

РАЗРАБОТКА И ОСВОЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА ОБСАДНЫХ ТРУБ ИЗ СТАЛИ 13Cr С РЕЗЬБОВЫМИ СОЕДИНЕНИЯМИ КЛАССА ПРЕМИУМ ДЛЯ МОРСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПАО «ГАЗПРОМ»

УДК 621.674

П.В. Крылов, к.т.н., ПАО «Газпром» (Санкт-Петербург, РФ)

А.Г. Филиппов, ПАО «Газпром»

А.Г. Ширяев, ПАО «ТМК» (Москва, РФ)

С.Г. Чикалов, ПАО «ТМК»

И.Ю. Пышминцев, ОАО «РосНИТИ» (Челябинск, РФ)

С.Г. Четвериков, ПАО «Волжский трубный завод» (ВТЗ) (Волжский, РФ)

С.А. Рекин, ПАО «ТМК», RekinSA@tmk-group.com

В статье рассмотрены промежуточные результаты реализации Программы импортозамещения трубной продукции в соответствии с договором будущей вещи на серийное производство и поставку, техническое, ремонтное и сервисное обслуживание импортозамещающей продукции под гарантированные объемы поставок будущих лет между ПАО «ТМК» и ПАО «Газпром». Договор распространяется на разработку серийной технологии производства насосно-компрессорных и обсадных труб с резьбовыми соединениями класса премиум из стали 13Cr для проекта «Сахалин-3», в состав которого входят Кириновское и Южно-Кириновское месторождения.

В статье описаны технические решения по производству труб из сталей мартенситного класса, содержащих 13 % хрома, представлен технологический процесс производства труб на Волжском трубном заводе. Проанализирован опыт разработки отечественных газогерметичных резьбовых соединений для труб нефтяного сортамента, приведены их отличительные особенности и методы испытаний по стандарту ISO 13679, отмечена необходимость модернизации производственных мощностей по нарезке труб для резьбовых соединений класса премиум, которые значительно отличаются от стандартизованных. В частности, в рамках работы по договору было установлено оборудование для калибровки концов труб в целях получения гарантированной толщины стенки трубы в области упорного торца. Это оборудование за счет снижения расходных коэффициентов при производстве позволило значительно увеличить производительность линий нарезки и объем выпуска продукции, годной с первого предъявления. Взамен калибров, используемых для стандартизованных резьбовых соединений, разработана новая система контроля соединений, позволяющая получать фактические размеры резьбы и уплотнения «металл – металл» и вносить корректировки в управляющие программы резьбонарезного станка при их изменениях.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ОБСАДНАЯ ТРУБА, НАСОСНО-КОМПРЕССОРНАЯ ТРУБА, ТРУБА ИЗ СТАЛИ 13Cr, УГЛЕКИСЛОТНАЯ КОРРОЗИЯ, ГАЗОГЕРМЕТИЧНОЕ РЕЗЬБОВОЕ СОЕДИНЕНИЕ, ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ.

Вопрос повышения конкурентоспособности российского газового оборудования в условиях санкционных ограничений со стороны ряда стран неразрывно связан с задачами развития российской промышленности, совершенствования производственной базы предприятий, повышения квалификации научно-технического

персонала, применения новых технологий и материалов.

Решение указанных задач во многом зависит от эффективности взаимодействия предприятий с крупными нефтегазовыми компаниями, ярким примером которого можно считать совместную работу компаний ПАО «ТМК» и ПАО «Газпром» в рамках Програм-

мы импортозамещения трубной продукции.

В конце 2015 г. в рамках реализации Программы импортозамещения между ПАО «Газпром» и ПАО «ТМК» был подписан договор на серийное производство и поставку, техническое, ремонтное и сервисное обслуживание импортозамещающей продукции под

Krylov P.V., Candidate of Sciences (Engineering), Gazprom PJSC (Saint Petersburg, Russian Federation)

Filippov A.G., Gazprom PJSC

Shiryaev A.G., TMK PJSC (Moscow, Russian Federation)

Chikalov S.G., TMK PJSC

Pyshmintsev I.Yu., The Russian Research Institute of the Tube & Pipe Industries (Chelyabinsk, Russian Federation)

Chetverikov S.G., Volzhsky Pipe Plant PJSC (Volzhsky, Russian Federation)

Rekin S.A., TMK PJSC, RekinSA@tmk-group.com

Development and exploitation of industrial production of casing from steel 13Cr with threaded joints of the premium class for offshore fields of Gazprom PJSC

The article considers the intermediate results of realization of the import substitution program of pipe production in accordance with the future contract for serial manufacturing and delivery, and also for technical, repair and service maintenance of import-substituting products under guaranteed volumes of deliveries of future years between TMK PJSC and Gazprom PJSC.

