

УДК 622

## ИСПЫТАНИЯ НАСОСНО-КОМПРЕССОРНЫХ ТРУБ ИЗ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА 1953Т1 С ИЗНОСОСТОЙКИМИ РЕЗЬБОВЫМИ ПОКРЫТИЯМИ

© 2013 А. В. Иванова

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика  
С.П. Королёва (национальный исследовательский университет)

По результатам натурных испытаний определены наиболее перспективные типы износостойких резьбовых покрытий, использование которых позволит значительно повысить срок службы и надёжность работы легкосплавных насосно-компрессорных труб из алюминиевого сплава 1953Т1.

*Легкосплавы насосно-компрессорные трубы, конические резьбы треугольного профиля, промысловые испытания, резьбоуплотнительные смазки, натяг, профиль, износ резьбы.*

Современное состояние нефтяной промышленности характеризуется большим фондом добывающих и нагнетательных скважин, в которых используются миллионы километров насосно-компрессорных труб (НКТ). При этом основное количество из них составляют стальные трубы различных групп прочности, изготовленные по ГОСТ 633-80 [1]. Одной из главных причин малого срока службы стальных НКТ является коррозионное повреждение [2]. Основная причина, вызывающая интенсивную коррозию НКТ, – присутствие в нефти, нефтяном газе и пластовых водах, добываемых совместно с нефтью, коррозионно-активных элементов, содержащих сернистые и кислородные соединения, сероводород, углекислый газ, а также различные минеральные соли.

Одним из эффективных методов борьбы с коррозией насосно-компрессорных труб является применение легкосплавных насосно-компрессорных (ЛНКТ) специальных алюминиевых сплавов [3]. ЛНКТ не содержат в своём составе железа, что позволяет использовать их в скважинах с высоким содержанием сероводорода, углекислого газа и других коррозионно-активных компонентов.

Алюминиевые сплавы обладают ценными физико-механическими свой-

ствами, выгодно отличающими их от стали – традиционного материала для изготовления буровых и насосно-компрессорных труб. К этим свойствам относятся их небольшой удельный вес, высокая удельная прочность и коррозионная стойкость в агрессивных средах, немагнитность, стабильность механических свойств при различных температурах, высокая технологичность в процессах обработки давлением и резанием, неограниченные запасы исходного сырья для производства. Это обусловлено тем, что среди химических элементов алюминий занимает по распространённости в земной коре третье место, уступая лишь кислороду и кремнию.

Модуль упругости, определяющий деформационное поведение конструкций у алюминиевых сплавов, в 2,8 раза меньше, чем у сталей. Алюминий и его сплавы химически активны, однако при взаимодействии с кислородом они легко покрываются поверхностной прочной и устойчивой окисной плёнкой, которая защищает их от дальнейшего взаимодействия с окружающей средой. В промышленности применяются свыше 70 марок алюминиевых сплавов. В зависимости от способа получения изделий из них алюминиевые сплавы подразделяются на деформируемые и литейные.

С точки зрения перспективности применения алюминиевых сплавов в нефтегазовом секторе большой интерес представляют сплавы системы Al-Zn-Mg с различным содержанием легирующих компонентов, например сплав 1953, обладающий наибольшим пределом текучести из этой группы сплавов. Предел текучести сплава 1953 равен этому показателю для стали категории прочности К (предел текучести 490 МПа).

Но для широкого применения ЛНКТ необходимо обеспечить такие же эксплуатационные показатели, как и у стальных труб. Одним из таких показателей является износ резьбовых соединений труб при их многократном свинчивании, связанном с выполнением спуско-подъёмных операций. Практика работы стальных НКТ показывает, что они выдерживают в среднем 10-15 циклов свинчивания-развинчивания, после чего отправляются на ремонт. В связи с тем, что ЛНКТ изготавливаются из более мягкого материала, чем сталь, возможное число циклов свинчивания-развинчивания у них будет меньше. Одним из способов устранения этого недостатка является нанесение на резьбы износостойких покрытий.

Целью настоящей работы явилось определение износостойкости различных типов покрытий, нанесённых на резьбу образцов ЛНКТ диаметром 73 мм. При проведении испытаний использовались образцы ЛНКТ из алюминиевого сплава 1953Т1 с износостойкими покрытиями, нанесёнными на наружную и внутреннюю резьбы.

В нефтяной промышленности для изготовления труб широко используется алюминиевый сплав марки Д16. В последнее время, в связи с возросшими требованиями к трубам по прочностным и антикоррозионным свойствам, началось применение алюминиевого сплава марки 1953Т1, который обладает повышенной коррозионной стойкостью в агрессивных нефтепромысловых средах [4].

Для проведения испытаний ЛНКТ были изготовлены парные образцы муфт и

ниппелей с наружным диаметром 73 мм треугольного профиля резьбы. Изготовление образцов было выполнено в соответствии с требованиями ГОСТ 633-80. Натяг резьбы муфты и ниппеля проверялся резьбовыми калибрами-пробками, а также резьбовыми калибрами-кольцами.

