

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ УПЛОТНЕНИЙ ИЗ ТЕРМОРАСШИРЕННОГО ГРАФИТА В ТУРБОНАСОСОСТРОЕНИИ



Олег Исаев,
генеральный директор
ООО «Силур»



Дмитрий Смирнов,
заместитель
генерального директора
ООО «Силур»

В настоящее время **ООО «Силур» (г. Пермь)** приобрело значительный опыт в применении уплотнений из ТРГ в насосном и турбинном оборудовании как отечественного, так и импортного производства. Вопросы ремонта импортного насосного оборудования были достаточно полно изложены в статье «Импортозамещение», опубликованной в журнале «Химагрегаты», № 4 – 2014 г., а опыт герметизации горизонтальных разъемов крупногабаритных насосов, компрессоров и турбин – в статье «Неиспользованные возможности» в журнале «Химическая техника», № 5 – 2015 г.. Однако круг вопросов, возникающих при герметизации насосного оборудования, значительно шире.

В данной статье изложен опыт применения уплотнений из ТРГ для решения вопросов герметизации соединений типа «выступ – впадина» (он же «замок»), довольно часто используемого в разъемах корпуса насосных агрегатов отечественного и импортного производства.

История возникновения вопроса уходит в 2007 г., когда руководство ООО «ЛУ-КОЙЛ – Пермнефтеоргсинтез» обратилось к нам с просьбой разработать замену импортных прокладок на сырьевом насосе SECTIONAL 10x12x15B HDO-8stg установки гидрокрекинга ПГПН (**рис. 1**).

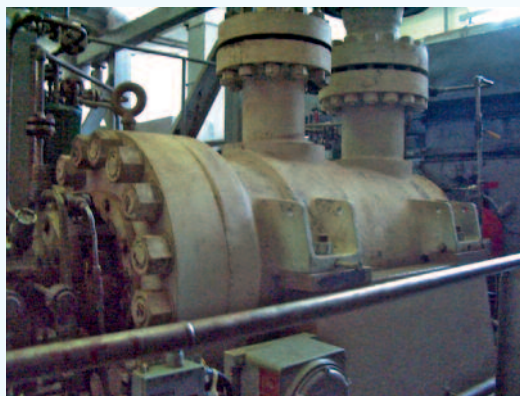


Рис. 1. Насос фирмы FLOWERVE, эксплуатационные характеристики:

рабочая среда – газойль;
температура – 280° С;
давление на приеме – 4 кгс/см²;
давление нагнетания – 168 кгс/см²;
давление рабочее – 135 кгс/см².

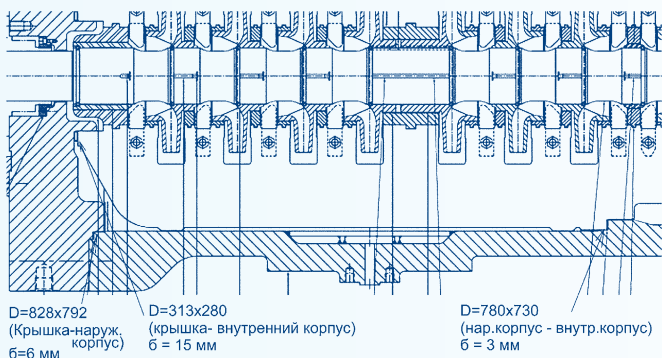


Рис.2. Чертеж насоса

Взамен импортных штатных завальцованных уплотнений «крышка – наружный корпус» и «наружный корпус – внутренний корпус» были разработаны, изготовлены и установлены комплекты прокладок ПУТГ-2-212-04-828x792-5,0 и ПУТГ-2-212-04-780x730-5,0. Данное техническое решение подтвердило свою высокую надежность и работоспособность в процессе эксплуатации. И лишь в 2012 г. была установлена прокладка ПУТГ-2-212-04-313x280-15 в соединении «крышка – внутренний корпус».

Дальнейший период эксплуатации данного насоса полностью подтвердил правильность принятых технических решений. В чем же состояла проблема штатных уплотнений? Разберем на примере прокладки соединения «крышка – внутренний корпус».

Штатное уплотнение представляло собой прокладку из ТРГ, завальцованную в ленту из нержавеющей стали толщиной 0,5 мм (**рис. 3**).





Рис. 3

Учитывая, что фактический контакт происходил по металлическим привалочным поверхностям, а для герметизации необходимы высокие удельные усилия обжатия порядка 125 МПа, предъявлялись высокие требования к качеству контактных поверхностей. Такое уплотнение после снятия нагрузки имеет минимальную восстанавливаемость. Все это в совокупности с термоциклированием в процессе эксплуатации приводило к разгерметизации соединения.

