

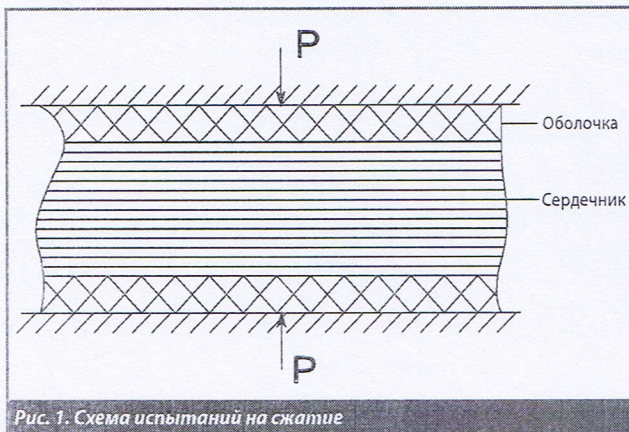
# Исследование эксплуатационных характеристик резиновых колец во фторопластовой оболочке

Зершиков К.Ю., Семенов Ю.В., ООО «Константа-2», г. Волгоград

Разнообразие агрессивных воздействий диктует необходимость вариативного подхода к выбору материалов для производства изделий уплотнительной техники. Наибольшее применение в качестве материалов для уплотнений в силу известных преимуществ получили эластомеры. Их химические и теплофизические свойства позволяют получать уплотнения, работающие в среднеагрессивных средах в границах от  $-30$  до  $+150$  °С. Как показывает практика, эти характеристики не всегда удовлетворяют требованиям эксплуатации. Поэтому продолжается поиск альтернативных материалов для производства уплотнений. Одним из решений является создание герметичной оболочки из термоагрессивостойкого материала вокруг резинового сердечника. Данное решение позволяет совместить одно из ключевых свойств, присущих резиновым уплотнителям — эластичность и, соответственно, способность длительно поддерживать оптимальный уровень контактного давления с высокими показателями рабочих температур в сильноагрессивных средах.

Таким образом, появился класс резино-фторопластовых уплотнений, наиболее простым по исполнению из которых являются резино-фторопластовые кольца (РФК). Однако применение этих уплотнений сдерживалось отсутствием собственного производства в России, а также знаний об их уплотняющей способности, ресурсе при различных давлениях, температурах, скоростях относительного перемещения уплотняемых поверхностей. Очевидно, что существующие для эластомерных уплотнений закономерности нельзя применять для оценки уплотняющей способности РФК, что затрудняет конструирование уплотнительных узлов.

Основной характеристикой, описывающей уплотняющую способность, является контактное давление. Для оценки этой величины в работе исследовали зависимость удельного усилия (отнесенного к единице длины периметра кольца) от относительной деформации сжатия (рис. 1). Экспериментально исследовали основные факторы, влияющие на эксплуатационные характеристики: соотношение толщины и диаметра оболочки и диаметра резинового сердечника, модуль упругости резины, твердость и эластичность резины.



В качестве сердечника из соображений теплостойкости применяли резину на основе силиконового каучука, в качестве оболочки для придания кольцу наибольшей агрессивностойкости использовали фторопласт Ф4МБ (FEP).

На рис. 2 приведены зависимости удельного усилия от толщины и диаметра оболочки. Как и следовало ожидать, с ростом толщины оболочки усилие, требуемое для создания заданной деформации, увеличивается по степенной зависимости, причем ее вклад в деформационную способность кольца растет, нивелируя влияние на упругое восстановление резинового сердечника. Анализ кривых 1 и 3 показывает, что для достижения сопоставимых показателей контактного давления, развиваемого кольцом при определенной деформации, для колец меньшего диаметра необходимо назначать меньшую толщину оболочки.

