

Раздел седьмой ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

7.3. Новые уплотнительные и огнезащитные материалы для энергопредприятий

7.3.6. Герметизация валов центробежных насосов

Ильин Е.Т. ЗАО «Комплексные энергетические системы»

Для уплотнения валов насосов ЗАО «Унихимтек» производит уплотнительные элементы в виде колец (КГН — кольца низкоплотные из материала «Графлекс») и плетеные набивки (НГФ — набивки плетеные из материала «Графлекс»). Причем уплотнительные кольца изготавливаются нескольких типов: витые (КГН-В) и слоеные (КГН-СО, КГН-СОП).

Витые кольца изготавливаются путем спиральной намотки графитовой ленты с последующим холодным прессованием в пресс-форме до определенной плотности. В результате такого прессования слои фольги деформируются в виде гофра в осевом направлении и прочно соединяются между собой, обеспечивая герметичность. Плотность прессования колец определяется параметрами и условиями последующей эксплуатации, для насосов обычно $p = 0,9...1,25 \text{ г/см}^3$. Как правило, плотность повышается с ростом параметров уплотняемой среды. Эти кольца имеют высокий коэффициент бокового давления ($K_b = 0,7...0,85$), поэтому используются для обеспечения герметизации при малых значениях осевого давления.

Слоеные кольца состоят из чередующихся горизонтальных слоев графитовой фольги, вырубленных из листа (перпендикулярно оси кольца). Кольца КГН-СО изготавливаются путем послойной укладки и склейки слоев между собой. Кольца КГН-СОП изготавливаются из графитовой фольги с поочередной укладкой каждого слоя и последующей холодной подпрессовкой. Эти кольца обладают высокой теплопроводностью в радиальном направлении $X > 120 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ и низким коэффициентом бокового давления ($K_b = 0,1...0,15$), поэтому используются для отвода теплоты и в качестве дросселирующих. Благодаря малому значению K_b эти кольца даже при сильном обжатии оказывают минимальное воздействие на вал. В результате между валом и кольцом при обжатии, как правило, сохраняется очень малая щель, где происходит дросселирование потока среды, что обеспечивает более благоприятные условия работы остальных колец. Поэтому эти кольца наиболее оптимальны в качестве замыкающих. Более подробно условия применения уплотнительных колец и правила комплектации представлены в [4].

Плетеные уплотнительные набивки изготавливаются в виде шнура, в основном квадратного сечения, сквозного, многорядного, диагонального плетения. Нить для плетения получают путем скручивания ленты из графитовой фольги. Для придания прочности плетеной набивке на стадии изготовления фольги производят ее армирование нитями из различного материала (хлопчатобумажной нитью, стекловолокном и другими упрочняющими материалами). Для расширения свойств уплотнительного материала применяются плетеные набивки в комбинации с другими материалами, в частности, с экспандированным фторопластом, высокопрочным волокном «Кевлар» (СВМ). Для повышения уплотнительных свойств плетеных набивок, а также уменьшения их коэффициента трения и коррозионной активности, применяют пропитку специальными составами и смазками.

Разнообразие технологии изготовления уплотнительных изделий из материала «Графлекс» позволяет набирать комплекты набивок с заданными потребительскими свойствами к конкретным условиям эксплуатации. В табл. 7.5 приведены некоторые основные типы набивок и оптимальные условия их применения.

Наряду с выбором типа уплотнителя существенное значение имеет правильность установки и подготовки уплотнительных изделий перед установкой их в узел уплотнения.

Большинство существующих конструкций сальниковых камер центробежных насосов выполнено со скосами на торцевой стороне сальниковой камеры и на нажимной втулке. Под действием такого скоса крайние уплотняющие элементы испытывают дополнительное усилие ($p_{\text{рад}}$), прижимающее их к гильзе вала (рис. 7.20). В результате чего увеличивается радиальное воздействие

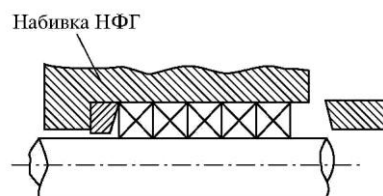


Рис. 7.20. Сальниковый узел существующих центробежных насосов старой конструкции

крайних (первого и последнего) уплотнительных элементов на защитную гильзу вала и их износ возрастает в еще большей степени, причем происходит не только износ уплотняющего материала, но и защитной втулки вала. Практика эксплуатации показала наличие характерных зон износа гильзы вала в районе расположения этих колец. В результате уже через полгода-год в зависимости от условий эксплуатации возникает необходимость ремонта или замены защитной гильзы, а также возможны отказ и возникновение протечек. Это особенно опасно при перекачке ядовитых и экологически вредных веществ.