The contract extends to the development of a serial technology for production of tubing string and casing pipes from steel 13Cr with threaded joints of the premium class for the Sakhalin-3 project, which includes the Kirinskoye and Yuzhno-Kirinskoye fields. The article describes technical solutions for the production of pipes of martensitic steels containing 13 % of chromium, the technological process of the pipes production at the Volzhsky Pipe Plant is presented. Experience of development of domestic gas-proof threaded joints for oil pipes was analyzed, their distinctive features and test methods were specified in accordance with ISO 13679. The need of the modernization of the cutting pipes production capacities for premium joints, that are different significantly from standard ones, is noted. In particular, according to the contract, the equipment for the pipe ends calibration testing was installed in order to obtain a guaranteed pipe wall thickness at the stop face area. Application of this equipment has significantly increased the productivity of cutting lines and the quantity of output from the first pass yield as a result of reducing the coefficient of materials consumption. A new joints control system was developed in substitution the calibers used for standardized threaded joints. This system allows obtaining the actual thread sizes and the metal-to-metal seals and to make updating of the threading machine control programs.

KEYWORDS: CASING PIPE, TUBING STRING, PIPE FROM STEEL 13Cr, CARBON DIOXIDE CORROSION, GAS-PROOF THREADED JOINT, IMPORT SUBSTITUTION.

гарантированные объемы поставок будущих лет, так называемый договор будущей вещи. Такой подход дает возможность производителям вкладывать деньги в освоение новых производств и товаров, без риска, что их услуги и товары окажутся невостребованными.

В рамках вышеуказанного договора заводами ПАО «ТМК» освоен выпуск новых видов трубной продукции, в том числе предназначенной для реализации проектов Восточной газовой программы, а также для освоения Астраханского газоконденсатного и Оренбургского нефтегазоконденсатного месторождений ПАО «Газпром».

В рамках договора было предусмотрено освоение штатного серийного производства насосно-компрессорных и обсадных труб с газогерметичными резьбовыми соединениями класса премиум из стали, содержащей 13 % хрома, для проекта «Сахалин-3»,

охватывающего, в том числе, Киринское и Южно-Киринское месторождения.

В связи с потребностью ПАО «Газпром» в новых видах высокотехнологичной трубной продукции перед ПАО «ТМК» встал ряд технически сложных, но решаемых задач, в числе которых:

- разработка новых марок стали, а также создание новых технологий производства трубной продукции из коррозионностойких сталей мартенситного класса, содержащих 13 % хрома [1];
- разработка и освоение производства газогерметичного резьбового соединения для труб нефтяного сортамента;
- модернизация производственных мощностей заводов ПАО «ТМК».

Проведенные исследования были направлены на поиск целевых составов высокохромистых сталей, обеспечивающих различные группы прочности и исполне-

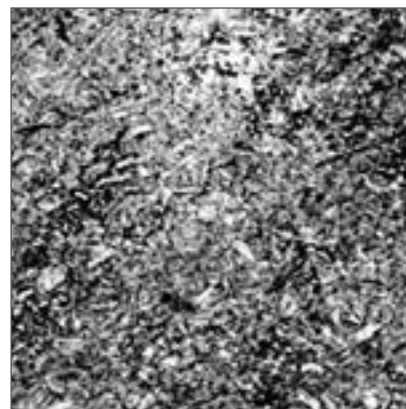


Рис. 1. Микроструктура стали L80 типа 13Cr (20X13)

Fig. 1. Microstructure of L80 steel of 13Cr type (20Xh13)

