



Виктор Вазарели. «Zebra»

Графит – он и в Африке графит*

О.Ю. Исаев, генеральный директор ООО «Силур»

В первой статье под таким же названием специалисты ООО «Силур» попытались подробнейшим образом осветить проблему качества высокотемпературных сальниковых набивок ТРГ. Основной задачей той статьи было донесение до читателя мысли, что за внешним привлекательным обликом набивки может скрываться весьма посредственное содержание, и если этого не понимать – недалеко до беды. Но, как говорится в одной мудрой книге, «в своём отечестве пророка нет», вследствие чего приходится вновь возвращаться к этой теме, чтобы на практике еще раз доказать преимущество набивки российского производства.

* Первая статья с тем же названием опубликована в журнале «Арматуростроение» № 2-2013, с. 64.

Итак, специалистов Н-ского нефтеперерабатывающего завода смутил внешний вид поставленных набивок марки НГ производства ООО «Силур». Дескать, углы закруглены, а должны быть острыми, шелушение имеется, да ещё непривычно крупными чешуйками, какая-то более жёсткая она у вас, вот тут ниточка торчит, в общем, не нравится и всё тут. И представляют в качестве образца «эталона» ... набивку китайского производства – гибкую и блестящую, но с большим содержанием (более 10%) клея и другими недостатками, которые были освещены в вышеуказанной статье. Естественно, что снова повторять известные эксперименты в «пробирке» в этом случае было бы непродуктивно.

Поэтому единственным способом расставить все точки над *i* остались сравнительные испытания набивок в рабочих условиях. Техническими службами завода было предложено оснастить сальниковые камеры двух одинаковых задвижек и проверить их на герметичность до и после теплосмены.

Испытания были проведены в серьезном и уважаемом АО «ИркутскНИИхиммаш», где сохранилась, пожалуй, единственная в России независимая лаборатория, способная провести такие испытания. Н-ский НПЗ передал в этот институт образцы набивок НГ-200 (набивка ТРГ, армированная нержавеющей проволокой) и «эталона» сечением 4×4 и две задвижки ЗКС.Ф-25.63 производства Воткинского машзавода, не новые, но отреставрированные и находящиеся в одинаково хорошем состоянии.

Испытания на герметичность давлением воздуха 6,3 МПа должны были проводиться в два этапа.

- После сборки.
- После выдержки испытуемой арматуры в печи при 500 °С в течение 4 часов.

Заведующий отделом № 24
АО «ИркутскНИИхиммаш»
Вирюкин Валерий Павлович:

“ Представленные на испытания образцы набивки имели одинаковую и достаточно высокую плотность, равную 1,33 г/см³. Набивку нарезали на одну длину. Сальниковые камеры оснащались шестью кольцами, уложенными со смещением стыков на 90°. Осадку грундбуксы проводили до достижения герметичности по сальнику. Первый этап показал, что набивка-«эталон» имеет существенно лучший результат – для достижения герметичности по воздуху потребовалось всего 6 колец «эталонной» набивки с осадкой грундбуксы на ½ её рабочей длины. Сальник из набивки НГ-200 обеспечил герметичность при 7 кольцах и осадке грундбуксы

на всю длину. При этом, с учетом высоты осадки грундбуксы, набивка-«эталон» в обжатом состоянии должна иметь плотность 1,87 г/см³, набивка НГ-200 – 2,19 г/см³, что теоретически невозможно, т. к. это выше максимальной плотности графита, достигаемой прямым прессованием.

Значит, набивка НГ выдавливалась в зазор, но почему? Ведь эксперименты в «пробирке», согласно данной статье 2013 года, показывали обратное, китайские набивки в одинаковый зазор при одинаковой нагрузке выдавливались гораздо сильнее.

Инженер-конструктор I категории
отдела № 24 АО «ИркутскНИИхиммаш»
Вайнберг Снежана Михайловна:

“ Чтобы исключить влияние индивидуальных особенностей арматуры, сальники перенабибли, поменяв набивки местами. Результат остался прежним, герметичность с набивкой-«эталон» достигалась на 6 кольцах, с набивкой НГ-200 на 7 кольцах. Однако, дополнительные гидроиспытания давлением 6,3 МПа показали не столь значительное отставание набивки НГ-200. Герметичность её достигалась на 6 кольцах при полной осадке грундбуксы. Осмотр выпрессованных из сальниковой камеры колец набивки НГ-200 показал наличие треугольной формы выступа на нижнем торце нижнего кольца, свидетельствующего о наличии фаски на дне сальниковой камеры, при этом облоя графита не обнаружено, хотя с большой долей вероятности его просто оборвало при извлечении штока. На верхнем кольце толстый (по 0,6–0,7 мм), высокий (1,5–2,0 мм) облой по внутреннему и наружному диаметру. Что свидетельствует о больших зазорах между сопрягаемыми деталями: штоком, грундбуксой, корпусом (рис. 1).

