

Пути снижения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу

M. Schaaf, AMTEC Services GmbH (Германия)

В статье приводятся оптимальные характеристики материала сальниковой набивки и испытания, необходимые для определения этих характеристик. Представлен монтажный инструмент для гидравлической затяжки и описан опыт его применения.

Введение

Требования по снижению загрязняющих атмосферу промышленных выбросов постоянно ужесточаются. [1, 2]. В Европейском союзе уровень выбросов регламентируется Директивой «Интегрированная система предотвращения и контроля выбросов» (IPPC)¹. Страны-члены ЕС должны включить требования этой Директивы в свои национальные нормативные документы, каким, например, в Германии является Техническая инструкция по контролю качества воздуха TA-Luft². Кроме этого, механизм выполнения требований Директивы ЕС наиболее подробным образом расписан в руководстве VDI³ 2440 «Нефтеперерабатывающие предприятия. Контроль загрязнения атмосферы промышленными отходами».

Учитывая это, необходимо повышать качество и герметичность фланцевых соединений и сальниковых набивок. Их работоспособность и герметичность можно гарантировать только при условии, что все параметры (критерии выбора конструкции, качество прокладок, расчеты и процедура сборки) учитываются во взаимосвязи. Все новые требования директив и инструкций в отношении фланцевых соединений уже изложены в стандартах. Что же касается уплотнительных набивок сальниковых коробок, то работа по созданию стандартов только-только началась.

Точно так же, как и для фланцевого соединения, надежной работы и герметичности сальникового уплотнения можно достичь, зная, чего можно ждать от поведения той или иной детали и их взаимодействия (болты, сальник и коробка сальника).

Основными характеристиками материалов набивок сальниковых коробок, которые следует определить, прежде чем их использовать, являются: способность восстановления после деформации, трение и уплотняющая способность. Требуемые значения именно этих характеристик гарантируют надежную работу и герметичность набивок. Некоторые попытки определить величины этих характеристик уже предприняты; для этого уже созданы

¹ IPPC – Integrated Pollution Prevention and Control.

² документы Технического отдела «Воздушный бассейн» (при Федеральном министерстве охраны окружающей среды).

³ VDI – (Verein Deutscher Ingenieure) Союз немецких инженеров.



M. Schaaf – выпускник физического факультета Университета в Штутгарде (1992 г.). В настоящее время возглавляет подразделение уплотнений в фирме AMTEC Services GmbH в Lauffen, Германия. Является членом комитета по стандартизации CEN/TC74 «Фланцы и фланцевые соединения», а также членом рабочего комитета VDI 2290 «Снижение промышленных выбросов в атмосферу».

испытательные стенды и разработаны методики проведения испытаний. Знание свойств материалов – это основа снижения загрязняющих выбросов в атмосферу промышленными предприятиями. Но не менее важны и методики установки уплотнительных набивочных колец. Установку колец необходимо выполнять в два этапа: первый – предварительное деформирование (обжатие) (с усилием выше расчетного) и второй – предварительное напряжение (расчетное усилие затяжки должно отвечать требованиям герметичности). При такой двухступенчатой установке набивки использование тарированного ключа – это пустая трата времени, наиболее эффективно в данном случае пользоваться гидравлическим механизмом натяжения.

Подводя итог выше сказанному, – чтобы добиться корректного функционирования соединения, необходимо иметь следующие исходные предпосылки [3]:

