

Герметизация фланцевых соединений: кажущаяся простота

■ Епишов А. П., генеральный директор ООО "Ильма"; канд. техн. наук, Санкт-Петербург

На протяжении сотен лет конструкция традиционного фланцевого соединения (рис. 1) остается практически неизменной — это совокупность двух (как правило, металлических) фланцев с уплотнительной поверхностью, прокладки (чаще всего, из пластичного материала), размещенной между этими поверхно-

стями и крепежных элементов, такой классический фланцевый «бутерброд». Конечно, существуют и другие конструкции, включая бугельные и иные соединения без привычных крепежных элементов. Фланцевые соединения традиционной конструкции могут работать в режиме самоуплотнения. Также довольно разнообразен и ряд конструктивных решений фланцевых прокладок. Исключительно редко во фланцевых соединениях применяются прокладки сальникового типа, где контактные напряжения создаются на цилиндрических уплотняемых поверхностях (рис. 2). Однако, несмотря на некоторое разнообразие существующих конструкций, традиционные фланцевые соединения занимают доминирующее положение в технике и эта конструкция принципиально не меняется. Возникает вопрос: как тогда происходит «эволюция» фланцевых соединений? Ответ очевиден — изменяются и совершенствуются используемые материалы, разрабатываются принципиально новые конструкции фланцевых прокладок.

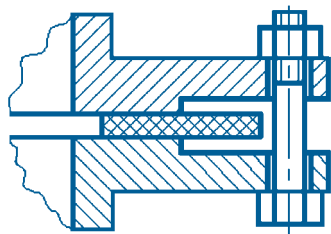


Рис. 1

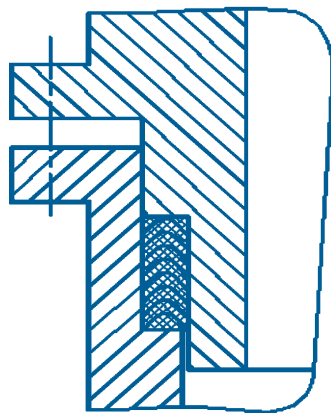


Рис. 2

Условия герметизации фланцевых соединений: стереотипы и заблуждения

Миллиарды фланцевых соединений по всему миру призваны обеспечивать надежную и безопасную работу технологических объектов во всех отраслях промышленности, в энергетике, на транспорте и в жилищно-коммунальном хозяйстве. Для этого фланцевые соединения должны сохранять прочность и герметичность в течение определенного периода времени. Специалисты ремонтных и эксплуатационных служб промышленных предприятий, работающие с фланцевыми соединениями, как правило, к сожалению, не знакомы с основами уплотнительной техники. Поэтому среди них доминирует искаженное представление о том, что для надежной эксплуатации фланцевого соединения достаточно

Традиционно принято считать, что фланцевое соединение является относительно простым видом разъемного герметичного соединения (РГС) и поэтому его герметизация — простой и понятный каждому процесс. На самом деле, как минимум, вторая часть этого утверждения является иллюзией, а стереотип кажущейся простоты в итоге дорого обходится людям и окружающей среде.

правильно выбрать прокладку и правильно выполнить сборку соединения. Они часто недоумевают, когда свежее, только что собранное соединение работает с утечками рабочей среды. Это классический пример неграмотного подхода к оценке работоспособности фланцевого соединения, так как не учитывается текущее техническое состояние элементов соединения. Эти элементы могут иметь «врожденные» (то есть полученные при изготовлении) или «приобретенные» (то есть полученные в процессе эксплуатации) дефекты. Именно эти дефекты — механические повреждения и отклонения формы и шероховатости уплотнительных поверхностей и крепежных элементов довольно часто являются истинной причиной разгерметизации и аварий. Приобретенные дефекты, как правило, обусловлены врожденными дефектами. То есть, если при изготовлении фланцев не соблюдалась технология или отсутствовал адекватный контроль качества, то потом, в процессе эксплуатации и ремонтов, такие соединения, очевидно, очень быстро накопят дефекты. В наше время, когда при проведении конкурсов и тендеров довольно часто ключевым, а порой и единственным критерием оценки предложения поставщика является низкая цена, довольно трудно угодить рынку с продукцией высокого качества. Но изготовление фланцев — это довольно сложный технологический процесс, включающий в себя несколько этапов от получения заготовки (ковки, штамповки, литья) до обработки поверхностей. Качество уплотнительных поверхностей — исключительно важный параметр для обеспечения герметичности фланцевого соединения. К сожалению, востребованное рынком низкое качество (дешевые изделия не могут быть качественными по определению) в итоге очень дорого обходится тем, кто стремился сэкономить. Например, почти всегда, для герметизации фланцевого соединения с дефектами требуется более толстая (а значит и более дорогая) прокладка. Соединение с дефектами практически всегда имеет утечки (иногда невидимые на первый взгляд) и значит, процессы коррозии в нем будут проходить более быстро, чем в кондиционном соединении. Это может привести к тому, что, наконец, уплотнительные поверхности получат такие дефекты, при которых соединение уже невозможно будет уплотнить без дополнительной механической обработки. Следующий этап — это уже наплавка уплотнительной поверхности и последующая механическая обработка. Все это, в конечном итоге, выливается в затраты, на порядок и даже на порядки превышающие экономию на закупке некачественных фланцев или некачественный монтаж оборудования на месте эксплуатации. Итак, надежность фланцевого соединения определяется не только материалом, конструкцией и качеством изготовления прокладки и правильной сборкой

