

# Комбинированные уплотнения в конструкциях шаровых затворов

К.Ю. Зерщиков, ООО «Константа-2», г. Волгоград

**Ш**аровую запорную арматуру характеризует ряд преимуществ: малое гидравлическое сопротивление, герметичность в широком диапазоне давлений и температур, быстродействие, компактность и низкая металлоемкость [1]. Существует два основных современных типа исполнения затворов: затвор с плавающей пробкой – шаром и затвор с пробкой на опорах. В обоих типах для уплотнения пробки-шара применяются седла из полимерных материалов.

Затворы с плавающим шаром используются в арматуре при малых проходных сечениях и небольших давлениях. Они просты конструктивно и надежны в эксплуатации, но им следует отдавать предпочтение тогда, когда материал седла выдерживает нагрузку от шара, так как вся нагрузка, которую воспринимает шар от действия рабочей среды, передается на седла. [1] Таким образом, основную нагрузку седла воспринимают от шара и меньшую – от давления среды. Затворы с шаром на опорах конструктивно сложнее, но позволяют создавать арматуру на более высокие давления и больших проходных сечений. Здесь седла больше нагружены давлением среды, но разгружены от давления шара, которое воспринимают опоры шпинделя и цапфы.

Условия герметичности и надежной работы шарового затвора сформулированы в [1]:

- удельные нагрузки на поверхности контакта шара и седла должны быть достаточными для уплотнения, но не выше удельных давлений, допускаемых материалом седла;
- посадка седла в гнездо должна быть герметичной для исключения протечек по торцевой поверхности седла;
- уплотнительные седла должны быть выполнены из материала, обладающего сочетанием высокой прочности и пластичности.

Отмечается, что универсальным материалом для седел является фторопласт 4, капрон рекомендуется только для неагрессивных сред, резиновые седла применяются только на низких давлениях.

У каждого из рекомендованных и применяемых поныне материалов есть свои преимущества и недостатки. Так, политетрафторэтилен обладает уникальной химической стойкостью и термостойкостью до 250 °С, но присущая ему ползучесть даже при небольших нагрузках и температурах снижает диапазон применимости по давлениям с возможного в 20 МПа до 1-2 МПа и температурам с возможной в 260 °С до 150 °С, а также приводит к необходимости усложнения конструкции

уплотнительных узлов. Низкий коэффициент трения скольжения обуславливает небольшие усилия поворота штока, но низкая износостойкость базовых марок политетрафторэтилена (ПТФЭ) приводит к малым ресурсам, особенно при наличии абразивных частиц в транспортируемых средах. Седла из полиамида применимы на более высокие давления, но имеют малую теплостойкость и применимы только для ограниченного числа сред. Применение седловых уплотнений из резины (в основном из полиуретана) обеспечивает высокий уровень контактных давлений и соответственно герметичности и их поддержание в процессе эксплуатации за счет присущих резине эластических свойств. Однако, по термостойкости и химической стойкости полиуретановые уплотнения существенно уступают политетрафторэтилену (максимальная температура эксплуатации не более 80 °С, давление до 8 МПа при невозможности эксплуатации в большинстве агрессивных сред). В противоположность ПТФЭ, высокая износостойкость, но невысокие антифрикционные свойства определяют соответствующие параметры применимости этих уплотнений.

Предлагаемое техническое решение состоит в замене уплотнения из политетрафторэтилена на комбинированное резино-фторопластовое уплотнение аналогичного или круглого сечения и размеров, представляющее собой резиновый сердечник, заключенный в герметичную фторопластовую оболочку (*рис. 1*).

Резиновый сердечник из силикона или фторэластомера обеспечивает эластические свойства уплотнения и, соответственно, надлежащий уровень контактных давлений на сопрягаемых поверхностях во всем диапазоне температур от -200 до +250 °С. Таким образом устраняется необходимость установки тарельчатых пружин,

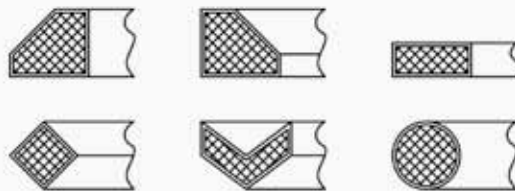


Рис. 1. Типы и внешний вид комбинированных уплотнений

подтяжки в процессе эксплуатации, упрощается конструкция и стоимость изделия.

Оболочка из сополимеров фторопласта Ф4МБ или Ф-50 обеспечивает химическую устойчивость во всех промышленно применяемых средах, повышенная прочность и теплостойкость обуславливают высокие параметры эксплуатации по температурам (до 250 °С) и давлениям (до 10 МПа), низкие усилия поворота штока (коэффициент трения скольжения 0,1-0,2 в отличие от 0,5 для пары трения резина-металл).