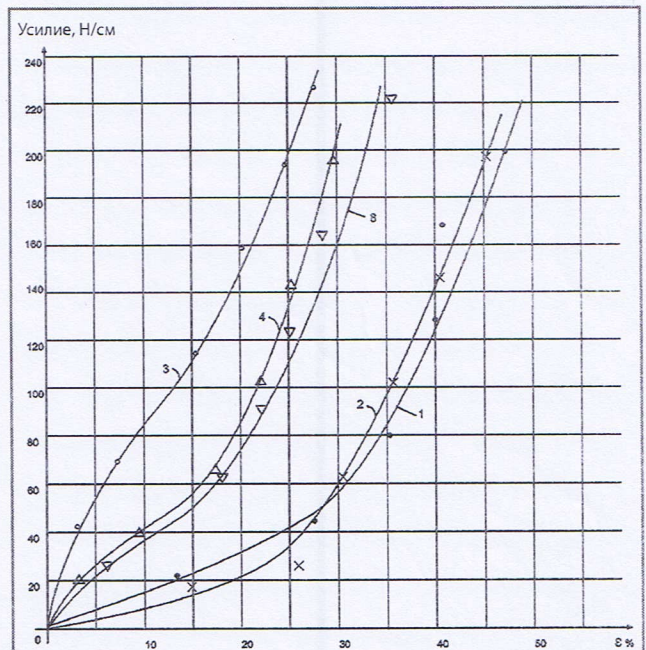


Рис. 2. Зависимость удельного усилия от деформации при сжатии для различных диаметров и сечений оболочки из Ф4МБ (твердость сердечника 60 ед. ШорА)

1 — оболочка диаметром 7 мм толщиной 0,4 мм; 2 — оболочка диаметром 5,8 мм толщиной 0,3 мм; 3 — оболочка диаметром 5,8 мм толщиной 1 мм; 4 — оболочка диаметром 5,8 мм толщиной 0,7 мм; 5 — оболочка диаметром 3,6 мм толщиной 0,4 мм

Для оценки вклада отдельных составляющих РФК и их характеристик в общую деформационную способность исследовали зависимость усилия сжатия от задаваемой деформации при различной

твердости резинового сердечника и толщине оболочки. Из сопоставления кривых (рис. 3) следует, что упруго-деформационные свойства РФК аддитивно определяются свойствами составляющих компонентов.

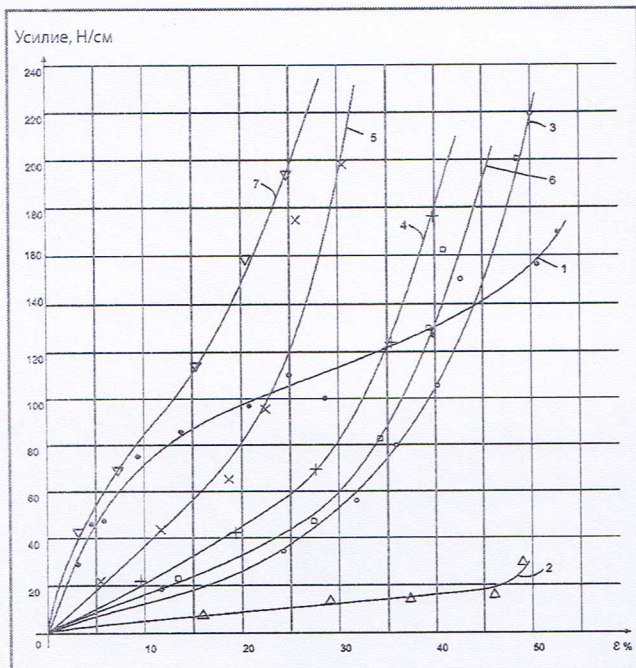


Рис. 3. Зависимость удельного усилия при сжатии оболочки (1, 2), сердечника (3, 4, 5) и РФК (6, 7) от деформации сжатия 1 — оболочка диаметром 7 мм толщиной 1 мм; 2 — оболочка диаметром 7 мм толщиной 0,4 мм; 3 — сердечник твердостью 60 ед. ШорА; 4 — сердечник твердостью 65 ед. ШорА; 5 — сердечник твердостью 73 ед. ШорА; 6 — РФК диаметром 7 мм толщина оболочки 0,4 мм, твердость сердечника 60 ед.; 7 — РФК диаметром 7 мм толщина оболочки 1 мм, твердость сердечника 60 ед.

На рис. 4 приведена зависимость модуля упругости сжатия при 10 % деформации от толщины оболочки и твердости резины. Показано, что увеличение толщины оболочки и твердости резинового сердечника приводит к росту модуля, причем вклад последней составляющей менее выражен.