Проведённые замеры геометрии показали, что конусность всех резьб не имеет отклонений от требований ГОСТа, а все показатели натягов и профилей резьб, изготовленных для проведения испытаний образцов, соответствуют требованиям ГОСТ 633-80.

На девять парных образцов (муфта+ниппель) с номерами 1-6, 9, 11 и 13 были нанесены износостойкие покрытия детонационным методом. На резьбу четырёх образцов (№ 3-6) было нанесено покрытие, содержащее 70% Ni+17% Cr+13% Fe, а на резьбы двух образцов (№ 1 и 2) – медное покрытие. Эти два типа износостойких покрытий наносились как на наружные, так и на внутренние резьбы образцов.

На три парных образца № 12, 14 и 15 на внутренние и наружные резьбы было нанесено покрытие «КСИЛАН» (Xylan). Это покрытие представляет собой семейство фторопластовых лакокрасочных материалов с содержанием политетрафторэтилена (тефлон) и наносится на поверхность тонким слоем.

После нанесения износостойких покрытий часть образцов (№ 2, 3, 4) проходила бездетонационную ультразвуковую финишную обработку (БУФО). На резьбы образцов № 9, 11, 13 износостойкие покрытия не наносились. Резьбы этих образцов проходили только БУФО. При этом из-за технических ограничений используемого оборудования внутренняя резьба муфт образцов № 2, 3, 4, 9, 11 и 13 подвергалась БУФО только на 2/3 своей длины. Образцы с покрытием «КСИЛАН» БУФО не проходили.

Для проверки эффективности работоспособности нанесённых защитных покрытий были проведены испытания образцов путём свинчивания-развин-

чивания резьбовых соединений на оборудовании, используемом на скважинах при выполнении спуско-подъёмных операций с НКТ. При этом износостойкость покрытий определялась путём изменения натягов резьбовых соединений в процессе 30 циклов их свинчивания-развинчивания, а также метрологического контроля резьбы до и после проведения испытаний.

Испытания образцов ЛНКТ проводились на добывающей скважине. Схема оборудования, используемого при проведении испытаний ЛНКТ, показана на рис. 1. Свинчивание образцов ЛНКТ на скважине проводилось гидравлическим ключом с фиксацией момента свинчивания. Свинчивание образцов показало, что среднее значение моментов составляет 900-1000 нм. На основании этого все дальнейшие испытания образцов ЛНКТ проводились с моментом свинчивания, равным 950 Нм.

При свинчивании резьбовых соединений необходимо применять специальные смазки. Основное назначение таких смазок – уменьшение износа витков резьбы, заполнение имеющихся технологических зазоров между витками и повышение за счёт этого герметичности свинченных

резьбовых соединений. Для предохранения витков резьбы ЛНКТ желательно использовать смазки без металлических наполнителей. Одной из таких смазок является резьбоуплотнительная смазка РУС-1. В процессе развинчивания некоторых образцов в удаляемой с их резьбовых поверхностей смазке на муфте и ниппеле была обнаружена стружка. Особенно она была заметна на первых циклах свинчивания на образцах № 7, 8, 10 без покрытия, № 9, 11, 13 (БУФО) и № 12, 14, 15 (покрытие «КСИЛАН»). На образцах с покрытием «КСИЛАН» дополнительно к алюминиевой стружке в смазке присутствовали частицы «КСИЛАН». На образцах с другими типами покрытий стружка в смазке не наблюдалась.

По результатам проведённых испытаний было выявлено следующее.

1. Наименьшую износостойкость имеют резьбы, покрытые «КСИЛАН» и прошедшие БУФО (рис. 2).

2. Покрытия на основе меди и порошка, содержащего 70%Ni+17%Cr + 13%Fe, имеют высокую и практически одинаковую износостойкость (рис. 3).