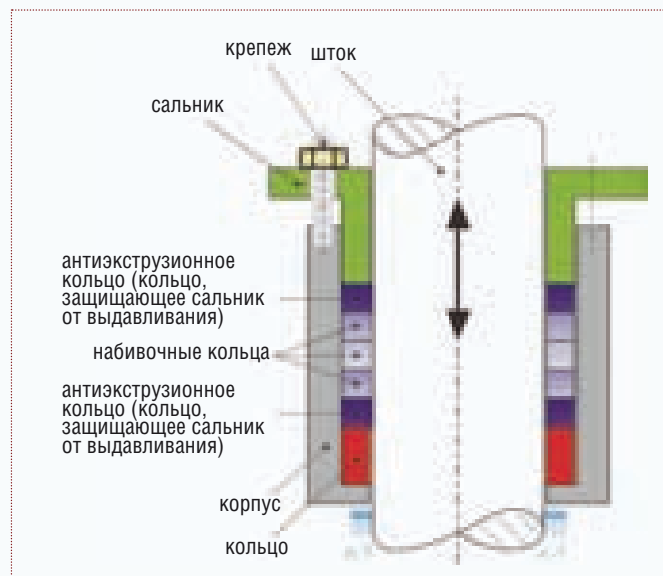


Рис. 1. Схема набивки сальниковой коробки



Характеристики набивки коробки сальника	Описание	Вид испытания
Деформация	Заполнение зазоров	Испытание на сжатие
$K_{внутр}; K_{внеш}$	Коэффициент передачи	Испытание на сжатие
μ	Коэффициент трения	Измерение потерь на трение
$\sigma_{VU/L}$	Минимальное напряжение прокладки при сборке	Испытание на герметичность
$\sigma_{BU/L}$	Минимальное напряжение прокладки при эксплуатации	Испытание на герметичность
K_{δ}	Коэффициенты ползучести и уменьшения напряжения	Испытание на релаксацию
Химическая стойкость	Пригодность к использованию	
Коррозия	Совместимость	Испытание на коррозионную стойкость
Характеристика долговечности	Деградация материала	Испытание на старение
Температурная характеристика	Тепловое расширение, теплопередача	

Таблица 1. Характеристики материалов и необходимые испытания набивок сальниковых коробок

- должны быть известны все характерные для соответствующих условий работы и сборки нагрузки;
- фланцы и болты сальника должны отвечать заданным требованиям;
- должна быть подобрана набивка, имеющая характеристики, соответствующие заданным условиям;
- расчетными методами необходимо определить значение предварительного обжатия (при сборке), граничные условия;
- необходимо выбрать подходящую методику монтажа (создать правильное предварительное напряжение).

Описание материалов набивок

Для обеспечения герметичности сальника, показанного на рис. 1, необходимо знать минимальное значение усилия затяжки набивки, как при сборке, так и при эксплуатации. Эти усилия затяжки зависят от нескольких параметров, например, условий эксплуатации и характеристики материала. В таблице 1 приведены определения характеристик набивочных материалов.

Во время процесса сборки перекрываются все возможные пути утечки рабочей среды через сальниковый узел (между штоком и набивкой, между набивкой и корпусом и внутри самого набивочного материала). А чтобы этого достичь, материал набивки должен обладать достаточным уровнем деформационной способности; таким, чтобы были заполнены зазоры, предусмотренные конструкцией, и была возможна оптимальная установка набивки при минимальном осевом напряжении. Кроме способности набивочного материала заполнять все существующие зазоры (деформации), важны и другие характеристики материалов набивок. Обычно набивка в продольном направлении сжимается с помощью усилия болтов сальника. Чтобы набивка оставалась подтянутой, осевое напряжение должно передаваться радиально, перпендикулярно поверхности штока (коэффициент передачи). Радиальное напряжение вызывает силу трения штока, эта сила зависит от радиального усилия и характеристик трения набивочного материала (коэффициента трения). К тому же, необходимо знать поведение материала набивки при поджатии. Именно эта характеристика позволяет уста-

новить зависимость между продольным напряжением и величиной утечки через набивку. Она определяется так же, как и для плоских прокладок («плавающего» или самоуплотняющегося типа, применяемого, например, для уплотнения «плавающей» крышки). И, наконец, необходимо знать, как будут меняться характеристики набивочных материалов со временем (усадка и старение, ослабление). Усадка и старение в сочетании с конструкцией сальниковой камеры могут привести к значительной потере уровня предварительно созданного напряжения. Конечно же, чтобы получить полную картину о материале набивок, важны и другие их характеристики, например, коррозионная стойкость.

