

Обоснование размеров канавки установки кольца контактных уплотнительных устройств

06, июнь 2013

DOI: 10.7463/0613.0565120

Никитин О. Ф.

УДК 621.22

Россия, МГТУ им. Н.Э. Баумана

nof1936@yandex.ru

Введение

На обеспечение герметичности неподвижных контактных уплотнений существенно влияют глубина и ширина канавки, в которую устанавливается эластичное кольцо. Целью и задачей проведенных научных исследований является теоретическое обоснование и определение размеров канавки с учетом деформаций сжатия и возникающего внутри кольца контактного давления при всех сочетаниях допусков на размеры канавки и кольца. Целенаправленных исследований по рассматриваемому вопросу не проводилось. В технической литературе имеются указания о выборе размеров канавки с достаточно широкими пределами. К примеру, для номенклатуры стандартных колец круглого сечения установлен ряд исполнительных размеров канавок, рассчитанных с запасом по объему иногда до 50%, исходя из возможности применения уплотнений для самых разных сред. Представленные теоретические выкладки позволяют точнее определять размеры канавок, обеспечивающих герметичность уплотнений с учетом различных факторов.

Основная часть

На обеспечение герметичности неподвижных контактных уплотнений существенно влияют величина коэффициента ε сжатия и возникающее внутри кольца контактное давление p_k . Величина коэффициента ε сжатия определяется относительной деформацией сжатия и мало зависит от диаметра сечения d , поэтому для всех размеров колец выбирается одинаковая величина деформации $\varepsilon = 100(d-h)/d$, где h - сумма глубины канавки и зазора между деталями с учетом эксцентриситета.

Вследствие сжатия кольца в канавке происходит его сплющивание уплотняемыми поверхностями. При расчете размеров канавки необходимо учитывать то, что ширина канавки определяется ее объемом и существенно влияет на габариты соединения. Размеры канавки должны обеспечивать деформацию сжатия кольца по сечению для создания требуемого контактного давления при всех сочетаниях допусков на размеры канавки и кольца. Кольцо должно располагаться в канавке в ширину свободно, а объем канавки должен быть больше объема кольца с учетом объемного набухания кольца в среде рабочих жидкостей и неблагоприятных сочетаний допусков геометрических размеров и производственных ситуаций.

На работоспособность упругого эластомерного кольца отрицательно влияет подвижность сжатого кольца в канавке. Для уменьшения перемещения кольца в канавке желательно назначать ее ширину, равной длине сжатого сечения деформированного кольца.

Процесс набухания обусловлен диффузионным проникновением жидкости в объем эластомера, заполняя имеющиеся в ней пустоты, и одновременно, воздействуют на звенья макромолекул каучука, изменяю структуру материала. Процесс сопровождается изменением массы и объема эластомера за счет поглощения эластомером жидкости. Для таких материалов, обладающих свойством объемного набухания, необходимо предусматривать канавки с большей шириной, т.е. соответственно с увеличением объема канавки. При длительной работе уплотнений в различных температурных режимах наблюдается увеличение начального объема эластомерных колец на 10...15 %.

В соответствии с положением кольца в канавке, определяемом не только геометрией, но воздействием внешних сил (давления рабочей среды, пружины и т.п.), профиль сечения круглого кольца может иметь виды, представленные на рис.1, *а*, *б* и *в*.

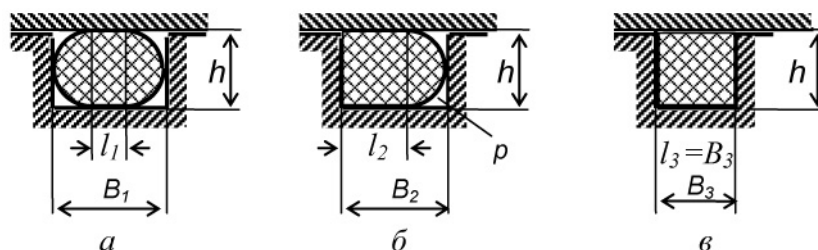


Рис. 1. Расположение деформированного кольца в канавке

а - установка кольца в корпусе без давления; *б* - с давлением до 16 МПа; *в* - при давлениях в корпусе \gg 16...20 МПа

Состояние *a* соответствует моменту установки кольца в корпус гидроустройства в условиях хранения изделия при давлении $p \leq 0,05$ МПа внутри корпуса; состояние *б* - работе уплотнительного кольца при воздействии давления рабочей среды на кольцо справа $0,05 < p < 16$ МПа; *в* - работе при давлении рабочей среды $p \geq 16...20$ МПа.