ния. В результате была выбрана марка стали 20X13, которая после проведения термической обработки обеспечивала получение необходимых прочностных и пластических свойств, соответствующих группе прочности L80 по ГОСТ 53366 [2]. На рис. 1 представлена микроструктура стали L80

Химический состав стали L80 типа 13Cr (20X13)
Chemical composition of L80 steel of 13Cr type (20Kh13)

Результат анализа Result of analysis	Содержание элементов, вес % Content of elements, wt. %									
	Уровень Level	C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Ni	Mo
ООО «ВНИИГАЗ» VNIIGAZ LLC	Среднее Average	0,18	0,42	0,40	0,016	0,008	0,07	12,77	0,18	0,002
ОАО «РосНИТИ» Research Institute of the Tube & Pipe Industries OJSC	Среднее Average	0,16	0,41	0,35	0,010	0,002	0,07	12,49	0,16	0,007
Требования ПАО «Газпром» (ТУ 14-3Р-114-2011) Requirements of Gazprom PJSC (TU 14-3R-114-2011)	Максимальное Maximum	0,22	1,00	1,00	0,020	0,010	0,25	14,00	0,50	–
	Минимальное Minimum	0,15	–	0,25	–	–	–	12,00	–	–
Требования API 5CT Requirements API 5CT	Максимальное Maximum	0,22	1,00	1,00	0,020	0,010	0,25	14,00	0,50	–
	Минимальное Minimum	0,15	–	0,25	–	–	–	12,00	–	–

типа 13Cr (20X13), изображение получено в ходе металлографических исследований и оценки структуры стали 20X13. В таблице представлен выбранный химический состав стали.

После выбора материала и разработки технологических маршрутов на Волжском трубном заводе ПАО «ТМК» была выпущена опытная партия обсадных труб диаметром 168 мм из стали с содержанием хрома 13 %. Технологический процесс изготовления труб включал механическую обработку трубной заготовки для подготовки к технологическому прессованию, горячее прессование труб и трубных заготовок для муфт, их термическую обработку по режиму закалки и отпуска, химическую обработку труб для удаления окалины, а также контроль неразрушающими методами.

Оценка полученных механических и коррозионных свойств опытной партии труб проводилась по СТО Газпром 2-4.1-228 [3]. Полученные результаты подтвердили правильность выбранных технических решений.

Для того чтобы газ из скважины не вышел на дневную поверхность, колонна труб должна



Рис. 2. Резьбовое соединение «ТМК UP PF»
Fig. 2. Threaded joint TMK UP PF

обладать высокой газовой герметичностью. Для этого используются резьбовые соединения класса премиум с трапецидальной резьбой и отрицательным обратным углом наклона и уплотнением «металл – металл». Особенности конструкции насосно-компрессорных и обсадных труб с резьбовым соединением «ТМК UP PF» являются их повышенная газовая герметичность и высокая устойчивость резьбового соединения к растягивающим и изгибающим нагрузкам. Профиль резьбы «ТМК UP PF» (рис. 2) имеет вид неравнобедренной

трапеции с отрицательным углом по опорной и положительным – по закладной грани. Закладная грань, воспринимающая нагрузку в начальный момент посадки трубы в муфту, а также работающая на сжатие, выполнена под углом 24°. Это обеспечивает простоту и легкость сборки труб с муфтами и предупреждает заедание резьбы в начальный момент свинчивания. Опорная сторона профиля резьбы, воспринимающая нагрузку при растяжении колонны труб, имеет отрицательный угол –4°, тем самым исключая возможность выхода резьбы трубы из зацепления с резьбой муфты.

Резьбовое соединение прошло аттестацию на соответствие требованиям стандарта ГОСТ Р ИСО 13679-2016 [4], регламентирующего требования и порядок испытаний всех типов резьбовых соединений, и получило сертификат на самый высокий уровень соответствия требованиям CAL IV. В процессе тестирования соединение подвергается действию растягивающих и сжимающих нагрузок, внутреннему и внешнему давлению, изгибу, т. е. всем нагрузкам, которые испытывают трубы в скважине в процессе спуска и эксплуатации. Испытания

проходят как при комнатной температуре, так и при температуре 260 °С.