Глубина сальниковой камеры, как правило, устанавливалась для большого числа колец (6...12 шт.), что предопределяет создание большого осевого усилия при обжатии сальника, приводит к росту неравномерности давления на вал в радиальном направлении и быстрому износу крайних уплотняющих элементов. Для узла сальникового уплотнения вала насоса, конструкция которого будет разрабатываться для целевого применения комплектов уплотнений из ТРГ «Графлекс», мы рекомендуем

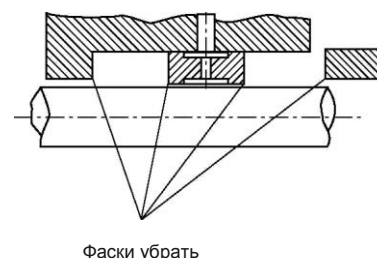


Рис. 7.21. Сальниковый узел существующих центробежных насосов новой конструкции

ем изменения, представленные на рис. 7.21.

Таблица 7.5. Номенклатура и области применения уплотнений «Графлекс» для насосного оборудования

Наименование	Рабочая среда	Температура среды $T, ^\circ\text{C}$	Давление среды $p, \text{МПа}$	Допустимая скорость скольжения $v, \text{м/с}$
Уплотнительные сальниковые кольца КГН-Г-В и КГН-Г-С	Нефтепродукты, вода, пар, газ, кислоты, щелочи	От -196 до +450	3,0*	25
Прокладки фланцевые на стальном основании ПОГФ		От -196 до +600	40,0	-
Прокладки фланцевые армированные ПАГФ		От -196 до +450	20,0	-
Прокладки спирально-навитые (СНП)		От -196 до +600	20,0	-
Прокладки фланцевые неармированные ПГФ		От -196 до +450	40,0	-
Набивки плетеные уплотнительные из ТРГ, армированные с упрочняющими нитями: «Графлекс» Н 1100 — с хлопчатобумажной нитью «Графлекс» Н 1200 — со стеклонитью	То же	+150	3,0*	25
		+560		20
Набивки, плетенные из волокон высокой прочности: «Графлекс» Н 5001 — арамидная с пропиткой «Графлекс» Н 6503 — высокотемпературное углеродное волокно с пропиткой «Графлекс» Н 6401 — низкотемпературное углеволокно, пропитанное фторопластовой суспензией	Пар, вода, нефтепродукты, среды, содержащие механические примеси	+260	3,0*	15
		+400		15
		+300		20
Набивки, плетенные из ПТФЭ: «Графлекс» Н 3000 — из ПТФЭ нити; «Графлекс» Н 4001 GORE GFO — из графитонаполненной нити ПТФЭ	Газы, вода, пар, растворы кислот, щелочей, солей, нефтепродукты	+260	3,0*	10
		+260		25
Набивки, плетенные из комбинации волокон ТРГ, ПТФЭ и высокопрочных нитей: «Графлекс» НУ 1240 — из графитовых нитей, армированных стеклонитью, с угловой оплеткой из графитонаполненного ПТФЭ «Графлекс» НУ 4051 — из волокон графитонаполненного ПТФЭ с угловой оплеткой из арамидного волокна, пропитанного фторопластовой суспензией	Пар, вода, нефтепродукты, газы, среды, содержащие механические примеси	+260	3,0*	20
		+260		18
Уплотнительные кольца, втулки из композита «Гегракс» (фторопласта-4 с гибким графитом «Графлекс» и цирконовым концентратом)	—	От -60 до +250	3,0*	15

*Давление среды на сальник.

Торцевые поверхности нажимной втулки и промежуточного фланцевого кольца выполняются перпендикулярно оси вала, без сколов, что позволяет обеспечивать более равномерное распределение радиального давления на вал по длине сальника. Опыт эксплуатации и результаты стендовых испытаний показали, что при установке набивки без предварительной подготовки в момент пуска в сальниковом узле могут возникать высокие температуры, которые приводят к чрезмерному разогреву сальникового узла и возможности разгерметизации. Это связано с тем, что при изгибе набивки квадратного сечения в кольцо сечение набивки принимает форму трапеции. Как показано на рис. 7.22, при обжатии набивки в сальниковой камере в первую очередь воздействию сжимающей силы подвергается слой набивки, прилегающий к валу, в результате чего усиливается воздействие на вал, которое может привести к чрезмерному разогреву сальникового узла и потере герметизирующих свойств.

