993. 272 p.
8. *Machina dlya ispytaniya materialov na trenie* [Machine for testing materials in friction]. 2168 UMT GB2.779.026.PS. Available at: <http://www.rosoil.ru/tests.html> (accessed: 20 January 2017).
9. *Model 212 EP/Lubricity Tester. User Manual*. Part No. 206905 Rev E. 2009. Available at: [http://www.fann.com/public1/pub-](http://www.fann.com/public1/pub-sdata/Manuals/Model%20212%20EP%20Lubricity%20Tester.pdf)
10. Yakhin A.R. *Uluchshenie tribotekhnicheskikh svoystv burovyykh promyvochnykh zhidkostey primeneniem dobavok kompleksnogo deystviya*. Dis. Kand. nauk [Improvement of tribological properties of drilling fluids applying complex action additives. Cand. Diss.]. Ufa, 2015. 172 p.
11. Lazarenko A.V., Yakhin A.R., Yangirov F.N. Sovershenstvovanie metodiki iznosa burilnogo instrumenta [Improving the methods of drilling tool wear]. *64 nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya studentov, aspirantov i molodykh uchennykh UGNTU* [Proc. 64th scientific technical conference of students, postgraduates and young scientists USPTU]. Ufa, 2013. pp. 252–253.
12. Agliullin A.Kh., Yakhin A.R. *Izuchenie tribotekhnicheskikh svoystv promyvochnykh zhidkostey priminitelno k pare treniya «Burovoy instrument – stenka skvazhiny»* [Study of tribological properties of drilling fluids as applied to a friction pair «Drilling tool – borehole wall»]. Ufa, UGNTU Press, 2014. 13 p.
13. *GOST 27640–88. Materialy konstruktivnyye i smazochnye* [State Standard 27640–88. Structural lubricants]. Moscow, Izdatelstvo standartov, 1988. 22 p.
14. Al-sukhili M. Kh., Ismakov R.A., Yangirov F.N. Sovershenstvovanie metodiki izucheniya tribotekhnicheskikh aspektov raboty silovoy sektsii vintovykh zaboinykh dvigateley [Improving the methodology for studying the tribological aspects of power section of downhole drilling motor]. *Territoria neftegaz*, 2014, no. 8, pp. 24–31.
15. Abdulov R.Z., Valiev R.Z., Kopulov V.I., Malyshev V.F., Musalimov R.Sh., Tsenev N.K. *Sposoby podgotovki struktury alyuminievykh splavov* [Methods of preparing the structure of aluminium alloys]. Patent RF, no 1693114, 1989.

16. Tsenev N.K. Grain Boundaries Structure and Mechanical properties of Aluminium Alloys. *Intergranular and Interphase Boundaries in Materials*, 1996, P. 2, vol. 207–209, pp. 841–844.
17. Islamgaliev R.K., Yunusova N.F., Valiev R.Z., Tsenev N.K., Perevezentsev V.N., Langdon T.G. Characteristics of superplasticity in an ultrafine-grained aluminum alloy processed by ECA pressing. *Scripta materialia*, 2003, no. 49, pp. 467–472.
18. Shamazov A.I., Tsenev N.K., Akchurin Kh. I., Nazarova M.N., Ismakov R.A., Lebedich S.P., Sukhanov V.D., Chudinov B.A., Krishtal M.M. Sverkhmelkozeristye materialy i perspektivy ikh ispolzovaniya v gornom dele i truboprovodnom transporte [Over fine-grained materials and prospects for their use in mining and pipeline transport]. *Gornyy vestnik*, 2000, pp. 33–36.
19. Valiev R.Z., Krasilnikov N.A., Tsenev N.K. Plastic Deformation of Alloys with Submicron-grained Structure. *Mat. Sci. & Eng.*, 1991, A 137, pp. 35–40.
20. Furukawa M., Berbon P.B., Horita Z., Nemoto M., Tsenev N.K., Valiev R., Langdon T.G. Production of Ultrafine-Grained Metallic Materials Using an Intense Plastic Straining Technique. *Materials Science Forum. Volume: Towards Innovation in Superplasticity*. Switzerland, 2015. pp. 177–185.
21. Lee S., Berbon P.B., Furukawa M., Horita Z., Nemoto M., Tsenev N.K., Valiev R.Z., Langdon T.G. Developing superplastic properties in an aluminum alloy through severe plastic deformation. *Materials Science and Engineering*, 1999, A272, pp. 63–72.
22. Berbon P.B., Furukawa M., Horita Z., Nemoto M., Tsenev N.K., Valiev R.Z., Langdon T.G. Optimizing the Processing of a Commercial Al-based Alloy for High Strain Rate Superplasticity. *Microstructure, Micromechanics and Processing of Superplastic Materials*. Eds. T. Aizawa, K. Higashi, M. Tokuda. Tsu, Mie University, 1997. pp. 81–88.
23. Tsenev N.K., Shammazov A.M. Structural changes during grain boundaries migration of submicrometer – grained alloy Al-3 % Mg. *3rd Int. Conf. on Grain Growth ICGG-3: Grain Growth in Polycrystalline materials III*. Eds. H. Weiland, B.L. Adams, A.D. Rollet. TMS. Warrendale, PA, 1998. pp. 485–490.
24. Konesev G.V., Mulyukov R.A., Asfandiyarov L.Kh., Ivanov G.E., Gilmudinov A.V., Kalimullin A.A., Akchurin Kh.I., Istomin N.N., Lishtakov A.I., Galyautdinov A.A., Shereshovets V.V., Dokichev V.A., Yunusov M.S., Sultanov R.M. *Sostav dlya zashchity metallov ot korrozii v mineralizovannykh serovododerzhashchikh vodnykh sredakh* [Composition for protecting metal from corrosion in aqueous hydrogen sulfide mineralized environments]. Patent RF no. 2176257, 1999.
25. Konesev G.V., Pakhmatullin G.V., Ismakov R.A., Pakhmatullin V.R., Asfandiyarov L.Kh., Nigmatullin I.R., Purin V.P. Improving anti-corrosion properties of drilling fluids. *Nauchno-tehnicheskiiy vestnik Povolzhya*, 2013, no. 4, pp. 226–231. In Rus.

Received: 30 January 2016.

Information about the authors

Alina I. Shakirova, postgraduate student, Ufa State Petroleum Technical University.

Rustem A. Ismakov, Dr. Sc., professor, Vice-rector, Ufa State Petroleum Technical University.

Akhityam Kh. Agliullin, Dr. Sc., professor, Ufa State Petroleum Technical University.