За последние годы было создано несколько испытательных стендов, позволяющих определить и проанализировать вышеприведенные характеристики конкретно для каждого материала набивки путем проведения специальных испытаний.

Кроме испытаний по определению характеристик набивочных материалов, проводятся дополнительные испытания (комплексные испытания) по определению механических свойств и герметичности набивочных материалов, например, соответствующие требованиям VDI 2440 [4] или ISO 15848 [5].

Задачей проведения испытаний по VDI 2440, которые считаются основными испытаниями материалов набивок в Германии, является определение герметичности комплекта набивочных колец в условиях, соответствующих условиям эксплуатации (температура, давление, циклы срабатывания штока, ход), в соответствии с требованиями TA-Luft («Контроль качества воздуха. Техническая инструкция»).

Техническая инструкция TA-Luft разработана с целью защиты окружающей среды и людей от губительного влияния промышленных выбросов и с целью создания высокого уровня защиты окружающей среды в целом во всем мире.

Соединения с затяжкой уплотнения можно отнести к высококачественным уплотнениям, соответствующим требованиям TA-Luft, если выполняются следующие условия:

- уплотнение в условиях эксплуатации сохраняет свою работоспособность в течение длительного периода;



• удельная величина утечки $1,0 \cdot 10^{-4}$ мбар·л/(с·м) при температуре ниже 250°C и $1,0 \cdot 10^{-4}$ мбар·л/(с·м) при температуре выше или равной 250°C обнаруживается при проведении первичных испытаний.

Испытательное оборудование TEMES_{valve-teq}, *рис. 2*, было разработано для проведения испытания набивки сальниковой коробки и уплотнения корпус-крышка арматуры и позволяет проводить как испытания конкретного материала, так и стандартные испытания на соответствие требованиям VDI 2440 или ISO 15848. Измеряется сила трения при перемещении штока и определяется герметичность (используя гелий или метан).



Рис. 2. Оборудование для проведения испытаний арматуры TEMES_{valve-teq}

Это можно объяснить различными коэффициентами трения болтов, сальника и гаек (в зависимости от марки смазки), изгибами сальника, неравномерной деформацией набивочного материала, способом установки, зачастую, в очень узком месте, и пр. После создания предварительного напряжения часто происходит существенное ослабление набивки из-за дополнительной усадки и эффекта ползучести.

В некоторых случаях для уменьшения эффекта ослабления усилия сжатия применяются тарельчатые пружины (пружины Бельвиля). Но кроме усилия, снижение коэффициента жёсткости может отразиться на работоспособности сальниковой камеры.

Создание управляемого предварительного напряжения в сальниковой коробке

По условиям поставок оборудования для атомных станций на трубопроводах может устанавливаться только арматура с сальниковыми узлами повышенной надежности при условии полной гарантии ее работоспособности и герметичности. Подтяжка сальников – задача, требующая оптимального решения. Сила трения, действующая на шток, должна быть небольшой, но, с другой стороны, чтобы обеспечить герметичность, уровень предварительного напряжения должен быть высоким.

Опыт показывает, что для сальниковых набивок полоса разброса исходных значений предварительного напряжения может быть значительно выше, чем для прокладок болтовых соединений.