Площадь сечения кольца в свободном состоянии перед установкой в канавку равна $S_o = \pi d^2/4$. Площадь деформированного сечения кольца между двумя плоскостями-поверхностями канавки практически равна площади сечения кольца в свободном состоянии перед установкой в канавку, т.е. $S_o = S_{odef}$.

Ширину канавки будем определять по соотношению $S_{def} = \psi S_o$ площадей сечения деформированного двумя уплотняемыми поверхностями и свободного (недеформированного) состояния кольца, где ψ - коэффициент, учитывающий увеличение объема кольца при неблагоприятном сочетании допусков и объемное набухание кольца в среде рабочих жидкостей, $\psi = 1,0 \dots 1,2$; $S_o = S_{odef} = 1,0$.

Согласно рис. 1, *a* сечение деформированного сечения эластомерного кольца можно представить в виде двух полукругов диаметром h и прямоугольника hl_1 . Площадь сечения кольца в деформированном состоянии равна $S_{def} = \pi h^2/4 + hl_1$. С учетом значения коэффициента сжатия ε имеем величину ширины-длины сечения деформированного кольца свободно расположенного в канавке (ширину канавки)

$$B_1 = d \left[\frac{\pi}{4} \cdot \frac{\psi - (1 - \varepsilon)^2}{1 - \varepsilon} + (1 - \varepsilon) \right].$$

В случае деформации кольца с радиальным ограничением одной из стенок канала сечение кольца примет вид, показанный на рис. 1, *б*, а. Сечение деформированного кольца можно представить в виде площади одного полукруга диаметром h и прямоугольника hl_2 равна $S_{def} = \pi h^2/8 + hl_2$. Ширина канавки (ширина-длина сечения кольца) в этом случае равна

$$B_2 = d \left[\frac{\pi}{8} \cdot \frac{2\psi - (1 - \varepsilon)^2}{1 - \varepsilon} + \frac{1 - \varepsilon}{2} \right].$$

На рис. 1, *в* показано расположение деформированного кольца, полностью заполняющего сечение канавки ($l_3 = B_3$). Ширина канавки (длина сечения кольца) в этом случае равна

$$B_3 = d \frac{\psi \pi}{4(1 - \varepsilon)}.$$

Величина B_3 определена в долях исходного диаметра d круглого кольца. Ширина уплотняющего пояса l_3 оказывает влияние на герметичность - чем больше эта ширина, тем больше перекрывается базовых опорных длин профиля неровностей, характеризующих шероховатость уплотняемой поверхности.

В таблицах 1, 2 и 3 приведены соответственно к состояниям a , b v (рис. 1) результаты расчетов ширины канавки в зависимости от величины коэффициента ε сжатия и коэффициента ψ , учитывающего увеличение объема кольца.

Табл.1

Зависимость ширины канавки B от коэффициентов ε и ψ состояния a .

ε		0	0,1	0,2	0,3	0,4
B_{10}	$\psi = 1,0$	0,785	0,872	0,981	1,120	1,308
B_{11}	$\psi = 1,1$	0,864	0,959	1,08	1,234	1,44
B_{12}	$\psi = 1,2$	0,942	1,046	1,178	1,346	1,527

Табл.2

Зависимость ширины канавки B от коэффициентов ε и ψ состояния b .

ε		0	0,1	0,2	0,3	0,4
B_{20}	$\psi = 1,0$	0,893	0,969	1,067	1,20	1,373
B_{21}	$\psi = 1,1$	0,971	1,056	1,165	1,309	1,504
B_{22}	$\psi = 1,2$	1,05	1,143	1,264	1,421	1,635

Табл.3

Зависимость ширины канавки B от коэффициентов ε и ψ состояния v .