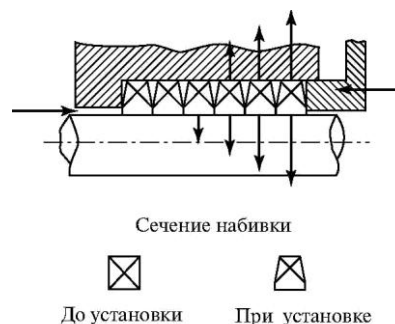


Рис. 7.22. Изменение сечения набивки и давления на вал при изгибе набивки

На рис. 7.23 приведены результаты изменения параметров в сальниковом узле в процессе пуска.

Анализ этих данных показывает, что после пуска, на этапе приработки, который продолжается приблизительно 30 мин, происходит уменьшение величины протечки из-за набухания набивки и ее разогрева вследствие дополнительного температурного воздействия на вал (как видно из рис. 7.23, температура на первом этапе пуска в течение первых минут достигла 120 °С). Под воздействием этих факторов возможно возникновение эффекта «запаривания», которое может привести к резкому уменьшению протечки, перегреву узла и его разгерметизации.

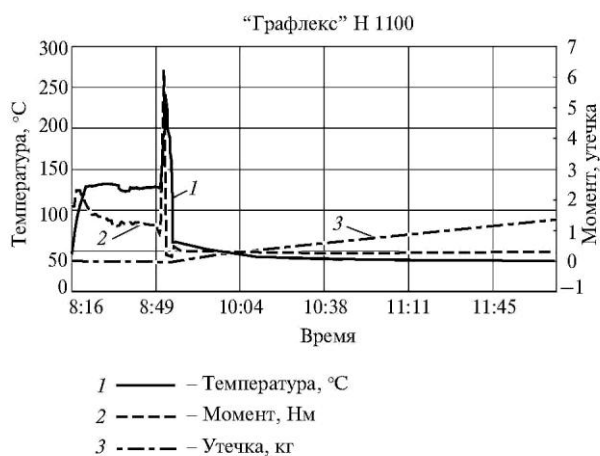


Рис. 7.23. Изменение температуры набивки, величины протечки и момента на валу при пуске насоса с предварительно не подпрессованной набивкой:

кольцо № 1 установлено и поджато грундбуксой на $1/3h$ (2,7—2,8 мм). Установлено кольцо № 2; два кольца поджаты примерно на 2,7—2,8 мм. Итоговый зазор в грундбуксе 2,1 мм

Для снятия негативного воздействия избыточной нагрузки на вал, возникающей вследствие изгиба плетеной набивки, были проведены экспериментальные исследования по отработке предварительной подготовки набивки к установке. С этой целью заготовку для кольца укла-

дывали в специальную пресс-форму и проводили предварительную подпрессовку. В результате подпрессовки сечение кольца принимает правильную квадратную форму. При установке такого кольца в узел уплотнения дополнительного воздействия на вал не возникает. Как показали экспериментальные исследования (рис. 7.24), в этом случае не возникает и резкого роста температур в начале пуска (температура не превышала 50 °С, практически сразу застabilizировалась на уровне 45 °С и далее сохранялась на этом уровне). Величина протечки была устойчивой и без дополнительных подтяжек оставалась на уровне $V = 0,27$ л/ч.

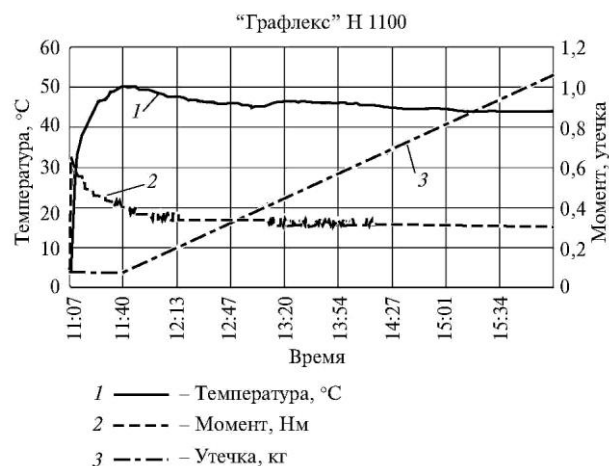


Рис. 7.24. Изменение температуры набивки, величины протечки и момента на валу при пуске насоса с предварительно подпрессованной набивкой:

начальный зазор в грундбуксе 3,6 мм на 50 кг (постоянный в течение всего опыта). Кольца 1 и 2 обжаты на пьезометре до 30 % h

Полученные результаты показали, что перед установкой набивки в насосы необходимо производить ее предварительную подпрессовку. Оптимальная плотность набивки после подпрессовки составляет $\rho = 1,15 \dots 1,25$ г/см³ при исходной плотности, равной $\rho = 1,0$ г/см³, в зависимости от параметров уплотняемой среды.