соединения, но и текущим техническим состоянием всех элементов соединения. Но для оценки текущего состояния соединения нужны специально разработанные нормативные документы и технические средства контроля и мониторинга состояния элементов конструкции соединения. К сожалению, в подавляющем большинстве случаев, на предприятиях, эксплуатирующих фланцевые соединения, нет ни того, ни другого.

Выбор прокладки и сборки соединения — ахиллесова пята и дамклов меч конечных пользователей

Если российские изготовители тепломеханического оборудования, стремясь использовать наиболее дешевые уплотнения, хоть какое-то внимание уделяют подбору и надежности уплотнения, то конечные пользователи, в подавляющем большинстве, все еще находятся в каменном веке. Трудно найти какую-нибудь другую техническую сферу, где настолько безграмотно и легкомысленно подходили бы к вопросу, требующему особой тщательности и повышенной ответственности. Но это лишь одна сторона медали или даже следствие. А причина в том, что разработчики и изготовители уплотнительных материалов и изделий сами содействуют такому положению вещей. Достаточно сравнить технические данные на выпускаемые прокладки ведущих западных и российских производителей. Что мы видим, как правило, на страницах технических каталогов и интернет сайтов российских производителей? Правильно, мы видим максимальную температуру и максимальное давление рабочей среды для данного уплотнительного материала или конкретного конструктивного исполнения прокладки. Непосвященный в основы уплотнительной техники обычный обыватель — конечный пользователь, разумеется, воспринимает эти рамки как легитимное поле для применения прокладки. Но! При этом он не осознает потенциальную опасность заложенной в таком безответственном подходе «мины» — возможного одновременного сочетания (совокупности) максимальной температуры и максимального давления. Технические данные, как правило, в виде Р/Т диаграмм (рис. 3), устанавливающие границы применения уплотнительных материалов с учетом сочетания давления рабочей среды и температуры эксплуатации, являются исключительно важными и необходимыми для тех, кто осуществляет выбор прокладки для конкретных рабочих условий. Типичный пример из жизни — внедрение безасбестового паронита. Многие компании — конечные пользователи «обожглись» на дешевых прокладках в прямом и переносном смысле. Они устанавливали новые прокладки на узлах с повышенной температурой, там, где раньше применяли паронит ПОН. Но практически 95 % всех марок безасбестового паронита могут работать надежно лишь при температуре максимум 250 градусов по Цельсию, остальные 5 % — в лучшем случае, до 300 градусов. И лишь совсем недавно, менее пяти лет назад, один из ведущих мировых производителей безасбестовых паронитов предложил рынку действительно термостойкий и термостабильный материал, но даже у этого материала температура применения, при которой не требуются дополнительные испытания, не превышает 400 градусов по Цельсию. Такая же ситуация иногда возникает и с прокладками из терморасширенного графита. Ответственные поставщики четко ограничивают температуру их применения величиной 400—450 градусов по Цельсию. Но при этом довольно часто в технических каталогах некоторых поставщиков можно найти температурный предел в 500 и даже 550 градусов, но без уточнения, в каких конкретных условиях такие температуры допустимы. Продолжая эту тему, можно также упомянуть и о других не менее важных технических параметрах фланцевых прокладок, таких как сжимаемость и упругое восстановление, плотность, газопроницаемость, стойкость к циклическим силовым и тепловым нагрузкам, склонность к ползучести, стойкость к агрессивным рабочим средам, теплопроводность и др.