Для испытаний используется стенд, который способен создавать весь комплекс нагрузок. Общий вид стенда представлен на рис. 3.

Дополнительно в ООО «Газпром ВНИИГАЗ» были проведены всесторонние испытания резьбовых соединений на устойчивость к многократному свинчиванию-развинчиванию и газовую герметичность. Проведенным комплексом испытаний доказана газовая герметичность соединения и способность ее сохранения при комплексном нагружении [5].

Особо необходимо отметить модернизацию производственных мощностей по нарезке труб для резьбовых соединений класса премиум, которые значительно отличаются от стандартизованных и требуют отдельного подхода.

Во-первых, потребовалась разработка новой системы контроля соединений, поскольку резьбы с отрицательным углом профиля не могут контролироваться резьбовыми калибрами. Для контроля основных геометрических параметров резьбовых соединений российским производителем измерительного инструмента был разработан и изготовлен комплекс специальных приборов для контроля диаметров резьбы и герметизирующих узлов труб и муфт. Настройка приборов непосредственного контроля проводится по шаблонам, при производстве контролируется допуск на размер. Приборы позволяют производить измерения отклонений диаметров резьбы ниппеля и муфты, диаметров радиальных уплотнений труб и муфт в требуемых расчетных сечениях от фактических измерительных баз. Приборы позволяют вносить точные корректировки в программы обработки на станках с числовым программным управлением при изготовлении труб и муфт. Применение приборов увеличивает точность изготовления



Рис. 3. Общий вид стенда для испытаний резьбовых соединений в соответствии с требованиями ГОСТ Р ISO 13679-2016
Fig. 3. General view of the threaded joints testing stand in accordance with the requirements of GOST R ISO 13679-2016

элементов резьбовых соединений и, соответственно, повышает их качество и эксплуатационные свойства. Были разработаны новые методики контроля, проведено обучение контролеров отделов технического контроля заводов прогрессивным методам.

Во-вторых, были модернизированы линии по нарезке резьбовых соединений. Установлено оборудование для калибровки концов труб в целях получения гарантированной толщины стенки трубы в области упорного торца. Это оборудование позволило значительно повысить производительность линий нарезки за счет снижения расходных коэффициентов при производстве и увеличить выход продукции, годной с первого предъявления. Разработано и установлено оборудование для фосфатирования ниппелей труб для получения антизадириных свойств пары трения уплотнения «металл – металл» и исключения возможных задири в соединении при его многократном свинчивании.

В процессе производства необходимо обеспечить правильную сборку соединения, чтобы в уплотнении был создан необходимый натяг, отвечающий за газовую герметичность соедине-

ния. Сборка труб с муфтами производится на муфтонаверточных станках, позволяющих проводить свинчивание с заданным крутящим моментом. В процессе сборки контролируется момент свинчивания соединения с фиксацией на диаграмме. Данные о сборке соединений хранятся в базе данных предприятия.

В результате проведенных мероприятий была создана база для разработки и производства резьбовых соединений класса премиум в России. Кроме того, это позволило создать фундамент для работы над дальнейшими улучшениями и разработками.

Опытная эксплуатация труб для проекта «Сахалин-3» (рис. 4) в Охотском море состоялась в июне 2016 г. На Волжском трубном заводе ПАО «ТМК» были изготовлены трубы диаметром 177,8 мм группы прочности L80 типа 13Cr с резьбовыми соединениями «ТМК UP PF». Промысловые испытания труб завершились успешно, колонна труб была герметичной (рис. 5). По своим характеристикам указанная продукция не уступает зарубежным аналогам и позволяет заместить импортные изделия производства Sumitomo Metal Industries Ltd. (Япония), JFE (Япония).



Рис. 4. Карта проекта «Сахалин-3»
Fig. 4. Map of the Sakhalin-3 project

В настоящее время трубы производятся в штатном режиме, идет освоение новых типоразмеров и групп прочности для удовлетворения потребностей ПАО «Газпром». Применение отечественных обсадных и насосно-компрессорных труб в исполнении 13Cr планируется на объек-

тах Киринского, Южно-Кириинского, Чаяндинского, Ковыктинского и Уренгойского месторождений.

