

Средние значения коэффициентов температурного расширения для трех интервалов температуры были равны

температурный интервал определяемый коэфф.	20—60°C	60—100°C	20—100°C
$\alpha_x^* 10^6 1/^\circ\text{C}$	6,0	12,0	9,0
$\alpha_r^* 10^6 1/^\circ\text{C}$	4,8	12,6	8,8

Здесь α_x и α_r — коэффициенты температурного расширения образцов в осевом и радиальном направлениях.

Из приведенных результатов видно, что для исследованных образцов значения коэффициентов температурного расширения в направлении прессования и в перпендикулярном ему направлении близки по значению.

ЛИТЕРАТУРА

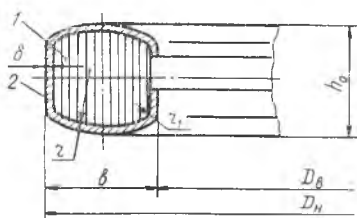
1. Пичугин Д. Ф., Надеждин Г. Н., Борисов В. А. О возможности применения композиции МР+Ф-4 в подвижных уплотнениях. Труды КуАИ, вып. 30, 1967.

В. А. Борисов, Д. Ф. Пичугин

РАСЧЕТ ЖЕСТКОСТИ УПЛОТНИТЕЛЬНЫХ ПРОКЛАДОК С НАПОЛНИТЕЛЕМ ИЗ МР

Прокладки с наполнителем из МР (рис. 1) применяются в уплотнениях неподвижных соединений гидравлических агрегатов и трубопроводов. Они позволяют обеспечить герметичность соединений при меньших нагрузках по сравнению со сплошными металлическими прокладками. Кроме того они могут работать в более широком интервале температур, чем прокладки из полимерных материалов [1].

При расчете соединений с прокладками необходимо знать коэффициент жесткости прокладок. В связи с нелинейной зависимостью деформации прокладки от нагрузки в настоящей работе приводится приближенный способ расчета ко-



$$z = (1-1,5)\delta$$

Рис. 1

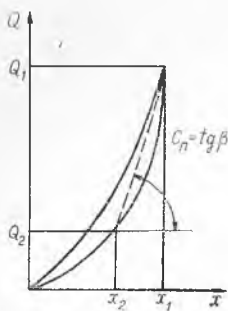


Рис. 2

эффективности средней жесткости прокладки [2] в необходимом диапазоне изменения нагрузки.

Для расчета используется эмпирическое выражение, связывающее нагрузку при сжатии упругого элемента из МР с его деформацией, [3].

$$q = A_{(n,p)} \frac{\varepsilon}{1 - \alpha_{(n,p)} \varepsilon}, \quad (1)$$

где q — удельная нагрузка, ε — относительная деформация, $A_{(n,p)}$, $\alpha_{(n,p)}$ — постоянные величины.

Значения A_n , α_n для нагружения и A_p , α_p для разгрузки определяются по экспериментальным кривым деформации деталей путем их выравнивания в координатах q , q/ε и аппроксимации методом наименьших квадратов.

Эксперименты показывают, что деформационная зависимость прокладки после предварительного обжатия в замке соединения может быть выражена подобно (1)

$$q = A_{n(n,p)} \frac{\varepsilon}{1 - \alpha_{n(n,p)} \varepsilon}, \quad (2)$$

При расчете коэффициента жесткости прокладки исходим из того, что после сборки соединения прокладка нагружена усилием затяжки Q_1 . Действие внутреннего давления приводит к снижению этой нагрузки до величины Q_2 (рис. 2). При этом абсолютная деформация прокладки изменяется соответственно от x_1 до x_2 , а коэффициент жесткости равен

$$C_n = \frac{Q_1 - Q_2}{x_1 - x_2} = \frac{q_1 - q_2}{\varepsilon_1 - \varepsilon_2} \cdot \frac{S}{h_0},$$

где S — площадь опорной поверхности прокладки, h_0 — высота ее сечения.