Исследование агрессивностойкости проводили для оценки герметичности оболочки в смеси растворителей толуол — этилацетат — ацетон, циклогексанон при нормальной температуре. Показано, что набухание РФК отсутствует, тогда как прирост массы наиболее стойких резин (на основе фтористого, изопренового, этиленпропиленового каучуков) составляет 20–50 % за 24 часа.

Прочностные испытания колец на сжатие показали отсутствие нарушений герметичности при деформации сечения до 80 %.

Одним из основных показателей, определяющих герметизирующую способность уплотнений, является упругое восстановление после заданной деформации или остаточная деформация при сжатии (ОДС). Для резиновых уплотнителей этот показатель считается удовлетворительным, если он составляет менее 30 %. Для РФК определяли область упругого восстановления и деформации, при которой восстановление составляет не менее 80 %, т. е. ОДС не более 20 %. В таблице представлены значения остаточных деформаций через 10 минут после снятия нагрузки при различных исходных деформациях и усилиях. Полученные зна-

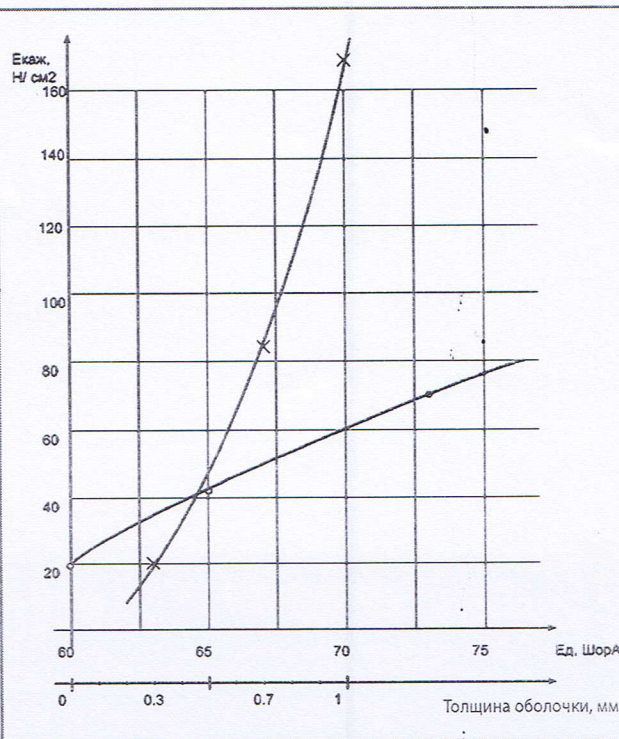


Рис. 4. Зависимость модуля упругости сжатия при 10 % деформации от толщины оболочки (x) и твердости резины (α)

чения позволяют определить предельные величины деформации, при которой кольцо работает в упругой области. Остаточная деформация определяется в основном физико-механическими свойствами оболочки, поскольку резиновый сердечник при данных значениях начальной деформации полностью восстанавливает размер.

Таблица. Величина остаточной деформации при сжатии в зависимости от начальной деформации и толщины стенки оболочки

	Наименование РФК (диаметр × толщина оболочки), твердость 60 ед.					
	7 × 1	7 × 0,4	7 × 0,4	5,8 × 0,7	5,8 × 0,3	5,8 × 0,3
Е <sub>0</sub> , %	4	17	37	7	34	19
Е <sub>10 мин</sub> , %	1	0	3	2	5	2

Основные эксплуатационные характеристики РФК: температура эксплуатации от -200 до + 200 °С; испытанное рабочее давление до 10 МПа; рабочие среды — растворители, кислоты, щелочи, нефтепродукты, аммиак и др.; скорость скольжения без смазки до 5 м/с, тогда как эластомерные кольца позволяют эксплуатацию при скоростях не выше 1 м/с; коэффициент трения по стали — 0,1–0,2, выше 0,3–0,4 у эластомерных уплотнений.

Полученные результаты позволяют проводить оценку влияния основных параметров колец на уплотняющую способность и оптимизировать геометрические размеры колец и посадочных мест. Таким образом, появляется возможность назначать натяги и оценивать герметичность уплотнений при проектировании.

Волгоград, март 2009 г.