

Ю. В. Соловьев, инженер-исследователь (ЗАО «Новомет»)

ОСОБЕННОСТИ МОНТАЖА И ЭКСПЛУАТАЦИИ УПЛОТНЕНИЙ ИЗ ТРГ В ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРЕ

Сегодняшний российский рынок уплотнительных материалов характеризуется повышением внимания к их роли в современных технологических процессах. Качественное и высокотехнологичное уплотнение — важная составляющая любого оборудования, необходимая для его эффективной и безопасной эксплуатации.

Известно, что нарушение герметичности в связи с выходом из строя уплотнения является одной из основных причин отказов и аварий на предприятиях. Кроме этого, даже небольшие утечки среды, которым ранее не придавали большого значения, в связи с ужесточением требований к экологической чистоте производства, а также с широким внедрением дорогостоящих АСУ ТП, являются основанием для серьезного отношения к качеству материалов, используемых для герметизации. Кроме того, грамотный подбор и квалифицированная эксплуатация уплотнений оказывают существенное влияние на ресурс арматуры и энергозатраты при использовании приводов.

В настоящий момент существует множество современных уплотнительных материалов, большинство из которых представлено на российском рынке.

Одним из наиболее универсальных и нашедших широкое применение является терморасширенный графит (ТРГ).

Первая технология производства ТРГ под маркой «Grafoil» была разработана компанией «UCAR Carbon Co.» (США) в конце 60-х годов. Благодаря своим уникальным характеристикам уплотнения из ТРГ в первую очередь нашли применение в арматуре АЭС и атомных реакторов подводных лодок. А к 90-м годам прошлого века они стали применяться во многих других отраслях промышленности, чему в немалой степени способствовало введение ограничений на использование асбеста. Использование же уплотнений из ТРГ в России началось с существенным запозданием, только в 90-х годах.

Основные преимущества уплотнений из ТРГ.

- **Широкий диапазон температур.**
-200 до 3000 °С.
- **Высокая герметизирующая способность при больших давлениях.**

Отсутствие протечек при давлении до 100 МПа во фланцевых узлах и до 40 МПа в запорной арматуре.

- **Высокая химическая стойкость.**

Практически ко всем средам за исключением сильных окислителей

- **Малое усилие обжатия.**

В 3 — 4 раза меньше асбестосодержащих уплотнений.

- **Высокие упругие характеристики и отсутствие текучести.**

Сохраняющиеся в течение всего срока эксплуатации упругие деформации до 40%.

- **Низкий коэффициент трения без использования смазки.**

Коэффициент трения по стали: <0,12 по сухой поверхности и <0,03 при наличии жидкостной пленки или после приработки, в то время как для асбеста он равен 0,5.

- **Высокая теплопроводность.**

100 ÷ 150 Вт/м·К, значительно выше теплопроводности асбеста и фторопласта, не превышающей соответственно 0,3 Вт/м·К и 2,4 Вт/м·К.

- **Полное отсутствие старения.**

Практически неограниченный срок хранения и неизменность физико-механических свойств в течение эксплуатации.

- **Значительное снижение затрат на обслуживание уплотняемых узлов и высокая надежность.**

Почти не требуют дополнительного обслуживания в виде периодических подтяжек и контроля герметичности.

Однако комплексный подход к решению проблем герметичности включает в себя не только использование качественных материалов, но и выполнение ряда требований к узлам арматуры, а так же соблюдение определенных правил, связанных с монтажом и эксплуатацией уплотнений.

Рассмотрим их на примере двух узлов арматуры, в которых изделия из ТРГ применяются наиболее часто: это подвижное сальниковое уплотнение штока и неподвижное разъемное соединение «корпус-крышка».

Основные требования для сальникового узла выглядят следующим образом:

1. Прессованные кольца прямоугольного сечения из ТРГ обладают незначительными допустимыми радиальными деформациями, поэтому отклонение размера диаметра штока (шпинделя) должно соответствовать d11, диаметра сальниковой камеры — Н11 по ГОСТ 25347.

2. ТРГ является очень мягким материалом, в связи с этим шероховатость поверхности штока (шпинделя), соприкасающегося с уплотнением ТРГ (Ra), должна быть не более 0,2 мкм по ГОСТ 2789. Шероховатость поверхности сальниковой камеры (Rz) должна быть не более 20 мкм по ГОСТ 2789.

5. Для удобства монтажа в сальниковой камере необходимо выполнить фаску на глубину 5 мм под углом 30°.

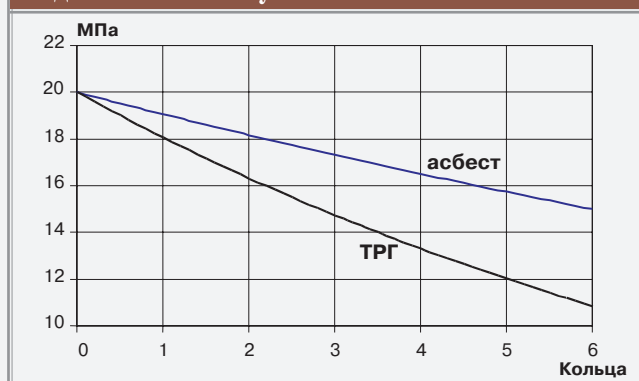
6. Так как ТРГ обладает отличными уплотнительными свойствами, для надежного уплотнения достаточно использования сальника из 6 колец квадратного сечения. Глубину сальниковой камеры

необходимо выбирать исходя из суммарной высоты сальникового пакета и 1/3 рабочей части нажимной втулки. При избыточной глубине камеры необходимо использовать подсальниковую втулку.