Выдержка из акта по этому поводу:

В январе 2012 г. в процессе ремонта насос, технологическая позиция 10–GA–101А, был остановлен по причине разгерметизации в соединении «крышка – внутренний корпус».

После разборки насоса завальцованная прокладка, поз. 744–1, в данном соединении не обнаружена. Отмечено, что это не первый случай эрозионного разрушения и выноса завальцованной прокладки в таком соединении.

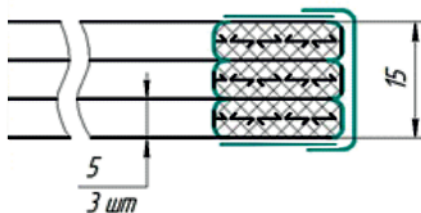


Рис. 4

Взамен было разработано и установлено уплотнение ПУТГ–2–212–04–313x280–15,0 СБ (черт. ПУТГ–001–07) в виде пакета из армированных прокладок в наружном обтюраторе из нержавеющей стали толщиной 0,1 мм (**рис. 4**).

Такое техническое решение за счет высокой восстанавливаемости уплотнения дало возможность в процессе дальнейшей эксплуатации насоса исключить все негативные эффекты.

Кроме того, от данной работы удалось получить высокий экономический эффект, поскольку комплект штатных прокладок импортного производства стоил 14000 евро, а вариант от ООО «Силур» – в несколько раз дешевле.

Случай замены металлических прокладок на уплотнения из ТРГ рассмотрим на примере многоступенчатого насоса АХИО, предназна-

ченного для перекачки расплава $ZrCl_4 + KAlCl_4$ при температуре $545^\circ C$ и давлении 1,5 МПа (**рис 5**).

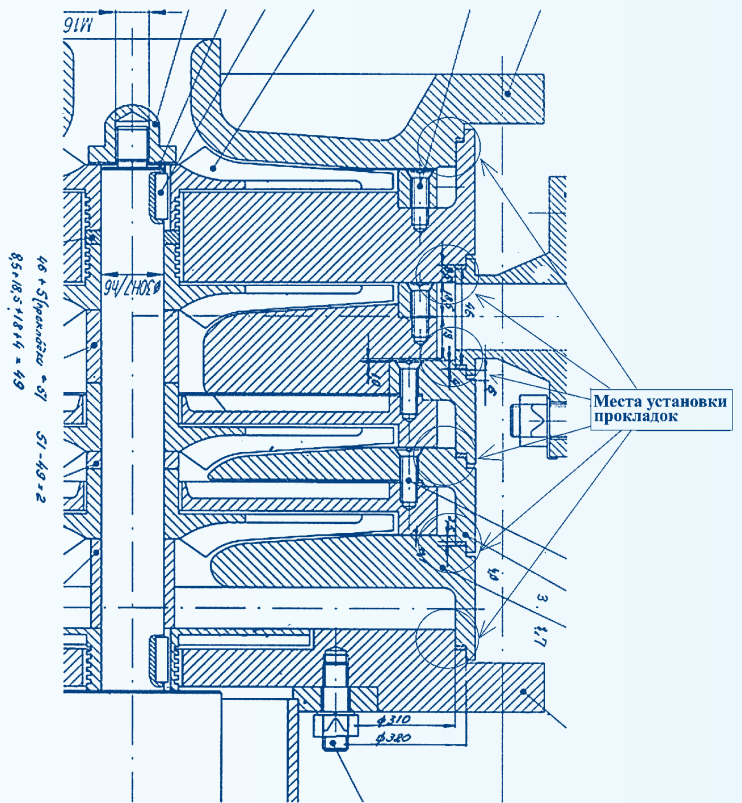


Рис. 5

Проблема заключалась в том, что в качестве уплотнения использовались прокладки из чистого никеля, и при каждой разборке насоса их приходилось менять на новые. Кроме того, ввиду значительных удельных усилий, необходимых для герметизации соединения, привалочные контактирующие поверхности подвергались сильной коррозии. В качестве альтернативного решения было предложено использовать прокладки из чистого ТРГ ПУТГ–1–100–01–320x310–3,0–И (Н–14), которые полностью соответствовали требованиям к химической и термической стойкости. Дальнейшая эксплуатация подтвердила высокую надежность уплотнений из ТРГ в этом насосе.