Рис. 3. Сборка – набивка сальниковой коробки – основной способ

Требуемых характеристик усилия затяжки можно достичь, разделив процедуру установки сальника на 2 этапа: предварительное деформирование (обжатие) (с усилием выше расчетного) и предварительное напряжение (расчетное усилие затяжки должно отвечать требованиям герметичности), см. *рис. 3*. Усилие, прилагаемое при предварительном деформировании, значительно выше, чем усилие, необходимое для выполнения второго этапа (предварительное напряжение). Максимальное усилие предварительного деформирования удерживается неизменным в течение нескольких минут (время выдержки),

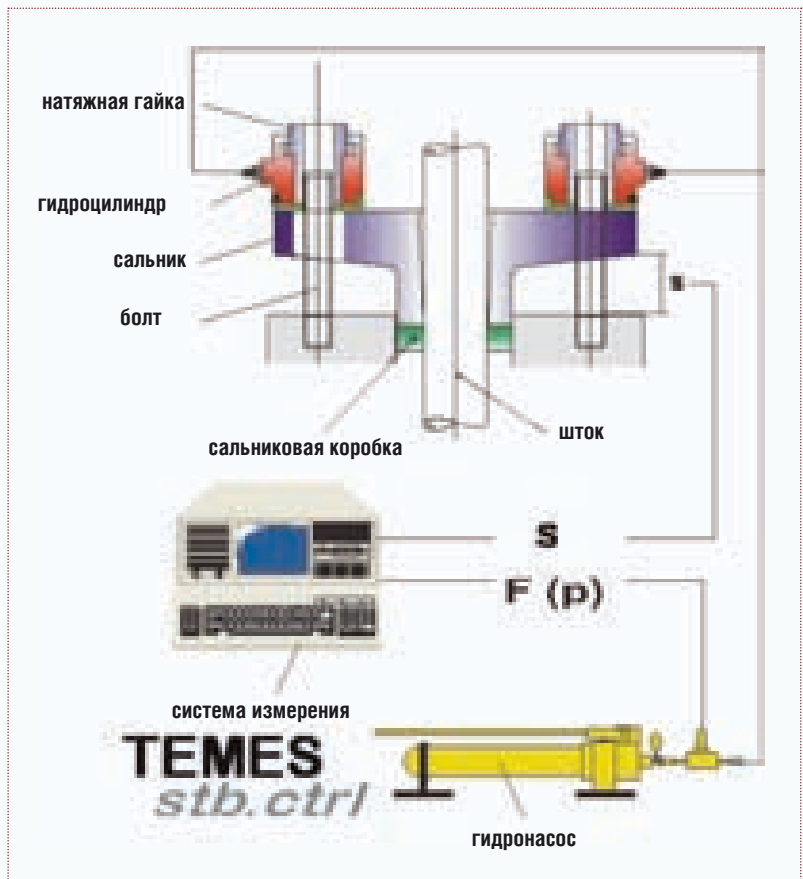


Рис. 4. Предварительное напряжение набивки сальника – оборудование TEMES_{valve-teq}

чтобы быть уверенным, что все процессы пластического деформирования завершены, и материал набивки распределен наилучшим образом. После выполнения этого этапа нагрузка с набивки снята, но прилагается усилие, соответствующее усилию создания предварительного напряжения. Фирма АМТЕС разработала гидравлическую систему сборки набивочных колец, которая получила название TEMES_{valve-teq}. Для затяжки болтов соединения используются очень компактные гидравлические гаечные ключи, они могут размещаться над гайками сальниковой коробки. Как показано на *рис. 4 и 5*, такие гидравлические гаечные ключи с ручным насосом используются, с одной стороны, для затяжки болтов соединения, а, с другой стороны, – для поджатия набивки. При применении нагрузки (усилия обжатия) – кривая давления тарируется индивидуально для каждого цилиндра.

Создание управляемого предварительного напряжения сальниковых камер имеет несколько преимуществ по сравнению с традиционной процедурой установки:

- набивка сальника с помощью гидравлических устройств, в принципе, очень проста,
- все болты затягиваются одновременно,
- необходимо только основное оборудование,
- применяя управляемое предварительное напряжение, можно добиться гарантированной герметичности,
- имеется возможность задать воспроизводимые значения предварительного напряжения и на основе этого возможна воспроизводимая диагностика,
- возможность защиты значений предварительного напряжения от доступа третьих лиц,
- при выполнении предварительного деформирования и предварительного напряжения во время сборки наблюдается меньшее ослабление затяжки, а стало быть, реже необходимо проводить и техническое обслуживание.