Классическая ошибка при выборе фланцевой прокладки — недостаточная толщина прокладки при ее низкой сжимаемости. Все слышали, что всегда желательнее применять более тонкую про-

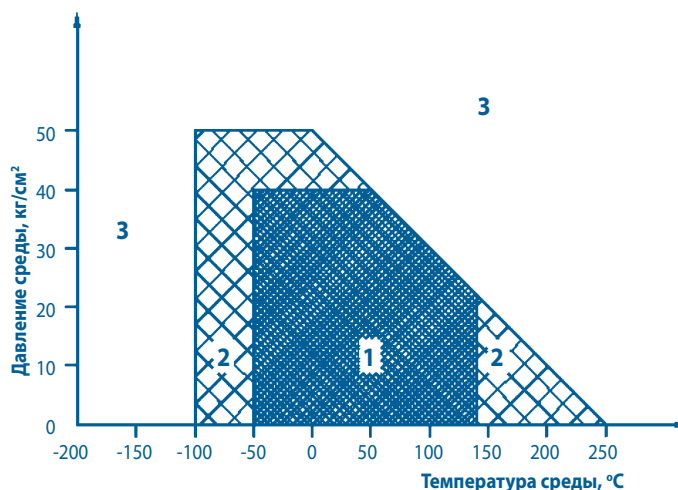


Рис. 3

- Если рабочие температура и давление находятся в границах сектора 1, то технические испытания обычно не проводятся, если принята во внимание устойчивость материала к рабочей среде.

- Если рабочие температура и давление находятся в границах сектора 2, рекомендуется проведение технических испытаний.

- Если рабочие температура и давление находятся в открытом секторе 3, то технические испытания обязательны.

кладку, да к тому же она и дешевле. Да, так оно и есть, но при условии, что соединение не имеет дефектов. Например, у паронита сжимаемость, как правило, не выше 10 % (для сравнения у графитовых прокладок до 45 %). Если такую прокладку поставить в условиях не параллельности уплотнительных поверхностей, то она, вероятнее всего, в одном месте будет пережата, в другом будет «висеть». Еще сложнее ситуация может сложиться в случае сборки замкнутого (то есть жесткого и малоподвижного в осевом направлении) технологического контура или при сборке так называемых «калачей» (изогнутых коротких участков трубопровода с двумя приваренными фланцами). В таких ситуациях, как правило, на одном фланцевом соединении всегда имеет место увеличенный зазор между фланцами, и устранить его затяжкой не представляется возможным. Единственный выход — применение прокладок с увеличенной толщиной или, что наиболее целесообразно, изготовление специального промежуточного металлического кольца с установкой двух пластиковых прокладок. С другой стороны, слишком толстая прокладка, в большей степени, подвержена риску ползучести и релаксации напряжений. Также негативным моментом является относительно большая площадь внутренней торцевой поверхности прокладки, что означает и большую пропускную способность прокладки для утечек, если принять за основу механизм утечек по теории фильтрации.

Другой характерный пример не совсем корректного выбора размеров прокладки — ориентация на размеры уплотняемых поверхностей. К сожалению, иногда можно встретить примеры нестандартных фланцевых соединений с чрезмерно большой площадью уплотнительной поверхностью фланцев. Очевидно, что при проектировании таких соединений не учитывалось соотношение возможностей крепежных элементов (суммарно создаваемая сила затяжки), площади прокладки и параметров рабочей среды. В результате на прокладке с чрезмерно большой шириной поля уплотнения не создается необходимого по расчету контактного давления. Специалисты ремонтники при замене такой прокладки просто замеряют размеры уплотняемой поверхности фланцев и переносят эти размеры на чертеж заказываемой прокладки. Хотя в данном случае, бывает достаточно уменьшить наружный или внутренний диаметр прокладки с тем, чтобы увеличить величину контактного давления.