ε		0	0,1	0,2	0,3	0,4
B_{30}	$\psi = 1,0$	1,0	1,06	1,16	1,27	1,44
B_{31}	$\psi = 1,1$	1,079	1,154	1,26	1,36	1,57
B_{32}	$\psi = 1,2$	1,157	1,24	1,35	1,50	1,70

Допуска геометрических размеров сечений кольца и канавки можно учитывать увеличением коэффициента ψ на 0,02...0,3.

Заключение

При определении размеров канавки h и B следует руководствоваться следующими положениями:

- глубина канавки h должна соответствовать требуемому коэффициенту сжатия ε , обеспечивающему сохранение герметичности в течение заданных условий эксплуатации;

- ширину канавки B следует выполнять с учетом объемного набухания материала кольца и обеспечением возможно меньшей продольной подвижностью сжатого кольца в канавке.

Список литературы

1. Захаров Б.С. Уплотнения валов нефтяных насосов (обзоры, статьи, изобретения). М.: АО ВНИИ ВОЭНГ, 2006. 360 с.
2. Продан В.Д., Божко Г.В., Васильев А.В., Исакова М.А. Оценка коэффициента бокового давления сальниковых набивок с учетом радиальных нагрузок // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2010. № 4. С. 28-29.
3. Кондаков Л.А., Голубев А.И., Овандер В.Б. и др. Уплотнения и уплотнительная техника: Справочник / под общ. ред. А.И. Голубева, Л.А. Кондакова. М.: Машиностроение, 1986. 464 с.

Justification of groove dimensions for mounting a ring of contact sealing devices

06, June 2013

DOI: 10.7463/0613.0565120

Nikitin O. F.

Bauman Moscow State Technical University, 105005, Moscow, Russian Federation
nof1936@yandex.ru

This work is aimed at providing theoretical justification for selecting groove dimensions for mounting an elastic ring of the contact sealing device. Available information is not enough for reasonable selection of those dimensions. The cross-section of the groove corresponds to the rectangular one. Groove depth is determined by the elastic ring's ratio of compression. Groove width is determined by the cross-sectional area of the ring in the initial condition considering the changes in shape of the section during deformation and the compressive strain in the cross section of the ring along with the volume swelling of this elastic ring in the environment of process fluids. Theoretical calculations for determining the groove dimensions depending on various factors were presented in this article in order to justify the selection of those dimensions for mounting an elastic ring. These results would allow one to determine more precisely the size of grooves that provide airtightness, subject to various factors.

Publications with keywords: [hydraulic fluid](#), [sealing device](#), [rubber O-ring](#), [the compression ratio of the ring](#), [groove](#), [swelling of the ring](#)

Publications with words: [hydraulic fluid](#), [sealing device](#), [rubber O-ring](#), [the compression ratio of the ring](#), [groove](#), [swelling of the ring](#)

References

1. Zakharov B.S. *Uplotneniia valov nef'tianykh nasosov (obzory, stat'i, izobreteniiia)* [Seals of shafts of oil pumps (reviews, articles, inventions)]. Moscow, AO VNII VOENG Publ., 2006. 360 p.
2. Prodan V.D., Bozhko G.V., Vasil'ev A.V., Isakova M.A. Otsenka koeffitsienta bokovogo davleniia sal'nikovykh nabivok s uchetom radial'nykh nagruzok [Determination of lateral pressure coefficient of gland packings taking account of radial loads]. *Khimicheskoe i neftegazovoe mashinostroenie*, 2010, no. 4, pp. 28-29. (Trans. version: *Chemical and Petroleum Engineering*, 2010, vol. 46, no. 3-4, pp. 233-236. DOI: 10.1007/s10556-010-9322-9).
3. Kondakov L.A., Golubev A.I., Ovander V.B., et al. *Uplotneniia i uplotnitel'naia tekhnika: Spravochnik* [Seals and sealing technique: a Handbook]. Moscow, Mashinostroenie, 1986. 464 p.