Рис. 1. Оборудование, используемое при проведении испытаний образцов

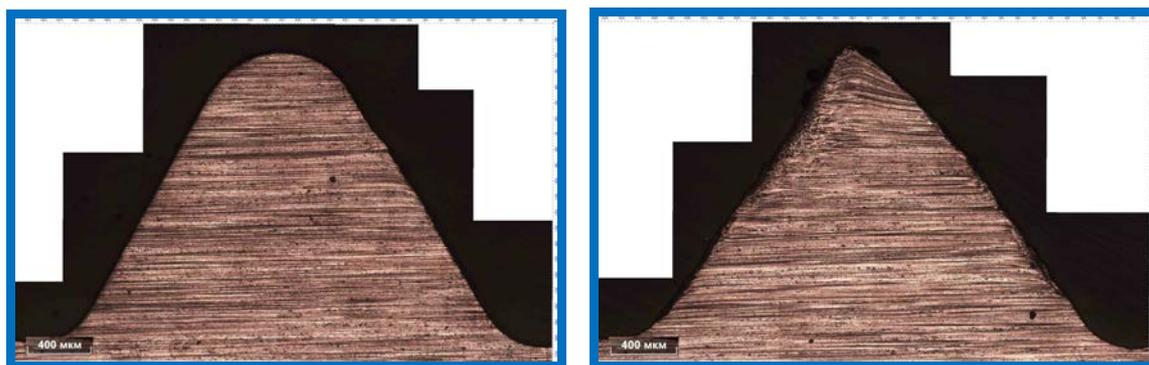


Рис. 2. Вид профиля резьбы, покрытой КСИЛАНом, до (а) и после (б) испытаний

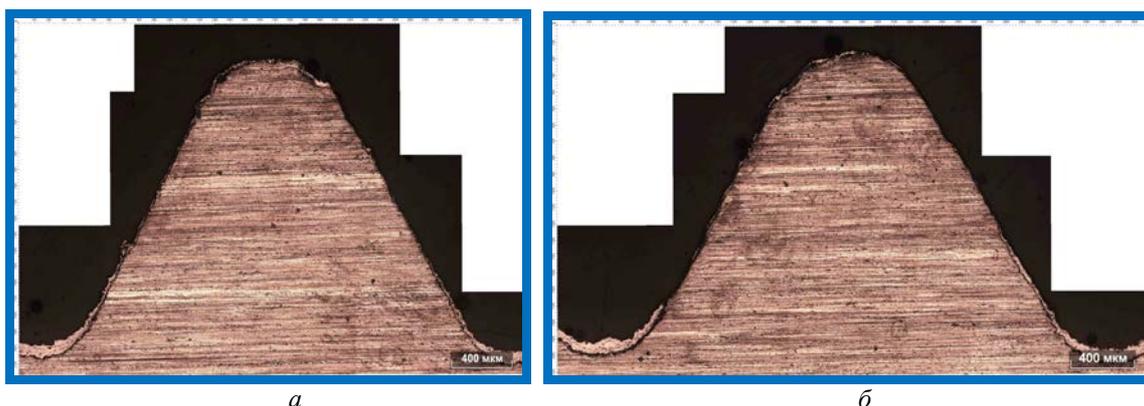


Рис. 3. Вид профиля резьбы, покрытой медью, до (а) и после (б) испытаний

Проведённые металлографические исследования подтвердили информацию, полученную при замерах величины натягов, что наименьший износ резьбы получен на резьбовых образцах, которые имели защитное покрытие на основе меди и прошли последующую обработку БУФО. На рабочих поверхностях резьбы образцов после 30 циклов свинчивания/развинчивания сохранился защитный слой, остаточная толщина которого составляла 15-20 мкм. Это даёт возможность утверждать, что ЛНКТ с защитными покрытиями на основе меди и порошка (70%Ni+17%Cr+13%Fe) имеют показатели износостойкости при свинчивании-развинчивании, не уступающие стальным трубам.

Таким образом, на основании проведённого исследования можно сделать вывод о том, что, если в нефти, нефтяном газе и пластовых водах присутствуют коррозионно-активные элементы, перспективным является использование в

процессах бурения и эксплуатации скважин трубных изделий из алюминиевого сплава 1953Т1 с защитным покрытием резьбы.

#### Библиографический список

1. ГОСТ 633–80. Трубы насосно-компрессорные и муфты к ним [Текст]. – М.: Издательство стандартов, 1980. – 179 с.
2. ГОСТ 10654–81. Калибры для треугольной резьбы насосно-компрессорных труб и муфт к ним [Текст]. – М.: Издательство стандартов, 1981. – 100 с.
3. Коррозионно-усталостная прочность бурильных труб из алюминиевых сплавов [Текст] / В.П. Карлашов, А.Н. Яров, К.М. Гильман [и др.] – М.: Недра, 1977. – 183 с.
4. Басович, В.С. Бурильные трубы из алюминиевых сплавов [Текст] / В.С. Басович, М.Я. Гельфгат, Д.Н. Лубяный // Металлоснабжение и сбыт. – 2006. – №11. – С. 34-36.

## **TESTS OF TUBING MADE OF ALUMINUM ALLOY 1953T1 WITH WEAR-RESISTANT THREAD-LINED COATS**

© 2013 A. V. Ivanova

Samara State Aerospace University named after academician S.P. Korolyov  
(National Research University)

The most promising types of wear-resistant thread-lined coats have been determined according to the results of field tests. Using these coat types will result in considerable increase of the life time and work reliability of light- alloy tubing made of aluminum alloy 1953T1.

*Light-alloy tubing, conical threads of triangular profile, field tests, thread lubricants, tightness, profile, thread wear.*

### **Информация об авторе**

**Иванова Алина Всеволодовна**, аспирант кафедры сопротивления материалов, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет). E-mail: [sopromat@ssau.ru](mailto:sopromat@ssau.ru). Область научных интересов: механика остаточных напряжений.

**Ivanova Alina Vsevolodovna**, postgraduate student, the department of strength of materials, Samara State Aerospace University named after academician S.P. Korolyov (National Research University). E-mail: [sopromat@ssau.ru](mailto:sopromat@ssau.ru). Area of research: residual stress mechanics.