7. Несмотря на то, что ТРГ не обладает хладотекучестью, его стойкость к экструдированию меньше, чем у асбестовых уплотнений, поэтому радиальный зазор между штоком (шпинделем), корпусом сальниковой камеры (подсальниковой втулкой) и втулкой сальника не должен превышать величины, составляющей 0,02 от ширины сечения уплотнительного кольца, но быть не более 0,5 мм. А торец нажимной втулки и дно сальниковой камеры (торец подсальниковой втулки) должны быть выполнены под углом 90° по отношению к оси шпинделя и не должны иметь фасок.

Для обеспечения надежной и эффективной эксплуатации сальникового уплотнения из ТРГ, при монтаже, прежде всего, необходимо обеспечить правильную затяжку сальника. Существует два варианта проведения этой операции. В первом случае моментным ключом отслеживается момент затяжки гаек. Во втором контролируется величина усадки грундбуксы. И в том и в другом случае обтяжка проводится в 3 – 4 этапа с осуществлением между ними 5 – 6 циклов перемещения штока на величину большую, чем высота сальника для равномерного распределения боковых усилий по высоте. Необходимость этого связана, прежде всего, со значительно большим, чем у асбестовых уплотнений, коэффициентом бокового давления, характеризующим отношение бокового давления сальникового кольца к осевому. Если для асбосодержащих уплотнений он не превышает 0,4, то для прессованных колец из ТРГ составляет 0,85. Это означает, что при одном и том же усилии обжатия сальник из ТРГ будет обжимать шток с давлением почти в два раза большим, чем асбестовый, в связи с чем, высокая сила трения между сальниковым пакетом и штоком будет препятствовать однородному по глубине камеры обжатию колец. На графике (Рис.1) представлены две диаграммы боковых напряжений

Рис. 1. Распределение боковых напряжений для сальниковых уплотнений из асбеста и ТРГ



колец при одном и том же давлении на верхней границе пакета.

Из диаграммы видно, что в этом случае обжатие нижней половины сальникового пакета из ТРГ недостаточно для обеспечения герметичности. На рисунке 2 представлены диаграммы распределения боковых усилий в сальниковом пакете из ТРГ до и после нескольких движений штоком и последующей подтяжки.

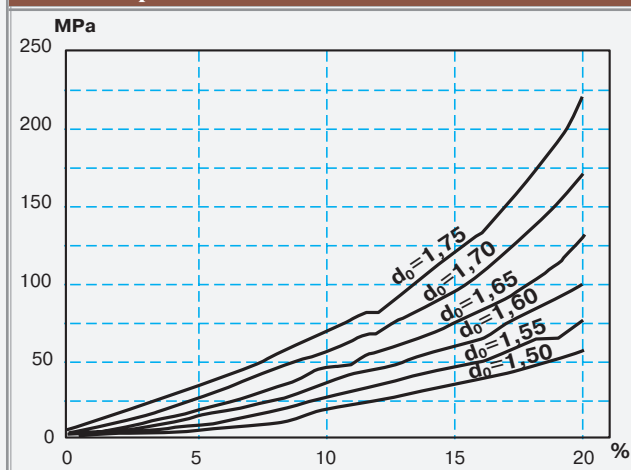
В этом случае удается получить практически равномерное обжатие сальникового пакета, что гарантирует полноценную работу всех колец в пакете.

Рис. 2. Распределение боковых напряжений для сальниковых уплотнений из ТРГ при различных условиях монтажа



Еще одной важной характеристикой сальников из ТРГ является разноплотность колец в пакете. Особое значение она имеет при монтаже с контролем величины усадки грундбуксы. Как видно из гра-

Рис. 3. Диаграммы деформирования прессованных сальниковых колец из ТРГ различной начальной плотности



фиков на рис. 3 кольца с различной начальной плотностью при одной и той же деформации ведут себя по-разному.

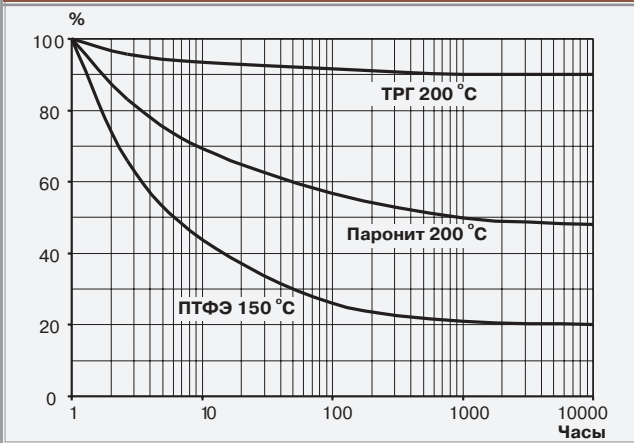
Так при разноплотности в $0,1 \text{ г/см}^3$ ошибка по давлению обжатия колец может составить более 20 МПа. На сегодняшний день ЗАО «Новомет» серийно выпускает кольца с разноплотностью $< 0,02 \text{ г/см}^2$, что позволяет снизить погрешность до 4 МПа.