Заключение

В настоящее время нет действующих стандартов, в которых приводились бы требования к характеристикам материалов набивок сальниковых коробок. Однако, подобные характеристики имеются для материалов, используемых для плоских прокладок, существуют испытательные стенды, и разработаны программы проведения испытаний и определения необходимых характеристик. С другой стороны, определены некоторые методики проведения испытаний на соответствие техническим требо-

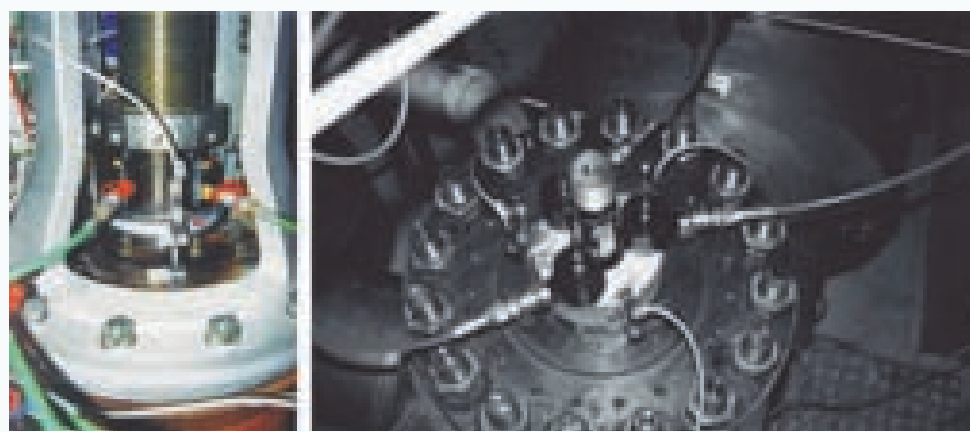


Рис. 5. Предварительное напряжение набивки сальника – примеры использования оборудования TEMES_{valve-teq}

ваниям на использование материалов набивок в определенных условиях (например, TA-Luft). Несмотря на то, что ряд сальниковых набивок по результатам лабораторных испытаний соответствует требованиям TA-Luft, величина утечки через сальник по штоку, измеренная в условиях эксплуатации арматуры на химическом заводе, была значительно выше ожидаемой. Причина – в способе заводской сборки. Процедура сборки – наиважнейшая и заключительная в процессе контроля качества уплотнений. Самые лучшие результаты герметичности (наиболее воспроизводимые) были достигнуты при сборке сальникового узла и набивке уплотнительных колец с созданием управляемого предварительного напряжения. Использование гидравлических гаечных ключей позволяет одновременно и равномерно затягивать болты сальника, а, значит, гарантированы равномерная деформация и нагрузка на набивочные кольца. Соблюдение при сборке условий предварительной деформации и предварительного напряжения способствуют правильной посадке сальниковых колец, а значит, меньшему ослаблению затяжки во время эксплуатации и более надежной герметичности.

Перевод Т. Сяляровой, ЗАО «ТД «Знамя Труда»

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Council Directive 96/61/EC of 24 September 1996 concerning Integrated pollution prevention and control, Official Journal L 257, 10/11/1996, P. 0026 - 0040.
2. Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundesimmissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft) 24,07.2002.
3. Schockle F., Bortoneck J.: Approach to a Correct Function of Stuffing Boxes, 1996 AS/VIE PVP Conference, Montreal.
4. VDI 2440, Emission control – Mineral oil refineries, edition 2000-11.
5. ISO 15848-1, Industrial valves – Measurement, test and qualification procedures for fugitive emissions – Part I: Classification system and qualification procedures for type testing of valves.