Усилие предварительной затяжки фланцевого соединения — это, пожалуй, ключевой этап герметизации. Здесь всегда две беды: или недотянули (что случается чаще), или перетянули (что случается реже). В инструкциях по сборке фланцевых соединений (которые вообще-то, порой и «днем с огнем» не найти), как правило, рекомендации по затяжке крепежных элементов содержат расчетный крутящий момент на ключе. Но, во-первых, встретить на ремонтном производстве специалиста с динамометрическим ключом, это большая редкость (в отличие от автомобильной мастерской). Во-вторых, слишком много факторов влияет на истинный момент на ключе, слишком много погрешностей. Иногда, истинное значение получается в два раза ниже расчетного из-за больших потерь на трение в крепежных элементах или вследствие дефектов соединения. В-третьих, сами ключи требуют регулярной поверки и тщательного ухода. Корректное усилие затяжки — это не вся проблема. Сам по себе режим затяжки соединения имеет большое значение. В принципе, всегда целесообразно осуществлять одновременную затяжку, как минимум, четырех шпилек за один шаг. Но у специалистов, осуществляющих монтажные работы, практически никогда нет под рукой необходимой оснастки. Самый верный способ — выполнить контроль деформации прокладки. Но тогда мы должны иметь диаграмму осевого сжатия для прокладки данного исполнения. Но найти корректную диаграмму это очень большая редкость, так как разработчики и производители листовых материалов (особенно это касается дешевой продукции) зачастую не способны поддерживать заданные механические характеристики в каждом листе. Единственный выход — сделать из листа образцы (как минимум три образца) и провести их испытания на осевое сжатие, на основании полученных данных можно сформировать диаграмму сжатия для данного материала. Затем при сборке соединения надо или изготовить ограничительные плитки, или задействовать другой, но относительно корректный метод замера величины сжатия прокладки.

Другой немаловажный фактор, который порой не учитывается — режимы эксплуатации оборудования. Нередки случаи, когда прокладки выходят из строя из-за, например, не регламентированных резких гидравлических и тепловых нагрузок или повышенной вибрации.

В завершении хотелось бы отметить, что в реальной жизни, особенно в условиях современной российской действительности, когда подрядные организации, отвечающие за ремонт оборудования, стараются нанимать на работу дешевый (а значит и неквалифицированный) персонал, ситуация усугубляется. Поэтому актуальность приобретают вопросы оценки экономических потерь компаний в связи с низкой надежностью работы фланцевых соединений, снижения аварийности на потенциально опасных производствах, экологического ущерба окружающей среде от несанкционированных утечек опасных рабочих сред, энергосбережения и обучения ремонтного персонала основам работы с уплотнениями.

Санкт-Петербург, май 2012 года

Импортозамещение для ОАО «ГАЗПРОМ»:

Разработан новый антипомпажный клапан

Евсиков В. Е., Удалов А. И., Нижний Новгород



В соответствии с программой импортозамещения предприятием ООО НПЦ «АНОД» по ТЗ ОАО «Газпром» разработан антипомпажный клапан осевого потока электрогидравлический DN300 PN80. Клапан испытан и принят комиссией ОАО «Газпром». Антипомпажный клапан принципиально новой конструкции предназначен для предотвращения помпажа в работе компрессора, а также может использоваться как запорно-регулирующий на магистральных трубопроводах. Конструкция антипомпажного клапана с электрогидроприводом имеет следующие положительные особенности по сравнению с существующими конструкциями:

- высокая экологическая безопасность и взрывопожаробезопасность, т. к. в корпусе клапана отсутствует штоковая проходка

с сальниковым узлом, и нет выброса отработанного газа в окружающую среду. В связи с этим клапан можно устанавливать в помещении рядом с компрессором, что в свою очередь снимает проблемы работы клапана при отрицательной температуре окружающей среды,

- отказ от использования энергии газозового потока в трубопроводе и введение компактной гидростанции высокого давления, обеспечивающей безопасную работу привода плунжера клапана в автоматическом и ручном режиме и не зависящей от давления газа в трубопроводе,

- высокая надежность работы клапана благодаря отсутствию механических звеньев передачи.

В новой конструкции антипомпажного клапана привод перемещения плунжера выполнен в виде гидроцилиндра, размещенного во внутреннем корпусе. Клапан снабжен пружинным гидроаккумулятором и замкнутой автономной гидросистемой питания — насосной станцией, состоящей из емкости с рабочей жидкостью, насоса высокого давления, пневмогидроаккумуляторов, ручного насоса, запорных клапанов с электромагнитным управлением и распределителя с пропорциональным электромагнитом с сервоуправлением, блока управления клапана. Клапан обеспечивает автоматическое позиционное регулирование по командам от системы автоматического управления в виде сигнала 4...20 мА и возможность остановки затвора в любом промежуточном положении в течение неограниченного промежутка времени. Клапан нормально открытого исполнения при исчезновении электроэнергии обеспечивает полное открытие затвора за время менее 2 сек.

В разработке, изготовлении, испытании антипомпажного клапана кроме ООО «НПЦ «АНОД» принимали участие Павловский машиностроительный завод «ВОСХОД» (г. Павлово), ФГУП «ФНПЦ НИИИС им. Ю. Е. Седакова» (г. Нижний Новгород), ОАО «Воткинский завод» (Удмуртия), ООО «УРАН» (г. Москва).

Нижний Новгород, апрель 2012 года