Прежде всего, следует вспомнить, что еще в 2006 году при переходе с асбестовых набивок на набивки ТРГ по рекомендациям ООО «Силур» в сальниковые камеры Воткинских ЗКЛ стали устанавливать два подсальниковых кольца с целью уменьшения зазоров и исключения фаски на дне сальниковой камеры.

В течение 9 лет данные задвижки с модернизированной сальниковой камерой комплектуются набивками НГ-300 (набивка ТРГ, армированная стеклонитью), подпрессованными до плотности 1,4 г/см³.

Для давления 4,0 МПа устанавливают 4 кольца, для 16,0 МПа – 6 колец. Задвижки предназначены для применения в том числе и на газ с рабочей температурой до 500 °С. Проблем и замечаний по сальнику за истекший период не поступало.

Видимо, переданная для испытаний арматура была выпущена до 2006 года, и модернизация её не коснулась. Этим и объясняются большие зазоры и скосы.

Но все же: почему при одинаково ненормированном состоянии сальниковых камер «эталонная» набивка показывает лучшие результаты?

Вода и воздух имеют различную проницаемость. Набивка НГ-200 одинаковой с набивкой-«эталон» плотности оказалась более газопроницаема, и для снижения этой газопроницаемости набивку НГ-200 нужно сильнее уплотнять, осаживая грундбуску и... ВЫДАВЛИВАЯ набивку в большие зазоры. Именно поэтому для герметизации потребовалось 7, а не 6 колец набивки.

В чем же феномен низкой газопроницаемости набивки-«эталона»?



Рис. 1

Традиционно для снижения газопроницаемости набивки пропитывают различными составами – резинографитовыми смесями, жировыми смазками, фторопластовыми суспензиями, силиконами.

В случае с набивкой-«эталон» всё по-другому – в качестве связующего здесь используется жидкий «незасыхающий» клей, о вреде которого неоднократно говорилось и писалось...

Но вот такое его «положительное» свойство все, честно скажем, проморгали.

Заместитель заведующего отделом № 24 АО «ИркутскНИИХиммаш»
Фесюк Елена Владимировна:

“ При обжатии набивки в сальниковой камере клей, находящийся внутри графитовых жгутов, выдавливается, быстрее и легче заполняет поры в набивке. Газоплотность достигается не за счет уплотнения и закрытия пор материалом набивки – графитом, а за счет растекания клея.

Кто скажет, что низкая газопроницаемость – это плохо? Это очень хорошо!

Но такое снижение газопроницаемости, как впрочем, и применение пропиток, ограничивает применение набивок по температуре и средам. Кроме этого, быстрое достижение герметичности за счет перераспределения клея в набивке при сборке и испытании арматуры может сослужить дурную службу. Необжатый до нужной плотности графит не будет иметь необходимой упругости, чтобы компенсировать потерю массы набивки при выгорании. Тогда в рабочих условиях преимущество такой набивки растает без следа. Что и показали температурные испытания.

Заведующий отделом № 24 АО «ИркутскНИИХиммаш»
Вирюкин Валерий Павлович:

“ После выдержки в течение 4 часов при температуре 500 °С испытываемая арматура с набивкой НГ-200 без подтяжки сальника имела протечку в 3–4 воздушных пузырька в секунду, после подтяжки – 1–2 пузырька в минуту при давлении испытания 6,3 МПа. ЗКЛ с набивкой-«эталон» имела такую сильную протечку, не устранимую подтяжкой, что при разборке вместо 6 колец было обнаружено только 5.

Повторные испытания арматуры с использованием подсальниковых колец, обеспечивших требуемые зазоры, показали равноценность набивок при «холодных» испытаниях – 6 колец набивки обеспечивали герметичность сальника на давлении 6,3 МПа при осаживании грундбуски на 35–40% рабочей длины.