В заключение рассмотрим более сложный случай: уплотнение главных разъемов насосных агрегатов энергетических установок. Этот разъем, выполненный таким же образом по схеме «замок», имеет габаритный диаметр 1200 – 1300 мм, рабочая среда – перегретый пар при температуре $270 – 300^\circ C$ при давлении до 25 МПа. Необходимость выдерживать высокое рабочее давление и обеспечивать герметичность требует удельного сжимающего усилия на фланцах разъема порядка 600 МПа.

Изначально основное уплотнение выполнялось из нержавеющей стали, при устойчивой

рабочей температуре и высоком качестве поверхности фланцев обеспечивало необходимую плотность разъема. Однако поскольку деформация уплотнения из нержавеющей стали не является упругой, его надежность при переменных тепловых режимах работы резко снижалась. Кроме того, в результате высоких контактных напряжений с течением времени происходил износ привалочных поверхностей фланцев, проявлялись дефекты, которые не могли быть заполнены материалом уплотнения, что приводило к разгерметизации разъема.

Для решения возникших проблем было применено уплотнение, конструктивно выполненное из трех неразъемно соединенных кольцевых слоев, вложенных друг в друга, причем средний слой в виде кольца выполнен путем прессования спирально-навитой ленты из расширенного графита, а наружный и внутренний слои представляют собой концентрические металлические кольца-обечайки, ограничивающие графитовое кольцо по наружному и внутреннему диаметрам. Такое конструктивное решение смогло закрыть возникающие проблемы, но вместо этого появилась иная: при обжатии уплотнение сильно раздавалось в радиальном направлении, расклиниваясь между стенками корпуса и выемной части, вследствие чего данное соединение невозможно было разобрать без разрушения графитового кольца, частицы которого попадали во внутреннюю полость насоса, что было категорически недопустимо.

В такой критический момент специалисты ООО «Силур» подключились к решению этой задачи: создать уплотнение с использованием ТРГ, которое было бы герметично без опоры на внутренний диаметр и исключало при разборке разъема попадание инородных частиц во внутренние полости насоса. Данная задача была решена путем создания уникальной конструкции уплотнения типа «сэндвич», состоящей из чередующихся, расположенных параллельно уплотняемым поверхностям, слоев гибкого листового графита и листового металла. Каждый несколько слоев по внутреннему и наружному диаметрам окантованы защитными кольцами U-образной формы из тонколистового металла для исключения контакта графита с уплотняемой средой (**рис. 6**).

Разработанная конструкция обеспечивает уплотнению прочность на сжатие не менее 120 МПа без оборы на стенки канала, восстанавливаемость – не менее 10 %, способность компенсировать дефекты поверхности фланцев – глубиной до 0,5 мм, что, в свою очередь, дает возможность обеспечить герметичность главного разъема насосного агрегата энергетических установок при давлении до 25 МПа и температуре до 300°С. При колебаниях темпе-

ратуры либо иных негативных факторах, приводящих к ослаблению нагрузки на шпильках, уплотнение за счет упругой деформации увеличивается по высоте и компенсирует раскрытие фланцев, сохраняя герметичность соединения.

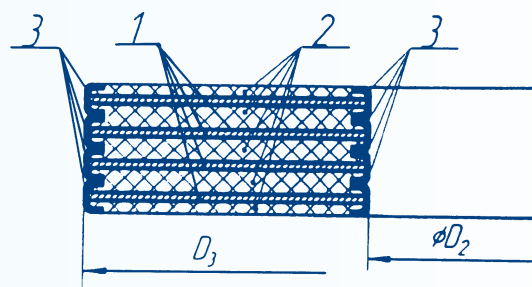


Рис. 6

- 1 – металлический слой;**
- 2 – графитовый слой;**
- 3 – защитные U-образные кольца**

На данное техническое решение получен патент RU 2561813.

Изложенные выше примеры наглядно демонстрируют высокую эффективность применения уплотнений на основе ТРГ в решении вопросов обеспечения герметичности в турбонасосостроении, а наличие собственного производства и накопленный опыт дают возможность ООО «Силур» решать подобные проблемы в кратчайшие сроки.



СИЛУР

УПЛОТНИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И
УПЛОТНЕНИЯ ИЗ ТЕРМОРАСШИРЕННОГО
ГРАФИТА

ПЕРМСКИЙ КРАЙ Г. ПЕРМЬ
УЛ. 1905 ГОДА, 35
ТЕЛ: (342) 270-05-99

WWW.SEALUR.RU