Определим с помощью выражения (2) значения ε_1 и ε_2 для кривой разгрузки. Получим

$$\varepsilon_1 = \frac{q_1}{A_{np} + \alpha_{np} q_1} \quad \text{и} \quad \varepsilon_2 = \frac{q_2}{A_{np} + \alpha_{np} q_2},$$

что дает

$$C_n = \frac{1}{A_{np}} (A_{np} - \alpha_{np} q_1) (A_{np} + \alpha_{np} q_2) \frac{S}{h_0}. \quad (3)$$

Известно, что кривые разгрузки и, следовательно, значения A_{np} , α_{np} зависят от усилия затяжки детали [3]. Этим они отличаются от соответствующих параметров для процесса нагружения — $A_{пн}$ и $\alpha_{пн}$.

Исследования показывают, что с увеличением нагрузки ее влияние на A_{np} и α_{np} уменьшается и при $q > 700 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2}$, характерных для прокладок, можно принимать $A_{np} \approx \text{const}$ и $\alpha_{np} \approx \alpha_{пн} = \alpha_{п}$. Кроме того, при этих нагрузках вместо выражения (3) можно использовать следующее:

$$C_{п} \approx \frac{\alpha_{п}^2}{A_{np}} q_1 q_2 \frac{S}{h_0}. \quad (4)$$

Значения $\alpha_{п}$ и A_{np} зависят от многих факторов, которые трудно учесть. Поэтому предлагается определять их косвенно через параметры α и A_p упругого элемента.

В прокладке упругий элемент заключен в металлическую оболочку. Для придания окончательной формы прокладкам их калибруют в пресс-формах при давлении 10—30% от давления прессования МР. Во время калибровки упругий элемент сжимается и после извлечения из пресс-формы жесткая оболочка не дает ему полностью восстановиться. Предварительный натяг упругого элемента при этом равен $\epsilon_{\text{кал}} = 1 - \frac{h_0 - 2\delta}{h_{\text{зо}}}$, где $h_{\text{зо}}$ — начальная высота упругого элемента из МР, δ — толщина оболочки. Поэтому значения постоянных в выражении (1) для упругого элемента, заключенного в оболочку, возрастают. Они могут быть выражены через параметры $A_{(п,р)}$ и α свободного упругого элемента, так как предварительный натяг его всего лишь сдвигает начало координат по кривой деформации на величину $\epsilon_{\text{кал}}$. Тогда для упругого элемента в прокладке

$$A_{\text{кал}(п,р)} = \frac{A_{(п,р)}}{(1 - \alpha_{\epsilon_{\text{кал}}})^2}, \quad \alpha_{\text{кал}} = \frac{\alpha}{1 - \alpha_{\epsilon_{\text{кал}}}}.$$

Был проведен эксперимент, в котором для упругих элементов определялись значения A и α . Затем определялись $A_{\text{кал}}$ и $\alpha_{\text{кал}}$ для прокладок с этими же упругими элементами. После этого прокладка обжималась в имитаторе соединения, снимались кривые деформации и определялись значения $A_{п}$ и $\alpha_{п}$. Вследствие того, что оболочка сама деформируется параллельно с упругим элементом и в то же время стесняет его деформацию, значения $A_{п}$, $\alpha_{п}$ отличались от $A_{\text{кал}}$, $\alpha_{\text{кал}}$ на 5—30%. Для прокладок с одинаковым материалом оболочки, обжатых в замке одного и того же типа, разность $A_{п} - A_{\text{кал}}$ и $\alpha_{п} - \alpha_{\text{кал}}$ была во всех случаях примерно одинаковая. Поэтому параметры деформации прокладки можно представить следующим образом:

$$A_{п(п,р)} = A_{\text{кал}(п,р)} + A_{\text{об}(п,р)}, \quad \alpha_{п} = \alpha_{\text{кал}} + \alpha_{\text{об}}, \quad (5)$$

где $A_{\text{об}(п,р)}$, $\alpha_{\text{об}}$ — поправки, учитывающие влияние оболочки на деформацию прокладки.