После разогрева испытываемой арматуры до температуры 500 °С и выдержке в течение 4 часов, сальник из набивки НГ-200 имел незначительную протечку, устранимую дополнительной подтяжкой грундбуски на 1,2 мм. Достичь герметичности сальника с набивкой-«эталон» не удалось при полном осаживании грундбуски.

Выкопировка из протокола испытаний прилагается (см. **рис. 2**).

Какие же выводы можно сделать из полученных данных:

- На арматуре, используемой при высокой температуре в газовых средах, особенно на водороде, необходимо контролировать зазоры между штоком и грундбуксой (корпусом), при необходимости использовать подсальниковые кольца с размерами и допусками, обеспечивающими зазор $0,02C$, где: C – сечение набивки, но не более $0,3$ мм на сторону.
- Использовать набивки с содержанием клея и других выгорающих составляющих не более 6% .
- Не использовать набивки, содержащие «живой» клей.
- Обжатие набивок при герметизации сальника проводить до плотности $1,7-1,9$ г/см³.

Потеря массы набивки имеет определяющее значение для герметичности сальника, работающего при высокой температуре. Именно поэтому специалисты ООО «Силур» ведут планомерную работу по снижению содержания клея в набивках ТРГ, совершенствуя оборудование и техпроцесс производства. Сегодня потеря массы нашей набивки при температуре 400°C (именно при этой температуре определяют наличие выгорающих компонентов) не превышает $5-5,5\%$, а к лету 2016 года мы планируем снизить этот показатель до 3% , что существенно повысит надёжность сальника.

P.S.: Кто-то может посчитать эту статью заказной, «притянутой за уши», сомневающиеся могут повторить этот эксперимент – он прост. А на кону не только финансовые убытки, но и безопасность людей.

Сравнительные испытания провели перед и после наружного обогрева при температуре 500°C с выдержкой в печи не менее 4-х часов. Результаты проведённых сравнительных испытаний приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Результаты пневмоиспытаний набивок до наружного обогрева ЗКС.Ф 25.63 в печи

Наименование параметров	Значение			
Давление испытаний, PN	63			
Температура среды $T, ^\circ\text{C}$	20			
Время выдержки под давлением t , мин	Не менее 15			
Среда	воздух			
Тип набивки	НГ 200		С 131	
ЗКС.Ф 25.63 порядковый №	1	2	1	2
Величина осевого зазора между грундбуксой и фонарём после затяжки сальника $h_{з.т.}$, мм	5,2	5,0	5,5	5,6
Герметичности сальника	герметично		герметично	

Таблица 2 – Результаты пневмоиспытаний набивок после наружного обогрева ЗКС.Ф 25.63 в печи до температуры 500°C с выдержкой 4 часа и охлаждении до температуры 20°C

Наименование параметров	Значение
Давление испытаний, PN	63
Температура среды $T, ^\circ\text{C}$	20
Время выдержки t , мин	Не менее 15
Среда	воздух
ЗКС.Ф 25.63 №1, НГ 200, зазор $h_{з.т.} = 5,2$ мм	
При давлении среды $P = 20$ кгс/см ² появилась утечка. После дозатяжки сальника до $h_{з.т.} = 4,0$ мм, сальник герметичен при $P = 63$ кгс/см ²	
ЗКС.Ф 25.63 №2, НГ 200, зазор $h_{з.т.} = 5,0$ мм	
При давлении среды $P = 3$ кгс/см ² появилась утечка. После дозатяжки сальника до $h_{з.т.} = 4,1$ мм появилась утечка при давлении $P = 23$ кгс/см ² . После повторной дозатяжки сальника до $h_{з.т.} = 3,8$ мм сальник герметичен при $P = 63$ кгс/см ²	
ЗКС.Ф 25.63 №1, С 131, зазор $h_{з.т.} = 5,5$ мм	
При давлении среды $P = 5$ кгс/см ² появилась утечка. После дозатяжки сальника до $h_{з.т.} = 3,0$ мм появилась утечка при давлении $P = 22$ кгс/см ² . После повторной дозатяжки сальника до $h_{з.т.} = 1,8$ мм герметичность сальника не была достигнута.	
ЗКС.Ф 25.63 №2 с типом набивки С 131	
При подаче давления не удалось добиться герметичности сальника путем дозатяжки до $h_{з.т.} = 1$ мм. Сальник был не герметичен	

Рис. 2. Выкопировка из протокола испытаний