Далее рассмотрим особенности эксплуатации и монтажа прокладок из ТРГ в качестве уплотнения неподвижного разъёмного соединения крышки и корпуса арматуры. В отличие от сальникового узла, в этом случае не существует никаких дополнительных требований к конструкции соединения, спроектированного под использование асбосодержащих прокладок. Отличием является более чем в два раза большая сжимаемость ТРГ по сравнению с паронитом. Так, сжимаемость прокладки из ТРГ может достигать 50%, в то время как для паронита эта величина не превышает 15%. В связи с этим есть возможность снижения толщины уплотнения как минимум в два раза. Последовательность монтажа прокладки также мало отличается. Допустимое удельное давление на сжатие прокладки из ТРГ составляет более 100 МПа, поэтому при грамотной затяжке болтов (шпилек), произведенной «крест на крест» в три

этапа, когда сначала затягивают все болты примерно на 50 %, затем – примерно на 80 % и в третий раз – на 100 %, опасность чрезмерного обжатия уплотнения отсутствует. Единственное существенное различие в монтаже прокладок из ТРГ и паронита состоит в том, что благодаря практически полному отсутствию релаксации и старения графитовые уплотнения не требуют дополнительной подтяжки.

Как видно из графиков на рис. 4, падение усилия затяжки для прокладки из ТРГ составляет не более

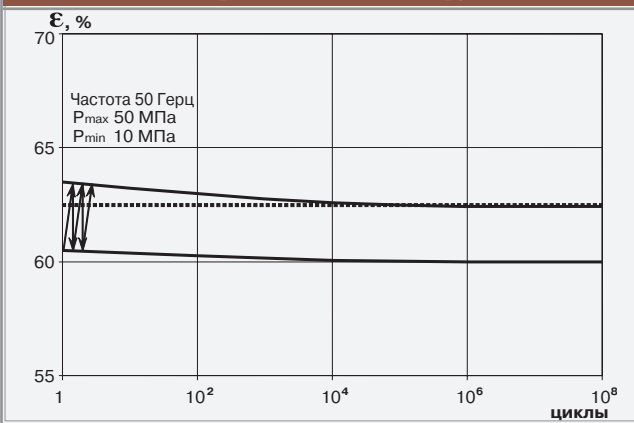
Рис. 4. Падение усилия затяжки со временем для прокладок из различных материалов



10% даже по истечении 10000 часов, в то время как для паронитовой прокладки падение усилия затяжки происходит более чем в два раза, что означает разгерметизацию узла.

Подтяжка неподвижных графитовых уплотнений не требуется также при интенсивных вибрационных нагрузках. На рис. 5 представлены зависимости деформации прокладки из ТРГ от количества циклов при пульсирующей с частотой 50 Гц нагрузке от 10 МПа до 50 МПа.

Рис. 5. Деформационное поведение прокладки из ТРГ при циклических нагрузках



Из графиков видно, что ползучесть прокладки не превышает 2%, которая реализуется в течение первых 10 тыс. циклов, после чего деформация не претерпевает изменений.

Для облегчения подбора уплотнения и его монтажа в компании «Новомет» было разработано несколько несложных программных продуктов.

На рис. 6 представлен общий вид приложения для расчета условий затяжки прокладки из ТРГ в неподвижном разъемном соединении.

Входными данными являются тип соединения, размеры активной поверхности прокладки, давление

Рис. 6. Общий вид приложения для расчета условий затяжки неподвижного разъемного соединения



среды, количество и диаметр шпилек, а также материал прокладки, его толщина. Расчет выполняется по методике «Нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок ПНАЭГ-7-002-86» на основе собственных данных об уплотнительных свойствах ТРГ. Результатом расчета являются момент затяжки, напряжение в шпильке и удельное усилие обжатия. При превышении усилием обжатия максимально допустимого, выдается предупреждение и рекомендация снизить толщину прокладки. Имеется возможность вывода на печать паспорта по затяжке, содержащего всю информацию, включая технологическое обозначение разьема.

На рис. 7 представлен вид аналогичной программы для расчета момента затяжки сальникового уплотнения.

Рис. 7. Общий вид приложения для расчета момента затяжки сальникового уплотнения



В настоящий момент на таких крупных предприятиях Перми как «Лукойл ПНОС» и ОАО «Пермская ГРЭС» ведется тестовая эксплуатация данных приложений.

Таким образом, очевидно, что при грамотном выполнении ряда несложных требований уплотнения из ТРГ гарантируют долговременную надежную и безотказную работу оборудования, эксплуатируемого в самых жестких условиях.