Таблица 1

Внутренний диаметр прокладки D_p , мм	Высота сечения h_c , мм	Ширина сечения b , мм	Диаметр проволоки МР d , мм	Исходная толщина оболочки δ , мм
св. 8 до 30	1,5—4	2—3	0,05—0,10	0,2—0,3
св. 30 до 80	2—5	3—4	0,09—0,12	0,3
св. 80 до 180	2,5—5	3—4	0,09—0,12	0,3—0,4
св. 180 до 350	3—6	4—5	0,09—0,16	0,3—0,5

Для разработанного ряда прокладок (рис. 1, табл. 1) с упругим элементом из проволоки ЭП-322 $\frac{\text{ЧМТУ}}{\text{ЦНИИЧМ}}$ 910—63 диаметром 0,09—0,11 мм были экспериментально определены все необходимые для расчета значения постоянных. В диапазоне плотности $\rho_0 = 3 - 4 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ для упругих элементов из указанной проволоки можно принимать

$$A_n = 100 \frac{\text{дан}}{\text{см}^2}, \quad A_p = 70 \frac{\text{дан}}{\text{см}^2}, \quad \alpha = 2,2 \rho_0 - 2,6.$$

Оболочка прокладок изготавливается из листовой меди и стали 1Х18Н10Т. Обычно $\epsilon_{\text{кал}} = 0,03 - 0,15$. Значения поправок $A_{\text{об(н-р)}}$ и $\alpha_{\text{об}}$ для плоского замка и замка с ножами приведены в табл. 2.

Таблица 2

Тип замка	Материал оболочки	$A_{\text{об н}}$, $\frac{\text{дан}}{\text{см}^2}$	$A_{\text{об р}}$, $\frac{\text{дан}}{\text{см}^2}$	$\alpha_{\text{об}}$
Плоский	медь	400—660	50—100	0,5—1,5
	1Х18Н10Т	1000	250	0
С ножами	медь	150—250	—50	—(1—2)
	1Х18Н10Т	500	50	—2

Расчет проводится в следующем порядке. Исходя из усилия затяжки подбирается плотность упругого элемента ρ_0 и определяются значения A_p и α . Затем назначается величина $\epsilon_{\text{кал}}$ и рассчитываются значения $A_{\text{калр}}$ и $\alpha_{\text{кал}}$, что позволяет определить по выражению (5) величины $A_{\text{пр}}$ и $\alpha_{\text{п}}$.

При расчете коэффициента жесткости по формулам (3) и (4) величина Q_2 принимается равной величине минимальной нагрузки, допустимой из условия герметичности.

При выполнении указанных рекомендаций по выбору геометрии прокладки и плотности МР расчет дает удовлетворительные результаты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Борисов В. А., Пичугин Д. Ф. Некоторые исследования уплотнительных колец с упругим элементом из материала МР в металлической оболочке. Труды КуАИ, вып. XXX, 1967.
2. Борисов В. А. Деформация уплотнительного кольца с упругим элементом из МР, заключенным в металлическую оболочку. Труды КуАИ, вып. 36, 1969.
3. Борисов В. А. Выбор эмпирической формулы для описания деформации сжатия материала МР. КуАИ, материалы научно-технической конференции, 1972.

Э. А. Маркин

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ГУММИРОВАНИЯ МР ЭЛАСТИЧНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

Современная техника предъявляет уплотнительным материалам высокие эксплуатационные требования. Необходимы резиновые уплотнительные детали, способные длительно работать в агрессивных средах при температуре от -60°C до $+300^{\circ}\text{C}$. Однако резины даже на основе лучших современных теплостойких каучуков при температуре около 300°C становятся весьма пластичными, а при -60°C — очень жесткими. Для лучшего сохранения механических свойств резиновых уплотнителей в указанном диапазоне температур было предложено использовать каркасы из материала МР.

В настоящей работе описаны технологические приемы изготовления уплотнений из каркасов МР, гуммированных (обложенных) резиновой смесью при вулканизации. При этом пропитка МР резиной по всему объему не допускалась, так как было установлено, что это ведет к снижению упругости. Резинометаллические детали, состоящие из каркаса МР, гуммированного резиной, в дальнейшем называются комбинированными деталями или просто КД.

По своим механическим и эксплуатационным свойствам (табл. 1) для изготовления уплотнений с каркасом пригодны серийные марки резины ИРП-1285, ИРП-1287 на основе теплостойких каучуков СКТВ и СКФ-26. К недостаткам остальных марок резины следует отнести их пониженную морозостойкость, большую усадку, склонность к преждевременной подвулканизации, низкую когезионную прочность. Резину ИРП-1287 рекомендовано применять для комбинированных уплотнений, рабо-