ВЫВОДЫ

Освоение российского Арктического шельфа стало вызовом для всех участников отрасли. Особые климатические условия Арктики потребовали разработки принципиально новой по своим характеристикам продукции для освоения шельфа.

Еще недавно все шельфовые проекты в России были укомплектованы импортной продукцией. Трубы также поставлялись из-за рубежа, но введение западными странами санкций на поставку технологий, оборудования и материалов для шельфовых проектов РФ, глубоководного бурения и разведки месторождений Арктики дали толчок к развитию российского импортозамещающего производства.

По заказу ООО «Газпром нефть шельф» заводами ТМК было освоено серийное производство и осуществлены первые промышленные поставки обсадных и насосно-компрессорных труб различных типоразмеров для комплектации всего телескопа обсадной колонны с премиальными резьбовыми соединениями «ТМК UP PF» и бесшмазочным покрытием GreenWell, исключая



Рис. 5. Бурение скважин на Южно-Кириинском месторождении
Fig. 5. Drilling of wells at the Yuzhno-Kirinskoye field

применение резьбуплотнительной смазки, в том числе и сероводородостойких труб групп прочности L80 SS и P110 SS для эксплуатации в условиях агрессивных сред. Указанная трубная продукция предназначена для строительства скважин в условиях Арктического шельфа.

В целом внедрение в производство высокотехнологичной отечественной трубной продукции позволило ПАО «Газпром»:

- обеспечить безопасность и независимость поставок трубной продукции в условиях санкционной политики западных стран;
- снизить затраты на обустройство объектов Общества;
- сократить издержки на техническое обслуживание и ремонт трубопроводов;
- увеличить ресурс и надежность скважин. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Hashizume S., Alnuaim T., Ono T. Performance of High Strength Low C – 13 % Cr Martensitic Stainless Steel. NACE Corrosion Conference & EXPO, 2007, No. 07089, 8 p.
2. ГОСТ Р 53366–2009. Трубы стальные, применяемые в качестве обсадных или насосно-компрессорных труб для скважин в нефтяной и газовой промышленности. Общие технические условия [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.internet-law.ru/gosts/gost/48612 (дата обращения: 08.12.2017).
3. СТО Газпром 2-4.1-228–2008. Технические требования к насосно-компрессорным трубам для месторождений ОАО «Газпром» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://files.stroyinf.ru/Data1/58/58298/> (дата обращения: 15.09.2017).
4. ГОСТ Р ИСО 13679–2016. Трубы стальные обсадные и насосно-компрессорные для нефтяной и газовой промышленности. Методы испытаний резьбовых соединений [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200132481> (дата обращения: 08.12.2017).
5. Ерехинский Б.А., Киришин В.И., Чернухин В.И., Рекин С.А. Новая трубная продукция для добычи природного газа // Газовая промышленность. 2014. № 5. С. 86–88.

REFERENCES

1. Hashizume S., Alnuaim T., Ono T. Performance of High Strength Low C – 13 % Cr Martensitic Stainless Steel. NACE Corrosion Conference & EXPO, 2007, No. 07089, 8 p.
2. State Standard GOST R 53366–2009. Steel Pipes Used as Casing or Tubing for Wells in the Oil and Gas Industry. General Specifications [Electronic source]. Access mode: www.internet-law.ru/gosts/gost/48612 (Access date: December 8, 2017). (In Russian)
3. Company Standard STO Gazprom 2-4.1-228–2008. Technical Requirements to Tubing for the Fields of Gazprom OJSC [Electronic source]. Access mode: <http://files.stroyinf.ru/Data1/58/58298/> (Access date: December 8, 2017). (In Russian)
4. State Standard GOST R ISO 13679–2016. Casing and Tubing Steel Pipes for the Oil and Gas Industry. Testing Methods of the Threaded Joints [Electronic source]. Access mode: <http://docs.cntd.ru/document/1200132481> (Access date: December 8, 2017). (In Russian)
5. Erekhinskiy B.A., Kirshin V.I., Chernukhin V.I., Rekin S.A. New Pipe Products for Natural Gas Production. Gazovaya promyshlennost' = Gas Industry, 2014, No. 5, P. 86–88. (In Russian)