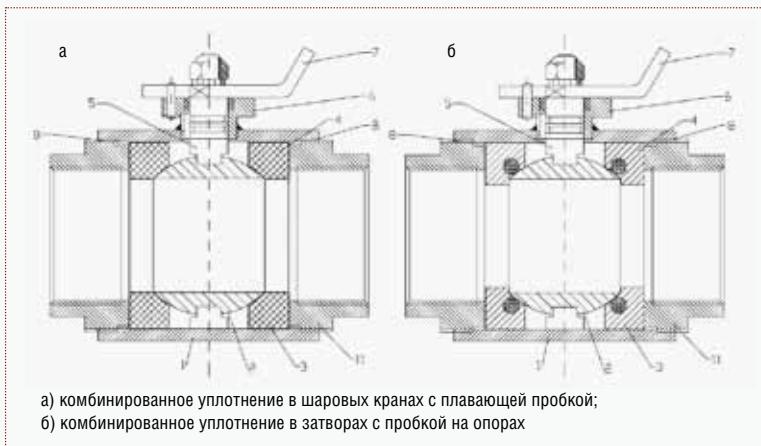
Упругость резинового сердечника и отсутствие хладотекучести у применяемых марок фторопласта устраняют течение под нагрузкой вплоть до максимальных давлений в 10 МПа и упругое восстановление после нагружения. Таким образом, устраняется проблема негерметичности при небольших давлениях, что характерно для затворов с плавающим шаром.

Возможность изменения твердости резинового сердечника (от 40 до 85 по Шор А) и толщины стенки оболочки (от 0,2 до 2 мм) в широких пределах (именно эти характеристики определяют герметизирующую способность), формы сечения и размеров комбинированного уплотнения, использования различных материалов оболочки позволяют направленно регулировать свойства уплотнительного узла и, соответственно, характеристики запорной арматуры. Так, применяя резиновые сердечники на основе силиконовых каучуков и оболочки из фторопласта 3, добиваются эластичности уплотнений при криогенных температурах, и снижается температурный порог применимости шаровых кранов до -200 °С. Применение радиационностойких марок фторопласта Ф-50, Ф-40 в материале оболочки взамен ПТФЭ, обладающего на два порядка более низкой радиационной стойкостью, позволяет использовать данное решение в атомной промышленности.

Согласно [2] характеристики работоспособности уплотнений полностью задаются выбором резинового сердечника соответствующей марки и твердости, диаметром и размерами сечения кольца, природой материала оболочки и ее толщиной и представлены в **табл. 1**. Одним из важнейших условий герметичности узла является конструктивное оформление посадочных мест, для проектирования которых главным условием является деформация, определяющая необходимый уровень контактного давления – она составляет 10-20% для разных по исполнению уплотнений.

**Таблица 1. Основные характеристики комбинированных резино-фторопластовых уплотнений**

Химическая стойкость	Стоек во всех средах
Максимальная скорость относительного перемещения, м/сек	До 5
Коэффициент трения скольжения	0,1-0,2
Максимальное расчетное давление эксплуатации, МПа	10
Диапазон температур эксплуатации	от -200 до +250 °С
Упругое восстановление после деформирования, %	Не менее 90
Газопроницаемость, декомпрессия	Отсутствуют



**Рис. 2. Схемы установки уплотнений в шаровых кранах**

Данное решение возможно к применению в обоих типах кранов (**рис. 2**).

Краны с плавающей пробкой с жестким предварительным поджатием наиболее просты по конструкции и обеспечивают двустороннее уплотнение, дешевы – и поэтому широко распространены. Недостатками их являются уменьшение давления поджатия по мере износа седел или их пластического течения, что приводит к нарушению герметичности при малых давлениях, потеря уплотняющей способности при термоциклировании из-за различия коэффициентов линейного расширения металла и пластмасс, необходимость применять дополнительные элементы подпружинивания седел для компенсации вышеназванных эффектов.

В частности, в неразборных шаровых кранах для поддержания необходимого контактного давления в уплотнении устанавливают тарельчатую пружину, в разборных проектируют уплотнительный узел таким образом, чтобы устранить пластическое течение фторопласта под давлением или обеспечить возможность подтяжки в процессе эксплуатации. Поэтому установка комбинированного уплотнения в данных типах кранов может существенно улучшить их рабочие характеристики.

Для затворов с плавающей пробкой, на наш взгляд, реализуема схема со свободной установкой седла – здесь возможна замена фторопластового седла на комбинированное уплотнение трапециевидного или треугольного сечения с небольшой доработкой мест установки (**рис. 2а**).

Для затворов с шаром на опорах предлагается схема с запрессованным в металлическую обойму резино-фторопластовым уплотнением круглого или треугольного сечения (**рис. 2б**).

Таким образом, при реализации данного решения обеспечивается существенное повышение рабочих характеристик шарового крана без существенного изменения его конструкции, и соответственно снижение издержек, то есть не меняя значительно его стоимость и экономические характеристики.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Быков А.Ф. Арматура с шаровым затвором для гидравлических систем. М.: Машиностроение, 1971 г.
2. Зерщиков К.Ю. Исследование эксплуатационных характеристик колец во фторопластовой оболочке // Трубопроводная арматура и оборудование, №2, 2009 г.